

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE
SAN MARTÍN PARA SU UTILIZACIÓN EN OBRAS CIVILES”**

PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACHILLER : ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

ASESOR : ING° VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO

MORALES - PERÚ
2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
BIBLIOTECA
F. I. C.
INGRESO:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE
SAN MARTIN PARA SU UTILIZACION EN OBRAS CIVILES”.**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

BACHILLER : ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA.

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO

Presidente : ING° JORGE ISSAC RIOJA DIAZ

Secretario : ING° WILTON CELIS ANGULO

Miembro : ING° RUBEN DEL AGUILA PANDURO

Asesor : ING° VICTOR HUGO SANCHEZ MERCADO

DEDICATORIA

❖ *Con mucho cariño y gratitud a mis Padres:*

Edilbrudith y Javier

*Por su gran fortaleza, paciencia y amor para
con sus hijos que nos han dirigido por la
vida para hacernos personas de bien.*

❖ *A mis Hermanos:*

Jorge, Lucho, Sandro y Nicole

*Por creer en mí y estar conmigo en todos
los momentos de mi vida.*

❖ *A mi Naña Delicia:*

*Por ser parte de mi Niñez, de mi crecimiento
como profesional y ojala estés siempre con
nosotros.*

❖ *A Jackita:*

*Por qué crees en mí, por tu apoyo
incondicional, por estar siempre a mi lado en
lo buenos y malos momentos.*

❖ *A mi Sobrino Luis Javier:*

*Porque ve en mí una persona a imitar,
Y es esa la razón que me permite ser mejor para él.*

❖ *A mi hija Hannah Sofia:*

*Por qué aunque no estés a mi lado te llevo
siempre conmigo en todos mis logros.*

AGRADECIMIENTO

- ❖ *Agradezco a DIOS creador del universo, que me concedió la vida, salud, me dirigiste por el mejor camino de la vida, y me diste la sabiduría para alcanzar y lograr mis metas.*

- ❖ *Como un gran reconocimiento ilimitado doy infinitas gracias a cada uno de los Docentes que con paciencia me brindaron lo más preciado de sus conocimientos y experiencias que nos sirve para forjarnos como futuros profesionales, también a mi grandiosa y querida Facultad de Ingeniería Civil (Facultad Líder) de la Universidad Nacional de San Martín, que con el tiempo forma parte de una gran etapa de nuestras vidas.*

- ❖ *A mi asesor y amigo:
Ing.° Víctor Hugo Sánchez Mercado.
por el apoyo y la orientación profesional que me brindo incondicionalmente en el desarrollo de la presente Tesis.*

ÍNDICE

	Pág.
CARATULA.	i
CONTRA CARATULA (Aprobación de Textos)	ii
DEDICATORIA.	iii
AGRADECIMIENTO.	iv
INDICE.	v
RESUMEN.	ix
CAPITULO I: INTRODUCCION.	1
1.1. Generalidades.	1
1.2. Exploración Preliminar del Estudio.	2
1.3. Aspectos Generales del Estudio.	3
1.3.1. Ubicación Geografía del Área en Estudio.	4
1.3.2. Acceso y Comunicación al área en Estudio.	21
1.3.3. Aspectos físicos del área en Estudio.	22
CAPITULO II: MARCO TEORICO.	24
2.1. Antecedentes, Planeamiento, Delimitación, y Formulación de Problema.	24
2.1.1. Antecedentes.	24
2.1.2. Planeamiento.	24
2.1.3. Delimitación.	25
2.1.4. Formulación de Problema.	25
2.2. Objetivos.	26
2.2.1. Objetivos Generales.	26
2.2.2. Objetivos Específicos.	26
2.3. Justificación de la investigación.	26
2.4. Delimitación de la Investigación.	27
2.5. Marco Teórico.	28
2.5.1. Antecedentes de la Investigación.	28
2.1.1. Fundamentación Teórica de la Investigación.	30
• Canteras.	30

• Agregados.	37
• Diseño de Mezclas de Concreto.	94
2.1.2. Terminología Básica.	116
2.1.3. Marco Histórico.	128
2.6. Hipótesis a Demostrar.	131
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.	132
3.1. Materiales.	132
3.1.1. Recursos Humanos.	132
3.1.2. Recursos Materiales.	132
3.1.3. Recursos de Equipos.	132
3.1.4. Recursos Económicos.	132
3.2. Metodología.	133
3.2.1. Universo, Muestra Población.	133
3.2.2. Sistema de Variables.	133
3.2.3. Diseño Experimental de la Investigación.	133
3.2.4. Diseño de Instrumento.	133
3.2.5. Procesamiento de Información.	134
CAPITULO IV: RESULTADOS.	135
4.1. Descripción de las Canteras en Estudio.	135
4.1.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.	135
4.1.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.	136
4.1.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.	137
4.1.4. Cantera Shapaja – Rio Huallaga.	138
4.2. Ensayos de laboratorio a Canteras en Estudio.	139
4.2.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.	139
4.2.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.	140
4.2.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.	140
4.2.4. Cantera Shapaja – Rio Huallaga.	141
4.2.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza – Rio Huallaga.	141
4.3. Diseño de Mezclas de Canteras en Estudio.	142
4.3.1. Cantera Rio Cumbaza.	142
4.3.2. Cantera Rio Huallaga.	142

CAPITULO V: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	143
5.1. Ensayos de Laboratorio a Canteras en Estudio.	143
5.1.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.	143
5.1.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.	144
5.1.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.	145
5.1.4. Cantera Shapaja – Rio Huallaga.	147
5.1.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza – Rio Huallaga.	148
5.2. Diseño de Mezclas de Canteras en Estudio.	148
5.2.1. Cantera Rio Cumbaza.	148
5.2.2. Cantera Rio Huallaga.	149
5.3. Selección de Alternativas.	149
5.4. Contrastación de Hipótesis.	150
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	151
6.1. Conclusiones.	151
6.2. Recomendaciones.	152
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA.	153
CAPITULO VIII: ANEXOS.	155
8.1. Anexos N° 01: Ensayos de Laboratorio.	
8.1.1. Cantera 10 de Agosto.	
8.1.2. Cantera 03 de Octubre.	
8.1.3. Cantera Juan Guerra.	
8.1.4. Cantera Shapaja.	
8.1.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza y Rio Huallaga.	
8.2. Anexos N° 02: Diseño de Mezclas.	
8.2.1. Cantera Rio Cumbaza.	
8.2.2. Cantera Rio Huallaga.	
8.3. Anexos N° 03: Panel fotográfico.	
8.3.1. Panel fotográfico Canteras.	
8.3.2. Panel fotográfico Ensayos de Laboratorio.	
8.4. Anexos N° 04: Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000)	
8.5. Anexos N° 05: Planos de Ubicación y Canteras.	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Tabla 1: Límites Granulométricos del Agregado Fino.	40
2. Tabla 2: Requisitos Granulométricos para el Agregado Fino sin Gradación.	55
3. Tabla 3: Granulometría Normalizada por el A.S.T.M (Aplicada Gradación).	55
4. Tabla 4: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.	56
5. Tabla 5: Límites para Sustancias Perjudiciales.	57
6. Tabla 6: % de Resistencia Mecánica.	59
7. Tabla 7: % de Pérdida del Agregado.	59
8. Tabla 8: Contenido Máximo de Sulfato en el Concreto.	60
9. Tabla 9: Contenido Máximo de Ion Cloruro.	61
10. Tabla 10: Granulometría del Agregado Global.	62
11. Tabla 11: Límite de Sustancias Perjudiciales del Agregado Grueso.	78
12. Tabla 12: Clasificación de Rocas, Minerales y Vidrios.	83
13. Tabla 13: Factores de Corrección.	100
14. Tabla 14: Resistencia a la Compresión Promedio.	101
15. Tabla 15: Consistencia y Asentamiento.	102
16. Tabla 16: Asentamientos Recomendados para varios tipos de Construcción.	102
17. Tabla 17: Requerimientos Aproximados de Agua de Mezclados y de Contenido de Aire para diferentes valores de Asentamiento y Tamaño Máximo de Agregados.	103
18. Tabla 18: Contenido de Agua de Mezcla.	104
19. Tabla 19: Relación Agua/Cemento y Resistencia a la Compresión de Concreto.	105
20. Tabla 20: Máxima Relación Agua/Cemento permisible para Concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.	106
21. Tabla 21: Proporcionamiento de Agregados. Método de Füller.	108
22. Tabla 22: Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Vol. de Con.	109
23. Tabla 23: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregado.	111
24. Tabla 24: Porcentaje de Agregado Fino.	112

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pág.
1. Gráfico 1: Departamento de San Martín.	05
2. Gráfico 2: Provincia de San Martín.	06
3. Gráfico 3: Distrito de Tarapoto.	08
4. Gráfico 4: Distrito de San Antonio.	09
5. Gráfico 5: Distrito de Cacatachi.	10
6. Gráfico 6: Distrito de Morales.	11
7. Gráfico 7: Distrito de La Banda de Shilcayo.	12
8. Gráfico 8: Distrito de Juan Guerra.	13
9. Gráfico 9: Distrito de Chazuta.	14
10. Gráfico 10: Distrito de Sauce.	15
11. Gráfico 11: Distrito de Chipurana.	16
12. Gráfico 12: Distrito de Shapaja.	17
13. Gráfico 13: Distrito de Papaplaya.	18
14. Gráfico 14: Distrito de Huimbayoc.	19
15. Gráfico 15: Distrito de Alberto Leveau.	20
16. Gráfico 16: Distrito de El Porvenir.	20
17. Gráfico 17: Estados de Saturación del Agregado.	38
18. Gráfico 18: Fracturas en el Agregado Grueso.	49
19. Gráfico 19: Formas de Agregados.	68
20. Gráfico 20: Espesor de Agregados.	69
21. Gráfico 21: Muestreo de los Agregados.	71
22. Gráfico 22: Agrietamiento en el Concreto.	81
23. Gráfico 23: Álcalis Activos del Cemento.	85
24. Gráfico 24: Contenido de Cemento vs. Álcalis en el Concreto.	86
25. Gráfico 25: Máquina de los Ángeles – Tambor.	91
26. Gráfico 26: Máquina de los Ángeles.	91

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Cuadro 1: Distritos de la Provincia de San Martín.	06
2. Cuadro 2: Tipos de Canteras.	32

3. Cuadro 3: Productos de la Explotación de Canteras.	.....	35
4. Cuadro 4: Valores de Módulos Elásticos.	.....	53
5. Cuadro 5: Compuestos Máximos de Partículas permisibles en el Concreto.	.....	75
6. Cuadro 6: Tamaño Máximo que pasa el Tamiz N° 200.	.....	76
7. Cuadro 7: Tamaño de Partículas Desintegrables.	.....	77
8. Cuadro 8: Estudios y Ensayos A.S.T.M.	.....	87
9. Cuadro 9: Límites Admisibles en Agregado 1- A.S.T.M.	.....	90
10. Cuadro 10: Límites Admisibles en Agregado 2- A.S.T.M.	.....	90
11. Cuadro 11: Resultado de Ensayos Cantera 10 de Agosto – Río Cumbaza.	.....	139
12. Cuadro 12: Resultado de Ensayos Cantera 03 de Octubre – Río Cumbaza.	.....	140
13. Cuadro 13: Resultado de Ensayos Cantera Juan Guerra – Río Cumbaza.	.....	140
14. Cuadro 14: Resultado de Ensayos Cantera Shapaja – Río Huallaga.	.....	141
15. Cuadro 15: Resultado de Ensayos de Abrasión Río Cumbaza – Río Huallaga.	.....	141
16. Cuadro 16: Resultado de Diseño de Mezcla Río Cumbaza.	.....	142
17. Cuadro 17: Resultado de Diseño de Mezcla Río Huallaga.	.....	142

RESUMEN

La provincia de San Martín, específicamente su capital Tarapoto, viene obteniendo en los últimos años un crecimiento poblacional y económico importante, y este a la vez genera un incremento en el sector de la construcción, estas mismas referentes a infraestructuras públicas y privadas.

Es por ello la necesidad de obtener la mejor calidad en los materiales de construcción, en este caso primordialmente el de los agregados que se usan en la elaboración del concreto.

La presente Tesis, evalúa las distintas canteras de la provincia de San Martín y a la vez la calidad del agregado que se obtiene de estas, para su uso en el concreto con fines constructivos, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas de los mismos.

En el Capítulo I (Introducción), se hace mención a las generalidades de la investigación, exploración preliminar y aspectos generales del estudio orientado a la investigación.

El Capítulo II (Marco Teórico), expone la base teórica fundamental en la cual se sustenta la presente investigación. Como lo son los antecedentes, objetivos, justificación, el marco teórico conceptual propiamente dicho y la hipótesis a demostrar. Dentro del marco teórico conceptual se desarrolla los antecedentes teóricos, terminologías y conceptos fundamentales de la investigación.

En el Capítulo III (Materiales y Métodos), contiene el detallado de materiales y metodologías que se utilizó para la elaboración de la investigación. Los materiales comprende los recursos humanos, materiales y equipos utilizados, más la metodología comprende el muestreo, las variables, y diseños para la investigación propiamente dicha.

El Capítulo IV (Resultados), presenta en forma breve y concisa los resultados obtenidos durante la investigación, estos mismos están marginados a presentarse sin comentarios y/o conclusiones referentes a estos mismos.

El Capítulo V (Análisis y Discusión de Resultados), expone el análisis y comentario de los resultados antes presentados, debido a estos se tiene una selección de alternativas y contrastación de la hipótesis las cuales orientaran las conclusiones.

El Capítulo VI (Conclusiones y Recomendaciones), se hace mención en forma concreta y coherente las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el análisis de los capítulos anteriores.

El Capítulo VII (Bibliografía), contiene en resumen la bibliografía utilizada en la elaboración de la presente investigación, teniendo en cuenta datos del autor, editorial, edición, país, año, etc.

El Capítulo VIII (Anexos), En los anexos, contamos con información auxiliar, de consulta y complementaria que se ha utilizado en la presente tesis. Se presentan los datos de Laboratorio donde se obtuvo las características de los agregados. Se presentan también los planos referenciales, panel fotográfico, tablas y nomogramas usados para la elaboración de la presente investigación.

CAPITULO I: INTRODUCCION.

1.1. GENERALIDADES.

Antiguamente se decía que los agregados eran elementos inertes dentro del concreto ya que no intervenían directamente dentro de las reacciones químicas, la tecnología moderna establece que siendo este material el que mayor % de participación tendrá dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto.

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene un efecto importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto. Por otro parte son estos elementos los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

La norma de concreto E-060, recomienda que a pesar que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

El presente estudio, pretende obtener resultados de los ensayos de laboratorio realizados, que permitirán seleccionar, calificar y evaluar las distintas características de los agregados obtenidos de las diferentes canteras en estudio, cuyo uso es de vital importancia en la elaboración del concreto, para su utilización en la construcción en general, específicamente aquellos concretos elaborados en el ámbito de la provincia de San Martín.

La presente tesis especifica la evaluación de las canteras de agregados más explotadas en la provincia de San Martín, realizándoles a estos los ensayos de laboratorio detallados en el presente estudio de tesis, y con estos datos obtenidos realizar los respectivos diseños de mezclas de cada cantera en estudio, cabe mencionar que la presente tesis pone en práctica los conocimientos teóricos prácticos obtenido en nuestra Universidad Nacional de San Martín con fines de estudios para un aporte a la misma.

1.2. EXPLORACION PRELIMINAR HACIA LA INVESTIGACION.

La pasta cementicia (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular (agregados) entre sí. Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

Uno de los elemento antes mencionado es el agregado, el cual es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011, es la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta cementicia y ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto, son también materiales inorgánicos generalmente naturales que están embebidos en los aglomerados (masa de concreto).

Los agregados antes mencionados se encuentran en canteras, por lo tanto es preciso tener conocimientos amplios sobre la importancia del estudio de las mismas.

La Canteras es la explotación de los mantos rocosos o formaciones geológicas, donde los materiales se extraen usualmente desde cerros, ríos; mediante lo que se denomina extracción mecánica (uso de maquinarias y/o mediante explosivos), existen también canteras de materiales inertes para conglomerados de cemento (**agregados**), canteras de materiales para ladrillos y tejas (arcillas) o cemento (calizas), canteras de mármoles y piedras ornamentales y canteras para construcciones de carreteras (tierras, grava, pedrisco).

El estudio de Canteras en la zona de estudio (la provincia de San Martín) está basada en la explotación mecánica y natural de materiales inertes en los lechos naturales de afluentes, que comprende dos ríos de gran relevancia en la zona de estudio; las cuales son: el río Cumbaza (cuya aguas atraviesa casi en toda su extensión la provincia de San Martín) y el río Huallaga (la cual cruza la provincia en su parte central).

Estas Canteras en estudio están ubicadas en forma estratégica a lo largo de los lechos de ríos antes mencionados, contando con el antecedente, de que en estas Canteras se viene practicando desde hace mucho, la explotación de materiales inertes utilizados para las distintas obras civiles ejecutadas en la provincia; por lo tanto se realizara los estudios a las mismas para determinar las características físicas y mecánicas de los materiales extraídos de las mismas (agregado fino, agregado grueso).

- Las Canteras que comprende dentro del área de estudio; perteneciente al río Cumbaza son: Cantera 10 de Agosto, Cantera 03 de Octubre y Cantera Juan Guerra.
- Las Canteras que comprende dentro del área de estudio; pertenecientes al río Huallaga son: Cantera Shapaja.

Dentro de los estudios realizados a los materiales extraídos de estas canteras (agregado fino y agregado grueso) se presentan los siguientes ensayos de laboratorio practicados a los mismos: Ensayo de Humedad Natural, Ensayo de Absorción, Ensayos de Peso Específico y Volumétrico, Ensayo Granulométrico, Ensayo de Abrasión, etc. Cuyos datos serán tomados en cuenta, para la elaboración del diseño de mezcla de cada uno de las canteras en estudio, para los siguientes concretos: $F'c$: 140 Kg. /cm², $F'c$: 175 Kg. /cm² y $F'c$: 210 Kg. /cm².

1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.

El presente proyecto de investigación, comprende limitadamente de aquellas Canteras más importantes y explotadas dentro del ámbito de la provincia de San Martín (utilizadas particularmente en la ciudad Tarapoto), cuyo uso de los agregados extraídos de las mismas, serán evaluadas y clasificadas, para su uso específico en fines constructivos dentro de todos los distritos de esta provincia.

1.3.1. Ubicación Geografía del Área en Estudio.

El proyecto se realizará en la provincia de San Martín, ubicada referencialmente en aspecto geográfico siguiente:

Ubicación:

LOCALIDADES	:	Tres de Octubre, 10 de Agosto, Juan Guerra y Shapaja (Ubicación de Canteras).
DISTRITOS	:	Tarapoto, Juan Guerra y Shapaja (Ubicación de Canteras).
PROVINCIA	:	San Martín.
DEPARTAMENTO	:	San Martín.

La Provincia de San Martín está ubicada en el Departamento de San Martín y está a la vez se encuentra en el norte del país, el cual comprende los territorios amazónicos de las porciones media y baja de la cuenca del río Huallaga.

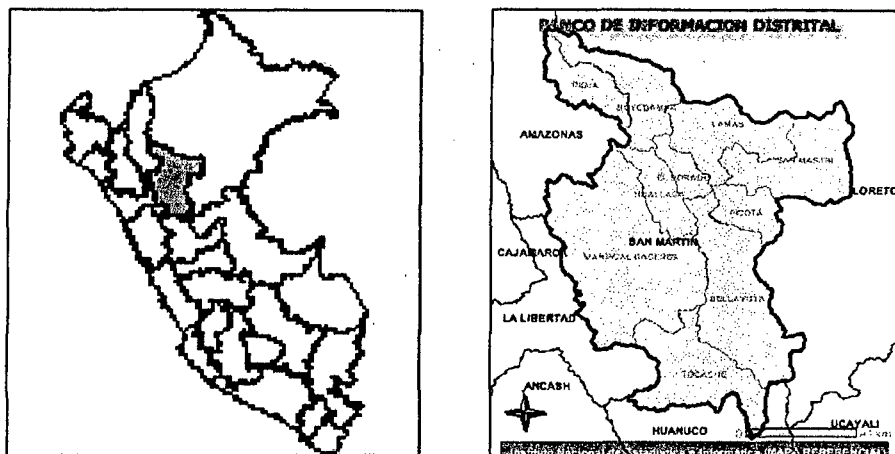
Ubicado en la parte septentrional del territorio peruano, entre los paralelos 05° 24' y 08° 47' de latitud sur a partir del Ecuador u los meridianos 75° 27' y 77° 84' longitud oeste.

San Martín es un departamento del Perú y limita con el Loreto por el norte y el oeste, con Amazonas por el noreste, por el sur con Huánuco y por el oeste con La Libertad. Fue creado el 4 de setiembre de 1906 mediante Ley N° 201. Contiene territorios de selva alta y baja.

El Departamento de San Martín, es una de las regiones con mayor crecimiento demográfico del país, en la actualidad su población ronda los 800,000 habitantes, aunque existen miles de personas no contabilizadas que crean una:

"Población flotante", se espera que para el 2015 la región supere con creces el millón de habitantes.

Después de Lima, el departamento de San Martín es el más variado en composición étnica; se puede afirmar que la región es netamente de inmigrantes y sus descendientes.



Gráficos 1: Departamento de San Martín. Fuente INEI.

La Provincia peruana de San Martín es una de las diez que conforman el Departamento de San Martín, bajo la administración del Gobierno regional de San Martín. Limita al norte y al este con el Departamento de Loreto, al sur con la Provincia de Picota y al oeste con la Provincia de Lamas.

La Ley N° 201 del 4 de septiembre de 1906, separa de Loreto las provincias de Moyobamba, Huallaga y San Martín, para formar el Departamento de San Martín con su capital Moyobamba, durante el gobierno de José Pardo.

En la Provincia de San Martín sobresalen las siguientes actividades:

Agricultura.- Se cultivan productos como el café, arroz, plátano, yuca, frejol, maíz, etc.

Ganadería.- Se crían ganados como vacunos, porcinos, ovinos, y en aves sobresalen las gallinas, patos, pavos, etc.

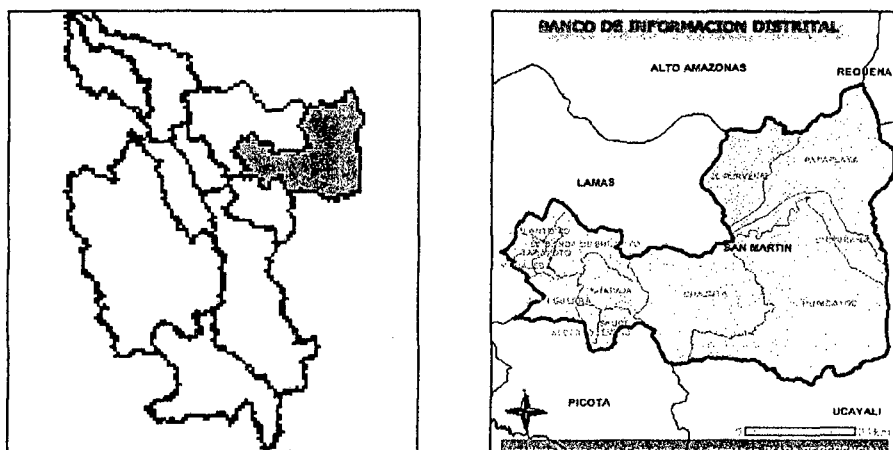
Comercio.- La Provincia de San Martín se caracteriza por ser muy comercial, contando para ello con dos mercados de abastos, además supermercados, tiendas comerciales, etc.

Población.- 161132 hab. (Fuente INEI).

La Provincia de San Martín cuenta con 5,639.82 km² con una densidad poblacional de 26.2 hab. /km², está ubicada en el departamento de San Martín, teniendo como capital a la ciudad de Tarapoto e integrada por 14 distritos. La provincia tiene una población aproximada de 162 000 habitantes. La Provincia de San Martín tiene como capital a la ciudad de Tarapoto, que por su estratégica ubicación geográfica, es el eje de la intercomunicación de los pueblos Sanmartinenses, y a la vez, de éstos con el resto del país y el extranjero. Los distritos que integran la provincia son:

Ítem	Descripción
1	Tarapoto
2	San Antonio
3	Cacatachi
4	Morales
5	La Banda de Shilcayo
6	Juan Guerra
7	Chazuta
8	Sauce
9	Chipurana
10	Shapaja
11	Papaplaya
12	Huimbayoc
13	Alberto Leveau
14	El Porvenir

Cuadro 1: Distritos de la Provincia de San Martín. Fuente INEI.



Gráficos 2: Provincia de San Martín. Fuente INEI.

- **Distrito de Tarapoto.**

Llamada también “Ciudad de las Palmeras” por dichas plantas que crecen en la zona; es una ciudad de progreso y desarrollo, Capital de la provincia de San Martín. Está provista de una cultura y una historia extraordinaria, aparte de un clima agradable, de paisajes impresionantes, entre otras características.

Es una ciudad en la que prospera el comercio, que se realiza mediante agua, tierra y aire: río Huallaga, aeropuerto “Cadete FAP Néstor Guillermo del Castillo Paredes” y la carretera “Arquitecto Fernando Belaunde Terry” (ex marginal de la selva), respectivamente. Ubicada en la selva nororiental peruana, a 06°31’30” de latitud sur y 76°21’50” de longitud oeste. Se asienta en la ladera occidental del cerro Escalera, en la cordillera Azul, Último contrafuerte de la cordillera de los Andes en el Perú, antes de que este de paso a la presencia del impresionante llano Amazónico.

Tarapoto está comprendido por los barrios:

- Partido Alto.
- Suchiche.
- Huayco.
- La Hoyada.
- Punta del Este.
- El Cercado.
- Urb. Primavera.
- El Comercio.

Sectores de Tarapoto:

- Tarapotillo, Circunvalación, Santa Rosa, Yumbité y Asentamientos Humanos y Pueblos Jóvenes.

Limitada por el norte con: Los distritos de San Antonio y Cacatachi.

Por el sur con: Juan Guerra.

Por el este con: El distrito de la Banda de Shilcayo y.

Por el oeste con: Morales y Cacatachi.

Extensión y Relieve.

La extensión territorial o superficie de Tarapoto, abarca un aproximado de 67.81 Km² y representa el 0.14% del territorio del departamento de San Martín y el 1.21% del territorio en el ámbito de la provincia respectivamente.

El relieve de la ciudad de Tarapoto es accidentado; entre los ríos Cumbaza y Shilcayo existe una pendiente que varía entre 2.5% y el 5%, en el sentido noroeste-sureste; en el distrito de la Banda de Shilcayo, en el sentido sureste-noreste, la pendiente varía alrededor del 7%. El suelo es de composición limo arcilloso, con lente de conglomerados, con capacidad portante de 1 Kg. /cm² la ciudad se encuentra en la zona "I" de la alta sismicidad.

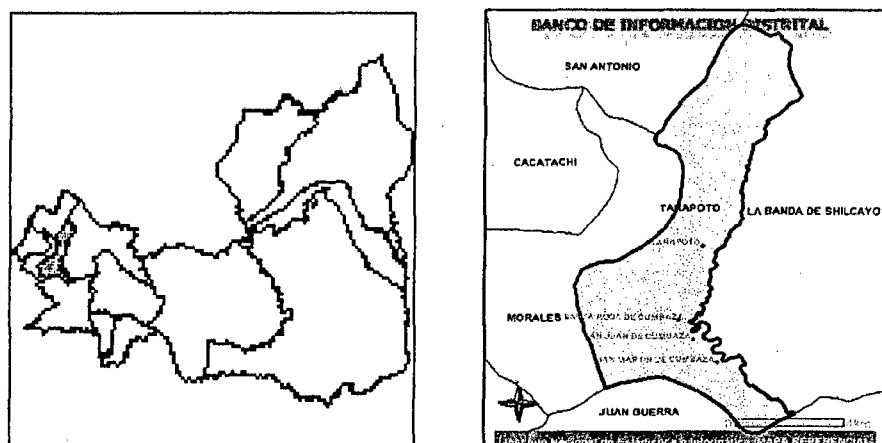
Altura y Clima.

Tarapoto se encuentra a una altura aproximada de 356 msnm, perteneciendo de esta manera a la majestuosa selva alta.

El clima de la ciudad es semi-seco-cálido, con una temperatura promedio anual de 26° C, siendo la temperatura máxima 38.6° C, y la mínima 13.5° C, tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima 80% y la mínima 77%.

La precipitación promedio anual es de 1157 mm, siendo los meses de mayores lluvias febrero, marzo y abril.

La dirección predominante de los vientos es norte, con una velocidad promedio anual de 4.9 Km/h.



Gráficos 3: Distrito de Tarapoto. Fuente INEI.

- **Distrito de San Antonio.**

Origen del nombre.

El origen del nombre de San Antonio tiene 02 versiones:

La primera referida a don Antonio Pinedo Panduro, quien fue el primer Agente Municipal y luego Gobernador de la comunidad y en su honor lo llamaron San Antonio. La segunda versión, está referida al Santo Patrón del pueblo de San Antonio de Cumbaza.

Ubicación.

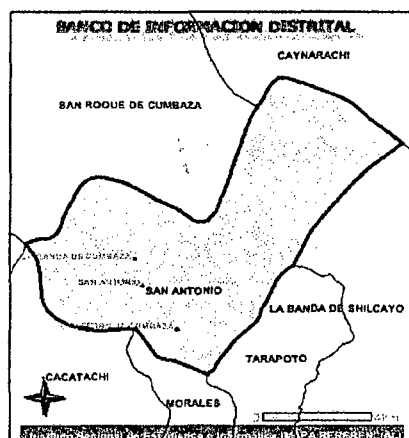
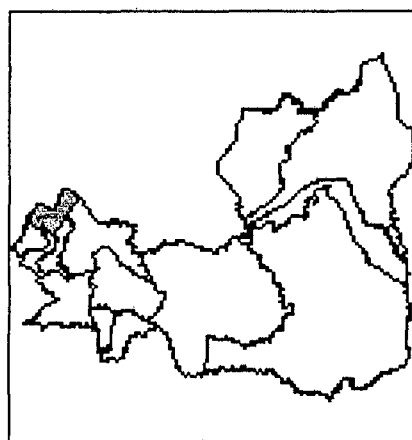
Se encuentra ubicado a 12 Km. de Tarapoto a 510 msnm, 6°21'40" latitud sur y 76°19' 50" longitud oeste.

Capital.

San Antonio.

Superficie.

93,03 Km.



Gráficos 4: Distrito de San Antonio. Fuente INEI.

- **Distrito de Cacatachi.**

Origen del nombre.

El nombre proviene de los términos quechuas CACA = Tierra y TACHI = Plana, por lo tanto Cacatachi quiere decir, Tierra Plana.

Ubicación.

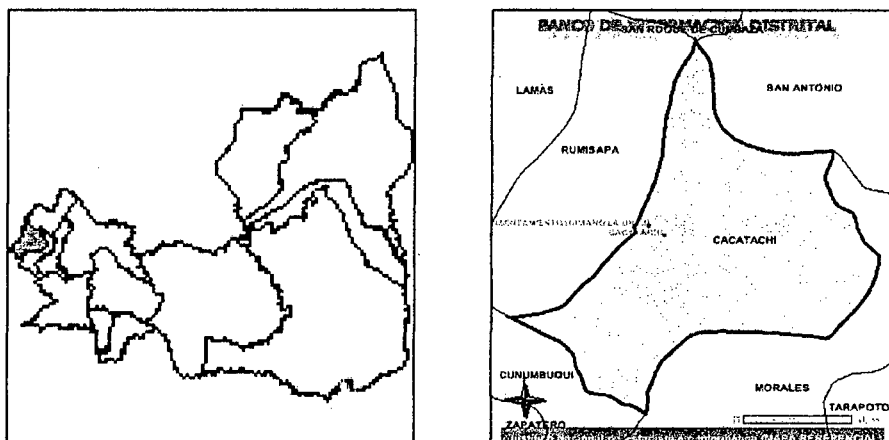
Se encuentra ubicado a 12 Km. al norte de Tarapoto a un costado de la carretera Fernando B. Terry. Se encuentra a 295 msnm, siendo sus coordenadas 6°29'40" de latitud sur y 76°27'57" de longitud oeste.

Capital.

Cacatachi.

Superficie.

75,36 Km.



Gráficos 5: Distrito de Cacatachi. Fuente INEI.

• **Distrito de Morales.**

Origen del nombre.

El nombre proviene del apellido de su fundador, quien pidió al general Martín de la Riva y Herrera que le concedería solares para cultivarlos y fueron le entregados.

Ubicación.

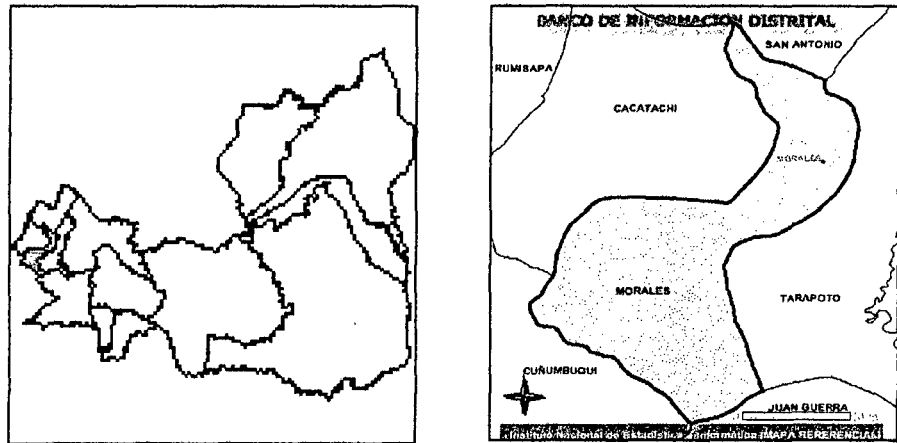
Se encuentra ubicado a 3 Km. al norte de Tarapoto a 283 msnm, a 6°36'15" de latitud sur y 76°10'30" de longitud oeste.

Capital.

Morales.

Superficie.

966,38 Km.



Gráficos 6: Distrito de Morales. Fuente INEI.

- **Distrito de Banda de Shilcayo.**

Origen del nombre.

Proviene de los primeros pobladores que fueron los Cumbazas que se ubicaron en la margen izquierda del Río Shilcayo y que dichos aborígenes para agenciarse de alimentos tenían que cruzar o bandear éste río, de allí el nombre de Banda de Shilcayo.

Fundada en el año de 1948, actualmente cuenta con una población aproximada a los 22 000 habitantes. Este distrito está a 618 km. al noreste de Lima y cuenta con 285,68 km., teniendo una densidad de 77 personas por km².

Ubicación.

Se encuentra a 1 Km. de Tarapoto, en la parte sur de la carretera Fernando B. Terry, a 350 msnm, a 6°32'55" de latitud sur 76°21'45" de longitud oeste.

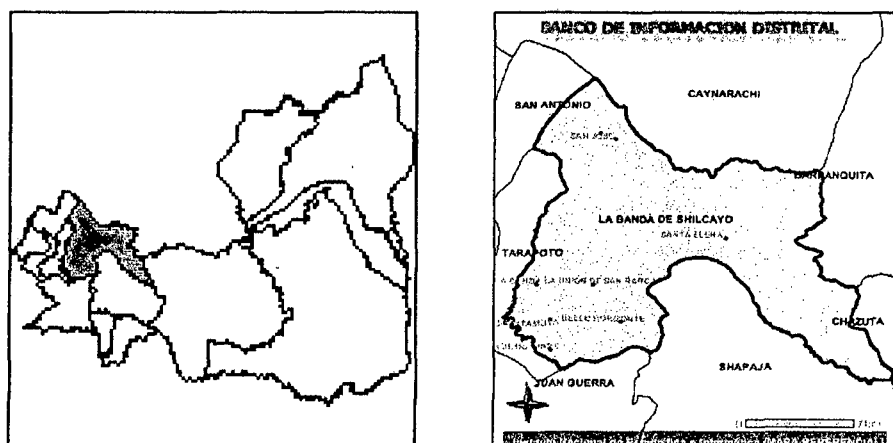
Se eleva a los 350 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la provincia de Lamas (Distrito de Caynarachi) y con el distrito de San Antonio, al oeste con el distrito de Tarapoto, al sur con el distrito de Juan Guerra y Shapaja, al este con Chazuta y con el distrito de la provincia Lamas, Barranquita.

Capital.

Banda de Shilcayo.

Superficie.

285,68 Km.



Gráficos 7: Distrito de la Banda de Shilcayo. Fuente INEI.

- **Distrito de Juan Guerra.**

Origen del nombre.

Existen 2 versiones:

La primera versión señalan que el nombre de Juan Guerra, lleva en honor a don Juan Guerra, hijo de don Jerónimo Guerra, quien formó parte de la expedición que al mando del Capitán don Martín de la Riva y Herrera, fundó la ciudad del Triunfo de la Santa Cruz de los Motilones y Lamas.

Cuenta la historia que procedente de Moyobamba vino un señor que respondía al nombre de Juan Aguirre, casado con Doña Juana Guerra Aguirre que perseguido implacablemente por sus enemigos y ante la muerte de su esposa en Lamas continúa su fuga por el río Mayo acompañado de su simpática hija llegando hasta la desembocadura del río Cumbaza. Lugar apropiado para vivir con ella, allí construye su choza llamándoles “Juan Guerra” en memoria del apellido de su esposa.

Ubicación.

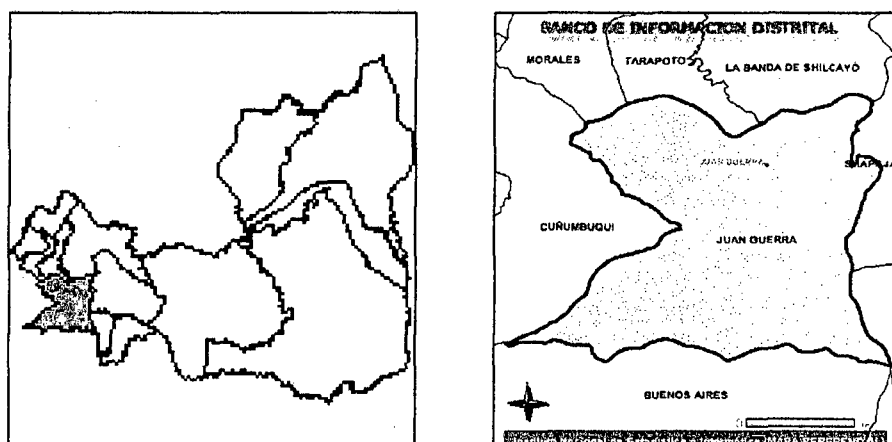
Ubicado a 13 Km. al sur de la ciudad de Tarapoto, se encuentra a 330 msnm, a 6°36'15" de latitud sur y 76°21'15" longitud oeste.

Capital.

Juan Guerra.

Superficie.

196,50 Km.



Gráficos 8: Distrito de Juan Guerra. Fuente INEI.

- **Distrito de Chazuta.**

Origen del nombre.

Antiguamente el pueblo se llamaba Chausos, en honor a los primeros habitantes los indios Chauscasos, que vivían en la quebrada llamada Chazuta – Yacu, posteriormente deciden cambiar el nombre por el de Chazuta.

Ubicación.

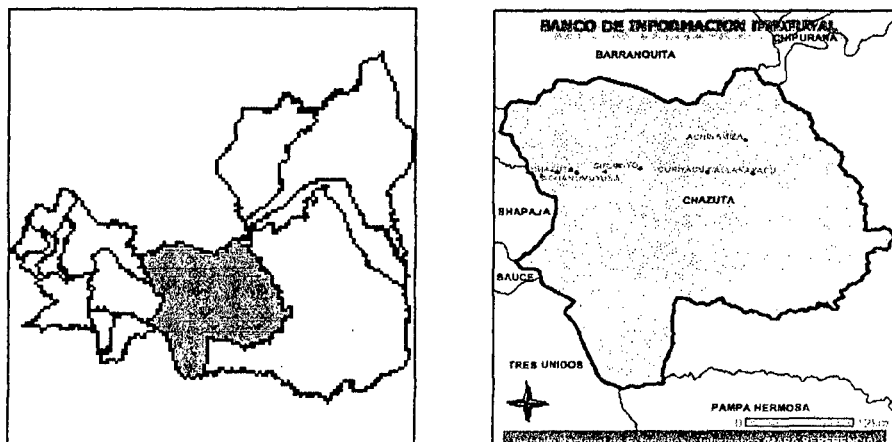
Ubicado a 41 Km. al sur de la ciudad de Tarapoto, se encuentra a 260 msnm, a 6°36'15" de latitud sur y 76°10'30" longitud oeste.

Capital.

Chazuta.

Superficie.

966,38 Km.



Gráficos 9: Distrito de Chazuta. Fuente INEI.

- **Distrito de Sauce.**

Origen del nombre.

Cuenta la historia que muchos años atrás, llegaron unos hombres viejos y enfermizos a poblar el lugar denominado hoy MACHUNGO, estos hombres además de tener enfermedades provenientes de la forma de vida que tuvieron, eran magos y hechiceros. Se le llamó MACHUNGO, porque estos viejos se murieron con la enfermedad del reumatismo en las rodillas MACHO=Viejo y HUNGO=Enfermedad, de allí que MACHUNGO quiere decir enfermedad de viejos.

Los descendientes de estos hombres en su afán de cazar animales, se concentraron por las lejanas montañas, llegando hasta la misteriosa Laguna de Sauce.

Cuentan los viejos que esta laguna, al observar la llegada de hombres barbudos y con caras pintadas, se ponía muy brava y en forma asombrosa, iban apareciendo ruidosas olas, árboles gigantes en el centro de la laguna, como los Renacos, Ojes y los Sauces, y al ver éstos hombres, a las plantas gigantes y al agua que les seguía con oleajes con ruidosos sonidos, optaron por llamar a unos

brujos conocidos de MACHUNGO, quienes con el poder de la purga y sus malabares diabólicos, así como derramando sangre de la mujer recién dada a luz, echando ollas viejas, tiestos y otros más, que ellos sabían preparar; llegaron a dominar a la laguna, haciéndose navegable y permitiendo entonces la caza y la pesca.

Ubicación.

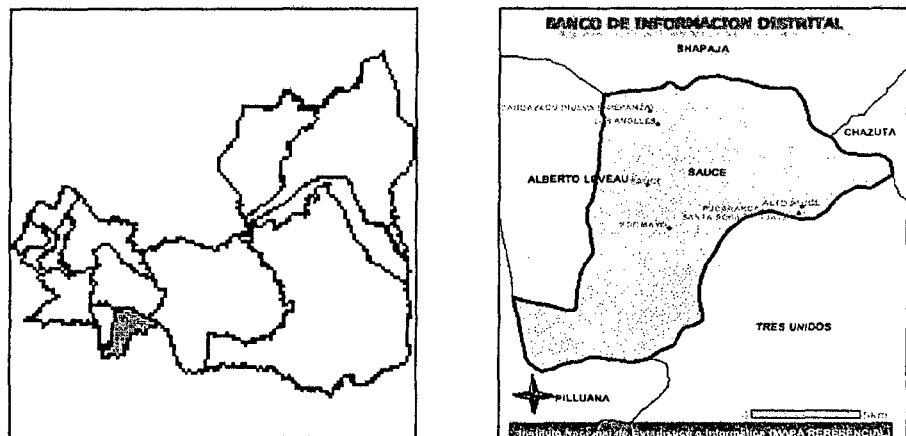
Se ubica en las estribaciones de la Cordillera Oriental a 51Km.al sur de la ciudad de Tarapoto, cruzando el río Huallaga, a 890 msnm, a 6°42'12" de latitud sur y 76°15'15" longitud oeste.

Capital.

Sauce.

Superficie.

103,00 Km.



Gráficos 10: Distrito de Sauce. Fuente INEI.

- **Distrito de Chipurana.**

Origen del nombre.

Se conoce que los primeros habitantes fueron Lamistas como los Sangamas y Saboyas quienes llegaron a este lugar en busca de mejores tierras para vivir, de oro y petróleo.

Ubicación.

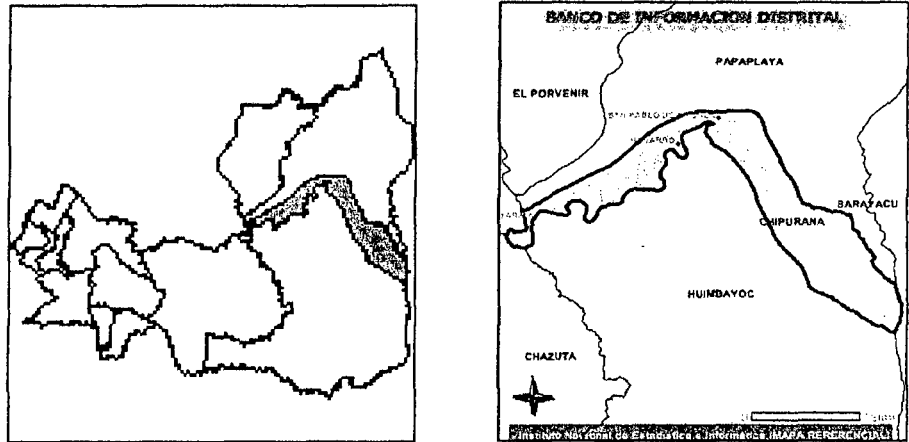
Ubicado a la margen derecha de bajada al Huallaga, a 195 msnm, a 60°20'40" de latitud sur y 75°45'00" longitud oeste.

Capital.

Navarro.

Superficie.

500,44 Km.



Gráficos 11: Distrito de Chipurana. Fuente INEI.

• **Distrito de Shapaja.**

Origen del nombre.

Proviene de la existencia en dicha zona de la palmera llamada "SHAPAJA", y que a la llegada de los primeros pobladores, encontraron que ésta planta abundaba y sus frutos eran comestibles. Hoy en día sus hojas se emplean para el techado de las casas entretejiéndose las unas con las otras recibiendo el nombre de Cumbás.

Ubicación.

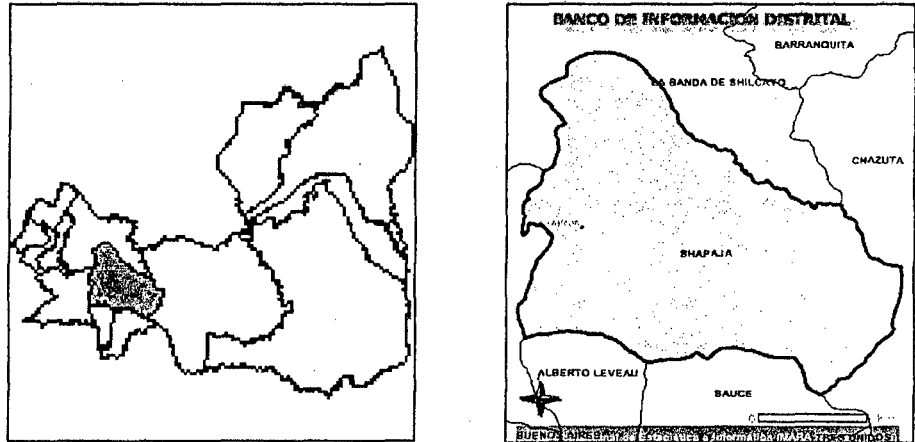
Ubicado a 22 Km. al sur de Tarapoto, entrando por la carretera Fernando B. Terry hacia la izquierda por una carretera a la altura del Puente Colombia, se encuentra a 27 msnm, a 6°35'30" latitud sur y 76°17'15" de longitud oeste.

Capital.

Shapaja.

Superficie.

270,44 Km.



Gráficos 12: Distrito de Shapaja. Fuente INEI.

- **Distrito de Papaplaya.**

Origen del nombre.

La literatura popular le atribuye a la unión de una planta alimenticia que en antaño floreció en abundancia llamada PAPA o SACHAPAPA del monte, cuyo nombre científico es DIOSCOREA TRÍFIDA.

Con una playa aprox. de 100 metros de ancho por 100 metros de largo que aparece frente al pueblo todo los años en época de verano.

Ubicación.

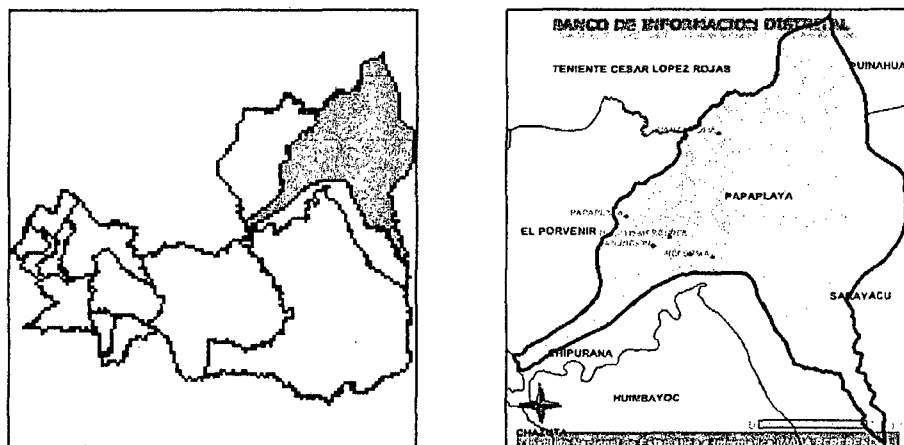
Ubicado al margen derecho del Huallaga y constituye el último distrito del Bajo Huallaga, se llega en bote motor partiendo de Chazuta aprox. en 6 horas, se encuentra a 192 msnm, a 6°14'30" latitud sur y 75°47'35" de longitud oeste.

Capital.

Papaplaya.

Superficie.

686,19 Km.



Gráficos 13: Distrito de Papaplaya. Fuente INEI.

- **Distrito de Huimbayoc.**

Origen del nombre.

El nombre de éste distrito, proviene de la palabra “HUIMBA” que es el nombre de una planta silvestre que crece con mucha frecuencia en este distrito.

Ubicación.

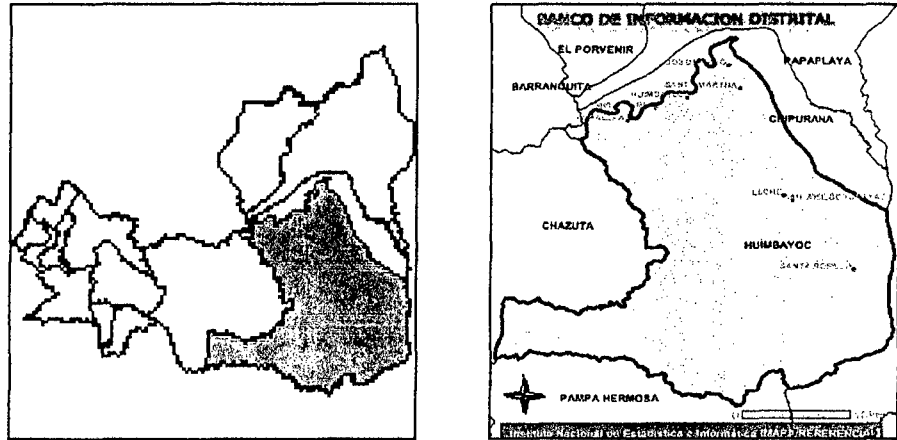
Ubicado a 5 KM. de Papaplaya por camino carrozable, a 190 msnm, a 6°13'00” latitud sur y 75°48'30” de longitud oeste.

Capital.

Huimbayoc.

Superficie.

472,61 Km.



Gráficos 14: Distrito de Huimbayoc. Fuente INEI.

- **Distrito de Alberto Leveau.**

Origen del nombre.

El nombre de UTCURARCA, proviene de dos palabras quechuas: UTCU = Algodón y RARCA =Zanja.

Este nombre se le dio por la producción de algodón en la ribera de la zanja. Posteriormente al ser creado como Distrito, recibe el nombre de Cabo Alberto Leveau en honor al Cabo de la Policía, natural de Tarapoto quien ofrendó su vida en el conflicto con el Ecuador.

Ubicación.

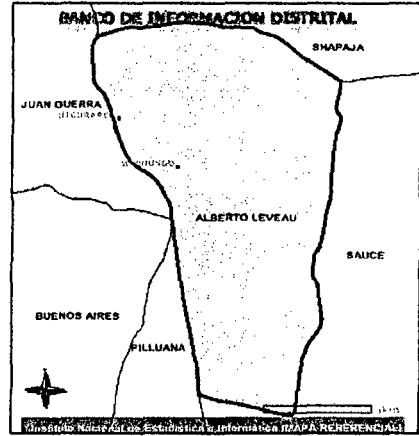
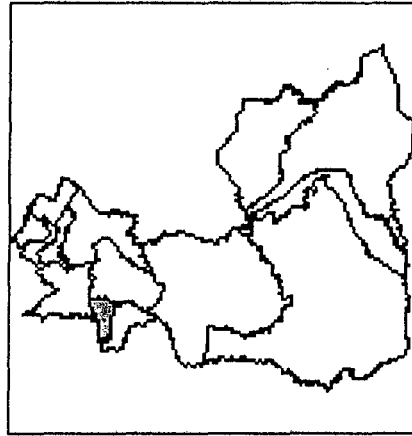
Ubicado en la parte sur y a 31Km. de la ciudad de Tarapoto, a la margen derecha del río Huallaga, a 300 msnm, a 6°40'45" longitud sur y longitud oeste.

Capital.

Utcurarca.

Superficie.

268,40 Km.



Gráficos 15: Distrito de Alberto Leveau. Fuente INEI.

- **Distrito de El Porvenir.**

Ubicación.

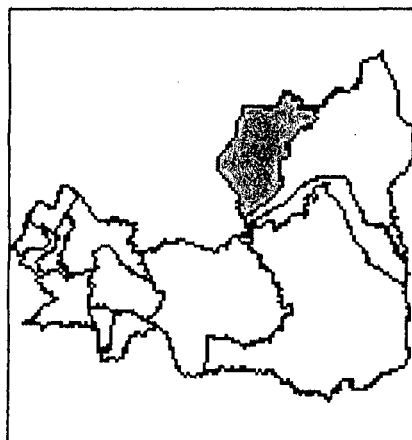
Ubicado en la parte sur y a 61Km. de la ciudad de Tarapoto, a la margen derecha del río Huallaga, a 110 msnm.

Capital.

Pelejo.

Superficie.

472.61 Km.



Gráficos 16: Distrito de El Porvenir. Fuente INEI.

1.3.2. Acceso y Comunicación al área en Estudio.

Tres son las principales rutas que conducen a Tarapoto (capital de la Provincia de San Martín), lugar referencial, por el fácil acceso a los lugares donde están ubicadas las canteras que serán utilizadas en el presente estudio de investigación.

Por tierra

- Desde Lima conduce a Tarapoto (24 horas), es el que después de recorrer 886 Km de la carretera Panamericana Norte hasta Olmos, continua por espacio de 604 Km. rumbo al nororiente peruano, este último tramo se hace por la carretera Mesones Muro, la cual, luego de atravesar el Cuello o “Abra” de Porculla, que es el más bajo de la cordillera de los Andes en el Perú con 2400 msnm, avanza por Pucaray llega a Chamaya, en esta localidad se ingresa a la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry, ex marginal Central de la selva, que cruzando el puente Corral Quemado sobre el río Marañón, las localidades de Bagua Grande, Pedro Ruiz y Pomacochas, con su hermosa laguna de 12 Km. De largo, atraviesa el “Abra” Pardo Miguel y permite al viajero tener en:

Venceremos, Aguas Claras, Naranjillo, las comunidades Nativas de aguarunas, Nueva Cajamarca, Rioja, Moyobamba, Tabalosos, San Miguel y otras comunidades ubicadas a la vera del río Mayo.

- Se inicia en la ciudad de Lima, a través de 530 Km (18 horas). Que conduce el viajero por las heladas alturas del Ticlio, las frías pampas de Junín y la histórica ciudad de Huánuco, llegando por último a la ciudad subtropical de Tingo María, de aquí sigue un recorrido de 478 Km. Por la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry, ex marginal Central de la selva, pasando por los pueblos y lugares:

Aucayacu, Tocache, las plantaciones de palma aceitera en Tananta, las localidades de Juanjui, Sacache, Bellavista, Picota, Pucacaca y Buenos Aires, entre otros pintorescos lugares del valle central y luego llegar a Tarapoto, en conclusión, por esta ruta hay 1008 Km. De Lima a Tarapoto.

Por Aire.

- El aeropuerto de la ciudad de Tarapoto “Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes” (1 hora), con una pista de 2,500 metros de longitud y un nuevo y acogedor terminal de pasajeros, es el mudo testigo y, al mismo tiempo, actor principal de la intensa actividad Aero - Comercial de la provincia, lo cual lo ha ubicado, como el segundo del país en movimiento de carga, después del aeropuerto Jorge Chávez, de Lima.

1.3.3. Aspectos físicos del área en Estudio.

La mayor cantidad de datos que respecta a este punto en particular, deriva de los datos recogidos en las estaciones hidro-meteorológicas del SENAMHI (El Porvenir, Tarapoto y Planos Catastrales de distritos y otros).

Clima.

El clima es uno de los principales factores que condicionan las costumbres de las poblaciones. El clima predominante de la zona en estudio es “cálido y semi-seco, sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica normal en verano”.

Su Capital Tarapoto se encuentra a una altura aproximada de 356 msnm, perteneciendo de esta manera a la majestuosa selva alta. El clima de la ciudad es semi-seco-cálido, con una temperatura promedio anual de 26° C, siendo la temperatura máxima 38.6° C, y la mínima 13.5° C.

Precipitación.

El promedio de precipitación pluvial total anual de este tipo climático, varía entre los 1000 y 1400 mm., con promedio de 1213 mm. En general, las mayores precipitaciones se presentan entre los meses de Octubre (a veces Setiembre) y Abril, siendo siempre Marzo el que registra el valor más elevado.

El número de días de lluvia a lo largo del año en esta zona, varía entre 88 y 116, y al mes, varía entre un mínimo de 6 y un máx. de 13.

Finalmente, el promedio de precipitación por día de lluvia varía entre un mínimo de 9 mm. y un máximo de 13 mm; sin embargo los registros de precipitación máxima en 24 horas alcanza valores que oscilan entre 87 mm y 170 mm.

La precipitación promedio anual es su capital Tarapoto es de 1157 mm, siendo los meses de mayores lluvias febrero, marzo y abril.

Temperatura.

Las temperaturas que corresponden a este tipo climático (elaborado en base a la información de las estaciones de Tarapoto y El Porvenir) fluctúan entre 24.8°C y 26.5°C; esta temperatura es en general mayor en el sector bajo y va disminuyendo aguas arriba del río Cumbaza.

El sector más cálido está representado por la estación de Tarapoto, donde los promedios anuales más altos de temperatura alcanzan valores entre 27.1°C (Diciembre) y 27.3°C (Diciembre y Enero) respectivamente, siendo su oscilación media anual muy estrecha, que alcanza valores entre 1.5°C y 1.9°C a lo largo del año. La ciudad de Tarapoto presenta una temperatura máxima de 35°C, y la temperatura mínima registrada es de 13.3°C, con un promedio de 26.2°C.

Vientos.

Este factor climático presenta una característica especial dentro de la zona en estudio: La estación de Tarapoto, registra un viento persistente de dirección Norte de velocidad media de 3.2 Km./hora y, en menor porcentaje de dirección Sur con velocidad media de 6.3 Km./hora, durante todo el año. No se descarta, la ocurrencia esporádica de vientos fuertes y acompañados por fuertes precipitaciones, de consecuencias funestas.

La dirección predominante de los vientos en su capital Tarapoto es al norte, con una velocidad promedio anual de 4.9 Km/h.

Humedad Relativa.

La estación de Tarapoto tiene los promedios más bajos: 77%; mientras que la estación de El Porvenir registra los valores más altos: 80% a 88%. Su capital Tarapoto tiene una humedad relativa de 78.5%, siendo la máxima 80% y la mínima 77%.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA.

2.1.1. Antecedentes.

Con el tiempo conocer las características físicas y mecánicas de los agregados de canteras, para la elaboración del concreto, está sujeta a una serie de ensayos de laboratorio, con costos quizás pocos accesibles a sectores constructivos, particularmente privados.

Es por eso desde hace mucho, acá en la provincia de San Martín, especialmente en la ciudad de Tarapoto, los procedimientos constructivos (especialmente construcciones pequeñas y privadas) sigue siendo convencional y anticuada, especialmente en la elaboración del concreto y en el uso del mismo, así como también el poco conocimiento de los materiales que lo conforman.

Cabe mencionar que el costo que permitiría tener información sobre lo antes mencionado, es poco considerado en cualquier presupuesto con fines constructivos, sin darse cuenta que se podría reducir considerablemente el costo de materiales para la elaboración del concreto y así obtener una construcción económica y eficiente. Se pretende con este estudio de investigación brindar esta información en forma pública y adquisitiva para aquellas personas naturales y jurídicas que se dedican al rubro de la construcción en nuestra provincia, específicamente en la ciudad de Tarapoto.

2.1.2. Planteamiento.

Los diseños en concreto son probabilísticas, teniendo en cuenta que el concreto es un material heterogéneo y que está sujeto a la variabilidad de sus componentes (agregados), así como a las dispersiones adicionales por las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra.

Teniendo en cuenta que una de las fuentes de variación de la resistencia del concreto lo constituyen las diferentes características de los agregados, y considerando que en las canteras se encuentran distintas consistencias, propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales extraídos.

En la provincia de San Martín contamos con ríos de los cuales se extraen materiales inertes (agregados) para la elaboración del concreto. Y las canteras que representan mayor garantía, por la calidad del material, están ubicadas en el río Huallaga (La que pertenece a la jurisdicción de la provincia).

Para trabajos con presupuestos en construcción, como para la dosificación del concreto y la utilización en obra, se utilizan tablas estandarizadas, que han sido elaboradas a partir de estudios de laboratorio, en realidades diferentes a la nuestra, no se cuenta con un manual operativo local, a partir de ensayos con los agregados de la zona, constituyendo esto en una necesidad elemental para la industria de la construcción en nuestra Provincia, específicamente nuestra ciudad de Tarapoto.

2.1.3. Delimitación.

Con el presente estudio se quiere obtener las características físicas, mecánicas y la influencia en el diseño de mezcla para cada una de las canteras en estudio, ubicadas en la Provincia de San Martín, específicamente en la ciudad de Tarapoto.

2.1.4. Formulación del Problema.

Con el planteamiento del problema, la información detallada en la situación problemática, y a la vez teniendo en consideración que no existe estudios que presenten alternativas de solución a lo planteado anteriormente, se presenta la siguiente interrogante:

¿Qué características existen entre los agregados para concreto y cómo influyen estos, en los valores resultantes de los diseños de mezclas de concreto de las distintas canteras de la Provincia de San Martín?

2.2. OBJETIVOS.

2.2.1. Objetivos Generales.

- Evaluar las diferentes canteras de agregados ubicados dentro de la provincia de San Martín, para determinar mediante ensayos de laboratorio, las diferentes características físicas y mecánicas de los mismos, y a la vez así obtener la calidad y potencial del tipo de material utilizado para distintas obras civiles en la provincia.

2.2.2. Objetivos Específicos.

- Ejecutar los ensayos de Laboratorio (Laboratorio de mecánica de suelos concreto y asfalto) de los tipos de agregados obtenidos de las diferentes canteras en estudio, y a la vez evaluar sus características y potencial de las mismas.
- Realizar con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, diseños de mezcla para concretos de 140 Kg. /cm², 175 Kg. /cm² y 210 Kg. /cm² para las diferentes canteras en estudio.

2.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.

Los agregados utilizados para la elaboración de concreto, utilizadas en las distintas obras civiles en la provincia de San Martín, cumplen un rol importantísimo, considerando que estos no solo ocupan un porcentaje considerable de la mezcla, sino más bien influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía de la misma. Por lo tanto es de vital importancia conocer específicamente las propiedades de las mismas.

Teóricamente el presente estudio de investigación, evaluará los agregados mediante los procedimientos de los ensayos de laboratorio realizado a las distintas canteras en estudio, para la obtención de los valores de las características físicas y mecánicas de los mismos,

utilizados en obras civiles dentro del ámbito de la provincia de San Martín, igualmente confirmará actualmente las dosificaciones establecidas en los reglamentos y normas vigentes para concretos de determinados valores de resistencia.

Los datos obtenidos del estudio de investigación serán de beneficio en la práctica constructiva para el empresariado privado (específicamente para edificaciones e infraestructura vial), y sectores públicos que utilizan los diseños de concreto en la industria de la construcción, porque contarán con los estudios de los agregados y datos para sus dosificaciones de mezclas de concreto para el tipo de cantera a utilizar.

Los resultados permitirán tener mayor precisión en la cantidad de materiales del concreto a utilizar según los estudios de los agregados de las canteras, y estas a la vez ayudarán directamente en el presupuesto de obras civiles.

Siendo este estudio de investigación, de tipo experimental los datos resultantes pueden constituirse en un informe de gran utilidad para nuestra provincia.

2.4. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.

El presente estudio de investigación se encuentra delimitado en un primer plano al contexto provincial, dentro del territorio geográfico de la Provincia de San Martín, Departamento de San Martín, República Constitucional del Perú.

Como segundo factor delimitador se establece que el trabajo estará enmarcado en el contexto de la capital provincial de San Martín, tal y como se entiende y se expone en la introducción. Es por ello que nos limitamos al estudio de modalidades y características en el aspecto constructivo desarrollado en la ciudad de Tarapoto. Esta aclaración se hace en virtud de que el crecimiento en el aspecto constructivo de la ciudad, está comprendido dentro del crecimiento nacional con el llamado “boom de la construcción”.

Los resultados de la presente investigación sentarán bases que servirán para comprender y hacer las recomendaciones necesarias para la elaboración del concreto con materiales

extraídos de las distintas canteras en estudio, destinado al uso en obras civiles dentro de la provincia de San Martín.

A pesar del carácter provincial de la propuesta (no regional), una vez planteada y convertida en parte de una solución hacia lo planteado anteriormente, la misma no solo servirá al aspecto constructivo dentro de la provincia de San Martín, sino más bien servir de herramienta de ayuda e información para estudios posteriores, individualizándolo por cada provincia del departamento de San Martín, teniendo en cuenta que muchas provincias cuentan con canteras particulares en su mismo territorio geográfico.

2.5. MARCO TEORICO.

2.5.1. Antecedentes de la Investigación.*

Esta investigación cuenta con antecedentes globales y parciales que pueden ser de utilidad para el desarrollo de la misma, los cuales son proyectos que se plantean para su ejecución como también para los procesos constructivos de los mismos.

Un estudio de Keller Panduro Torres, de la Universidad nacional de San Martín en el año 1995, denominado “Estudio de canteras y su uso en la construcción civil en la Región San Martín”, proporciona información técnica referida a las características cualitativas y cuantitativas de los agregados de las canteras de la región San Martín. Entre sus conclusiones principales establece:

- Los agregados de las canteras del Río Huallaga por su naturaleza tienen mayor resistencia al desgaste y al intemperismo siendo su distancia de recorrido mayor que los del río Mayo y estos a su vez que los del río Cumbaza, siendo los primeros más resistentes a la meteorización y a los esfuerzos mecánicos.
- En cuanto se refiere a agregados para concreto en la Ciudad de Tarapoto y la Región San Martín para las diferentes obras de construcción civil no se efectúan diseños de mezclas correspondientes, tampoco un control de calidad preparándose el concreto con proporciones en base a experiencias anteriores y

no a diseños pre-establecidos, no alcanzado muchas veces la resistencia deseada.

Otro antecedente de estudio se denomina “Las mezclas de concreto y sus resultados en la ciudad de Tarapoto”, elaborado por Eduardo Pinchi Vásquez en el año 1997, concluye que:

- Las propiedades físicas que presentan los agregados gruesos y finos provenientes de las canteras del río Cumbaza cumplen con las exigencias técnicas y normativas para el diseño de concretos de 175 kg/cm² y 210 kg/cm² según el ACI.
- La resistencia a la compresión obtenido es un valor abstracto que no permite generar a la fecha un análisis comparativo de comportamiento entre lo que es el laboratorio y las obras civiles en esta parte del país.
- Asimismo el estudio recomienda usar los agregados del río Cumbaza para concretos hasta 210 kg/cm², la proporción separada de: Cemento-Agregado fino-Agregado grueso-Agua y la dosificación de Cemento-Hormigón-Agua para concretos de $f'c = 100$ kg/cm², previa verificación en laboratorio.

Finalmente se ha obtenido un estudio de José Luis Gonzáles García en el año 2003 “Las mezclas de concreto y sus resultados en la Ciudad de Tarapoto utilizando el Método del Agregado Global y Módulo de Finura” que señala entre sus conclusiones:

- La aplicación del Método del Agregado Global y Módulo de Finura para diseño de mezclas de concreto permite obtener resultados más satisfactorios en comparación con el método ACI.
- La combinación granulométrica más adecuada de la arena del río Cumbaza con la piedra del río Huallaga teniendo en cuenta las propiedades en estado fresco y endurecido obtenidas son para un módulo de finura global = 5.48 (37% arena y 63% piedra).

* Información basada en datos obtenidos de libros de tesis y/o estudios de investigación, de cada uno de los autores en mención. – Biblioteca Central de la Universidad Nacional de San Martín. – Abril de 2009.

2.5.2. Fundamentación Teórica de la Investigación.

CANTERAS¹.

La extracción de materiales pétreos para la construcción es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país. Antes de continuar con un análisis más a fondo, hay que recordar algunas definiciones las cuales pueden servir para tener claro los diferentes aspectos a tratar en el presente trabajo. Dentro del marco de "Explotación de materiales para construcción" coexisten definiciones de diferentes profesionales referentes al término "cantera", algunas de las cuales se encuentran expuestas a continuación:

- CANTERA: es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales.
- CANTERA: es una explotación superficial a cielo abierto de una roca muy bien clasificada y cuantificada, a excepción de las calizas, carbón y metales, donde se refiere a la actividad minera que produce áridos: rajón, gravas, gravillas, arenas, etc., que abastecen las necesidades de la construcción; además donde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala hasta la pólvora y maquinaria de diferente orden.
- CANTERA: es el término que se utiliza para referirse a las explotaciones a cielo abierto de materiales de construcción entre los cuales se incluyen las rocas industriales y ornamentales, gravas, gravillas, arenas y arcillas.
- CANTERA: es el lugar donde se extraen materiales de construcción, sea directamente o después de transformación, áridos para vías, o materiales para otras necesidades ingenieriles tales como enrocados, terraplenes y obras de contención. Excluyendo de esta clasificación la extracción de minerales propiamente dichos.
- CANTERA: es un sitio de préstamo; es decir, es un sitio de explotación de materiales para algún fin u objetivo.

¹ Proyecto de grado: "Explotación subterráneas de canteras una alternativa económica y ambiental en zonas urbanas". Universidad Nacional de Colombia. – www.angelfire.com/ma/cantera/ – Mayo del 2009.

- CANTERA: es un sitio de explotación de agregados que usualmente es a cielo abierto.
- CANTERA: es un sitio o lugar de la corteza terrestre del cual se explotan materiales para un uso específico; normalmente se habla de materiales para la construcción.
- CANTERA: es la explotación de materiales de construcción que por lo general se realiza a cielo abierto.
- CANTERA: es el sitio de donde se saca piedra de construcción, generalmente pueden establecerse a cielo abierto.
- CANTERA: es un sistema de explotación a cielo abierto que permite la extracción de rocas y minerales no disgregados utilizados como materiales de construcción.
- CANTERA: es el sitio de donde se saca piedra, greda, u otra sustancia análoga para obras varias.
- CANTERA: es el trabajo a cielo abierto o superficial, o excavación para la extracción de piedra de construcción, carbón, grava o minerales.

Según esta recopilación de definiciones respecto a qué es una cantera, se pueden observar dos tendencias diferentes, la que la define como “el lugar de explotación” y la que la toma como el “sistema de extracción”.

Si miramos el concepto más generalizado en el ámbito ingenieril, tenemos que la primera definición presenta mayor aceptación o es comúnmente más utilizada al referirse a este tipo de actividades; además se ve que la segunda propone a una cantera como el sistema de explotación a cielo abierto, excluyendo otros tipos de extracción de materiales de construcción los cuales pueden eventualmente presentarse subterráneamente. Si fuese un sistema como tal, sería la cantera un proceso de explotación el cual dejaría de lado el mismo hecho de su ubicación espacial y su relación con el entorno físico, para remitirlo únicamente a un conjunto de actividades características de la forma como se extraen los materiales.

Es importante observar que la mayoría de las definiciones abarcan en su significado, no solo, la explotación a cielo abierto, sino también, la explotación de

canteras en forma subterránea. Para este estudio, cantera se define como el lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, utilizando diferentes procesos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales, donde se puede presentar desde extracción con dragas en lechos de ríos hasta utilizar explosivos en laderas de montañas y cámaras de explotación.

Otro concepto más específico a tener en cuenta dentro del planteamiento del trabajo es el de agregados para construcción.

- **AGREGADOS** son todos aquellos materiales líticos que debidamente fragmentados y clasificados sirven para incorporarse a un hormigón, además tienen utilidad en otros usos ingenieriles debido a sus características físicas como en enrocado de presas, obras de protección de costas y márgenes de ríos y mares. Hacen parte de los agregados las arenas, las gravas y los triturados.
- **CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS:** se pueden clasificar dependiendo del tipo de explotación, el material que se quiera explotar y su origen.

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
Según el tipo de explotación	Canteras a Cielo Abierto: En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno. Canteras Subterráneas.
Según el material a explotar	De Materiales Consolidados o Roca. De Materiales no Consolidados como suelos, agregados, terrazas aluviales y arcillas
Según su origen	Canteras Aluviales Canteras de roca o peña

Cuadro 2: Tipos de canteras.

MATERIALES DE EXPLOTACIÓN.

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros.

Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto.

Clases de canteras: Existen dos tipos fundamentales de canteras, las de formación de aluvión, llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas.

La dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural.

Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del área de influencia del cauce que directamente sobre él.

Otro tipo de canteras son las denominadas de roca, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada.

Donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.

Estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos.

En las canteras de río, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos que tiene mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas.

Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos.

Las canteras de peña, están ubicadas en formaciones rocosas, montañas, con materiales de menor dureza, generalmente, que los materiales de ríos debido a que no sufren ningún proceso de clasificación; sus características físicas dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos.

Productos de la explotación de una cantera y sus usos más frecuentes: Según la utilización de los materiales en construcción de obras civiles, se conocen en el mercado diferentes tipos de productos: que son nombrados a continuación.

PRODUCTOS DE EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA	
<i>SILLARES O BLOQUES</i>	Son bloques de areniscas de gran tamaño utilizados para enchape y fachadas.
<i>TRITURADOS</i>	<p>Son los agregados más gruesos que se utilizan para la preparación de concreto reforzados y conformación de bases en la construcción de vías. Se dividen en tres clases.</p> <ul style="list-style-type: none"> • De primera: utilizados en concretos y bases de vías, diámetro aprox. 2.5 cm. • De segunda: utilizándose en concretos y bases de vías, diámetro aprox. 5 cm. • De tercera: utilizándose en la afirmación de pisos, diámetro aprox. 10 cm.

<p style="text-align: center;"><i>GRAVILLA</i></p>	<p>Agregados de granulometría menor que los triturados; según su tamaño se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gruesa: diámetro 1.0–2.5 cm, se utiliza para conformación de base y mezcla asfáltica en vías y concretos. • Mediana: diámetro 0.7–1.0 cm, de igual utilización que la gruesa. • Fina: diámetro 0.5 – 0.7 cm, se usa en ornamentación de pisos y fachadas o para concretos y asfaltos.
<p style="text-align: center;"><i>ARENA</i></p>	<p>Es el agregado más utilizado en la construcción; sus usos más frecuentes son para morteros de cemento, pañetes, concretos simples y armados, bases de pisos, llenante en la construcción de vías y preparación de asfaltos; se clasifican en tres tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arenas naturales: son las extraídas de depósitos geológicos naturales. • Arenas de dragado: son las que se extraen de ríos, lagos o mares. • Arenas de trituración: son las resultantes del proceso de trituración de los agregados gruesos.
<p style="text-align: center;"><i>PIEDRAS DE ENCHAPE</i></p>	<p>Son rocas ornamentales, existen tres tipos, chapa, laja y esterilla.</p>

Cuadro 3: Productos de la explotación de canteras.

Materiales de construcción y su entorno geológico: Los materiales de construcción se presentan en ambientes geológicos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Rocas ígneas: son aquellos materiales pétreos que se han formado mediante el enfriamiento y solidificación del magma, luego de haber sido éste arrojado a la superficie terrestre, o cristalizado a cierta profundidad en la corteza terrestre; dentro de estas rocas se utilizan como materiales de construcción, principalmente los granitos que son de notable resistencia por lo que su explotación es dificultosa.

Rocas Sedimentarias: son aquellos materiales pétreos formados por erosión de rocas y sustancias pre-existentes que se depositan mediante acumulación mecánica, química u orgánica de restos de roca y compuestos orgánicos que se cementan total o parcialmente, siendo empleadas en mayor cantidad las de origen mecánico como conglomerados y areniscas.

Rocas Metamórficas: son las rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido recristalización en estado sólido ante elevadas presiones y temperaturas, fenómenos de especial ocurrencia en profundidades terrestres o contiguo a volcanes; de éstas rocas se utilizan los mármoles, algunos esquistos y la cuarcita, constituyéndose el mármol como el material decorativo de mayor empleo.

GEOLOGÍA

La geología es uno de los factores más importantes, que influye en la determinación de la factibilidad o no de una explotación subterránea de canteras.

La determinación de las características estructurales conjugada con el aspecto económico, permiten dar un enfoque más real de los posibles sistemas de explotación, entre los cuales están los sistemas a cielo abierto.

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN.

Explotación mecánica (material relativamente blando que implica uso de maquinaria adecuada) o química (explosivos), o una combinación de ellos.

También se tiene en consideración del uso de maquinaria especializada según el tipo de material (como por ejemplo, uso de Hidromonitores).

AGREGADOS²

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la **NTP 400.011**.

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

Tamaño Máximo

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

Tamaño Nominal Máximo

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

Textura

Representa qué tan lisa o rugosa es la superficie del agregado. Es una característica ligada a la absorción, pues los agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos; además que producen concretos menos plásticos pues se incrementan la fricción entre partículas dificultando el desplazamiento de la masa.

Módulo de fineza

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

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

Nota: Granulometría con igual módulo de fineza producen mezclas similares tanto en resistencia, trabajabilidad y sollicitaciones de agua.

²Ing. ° Ana Torre Carrillo – Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles. Maestría en Transportes – UNI –Tarapoto – Perú – 2009.

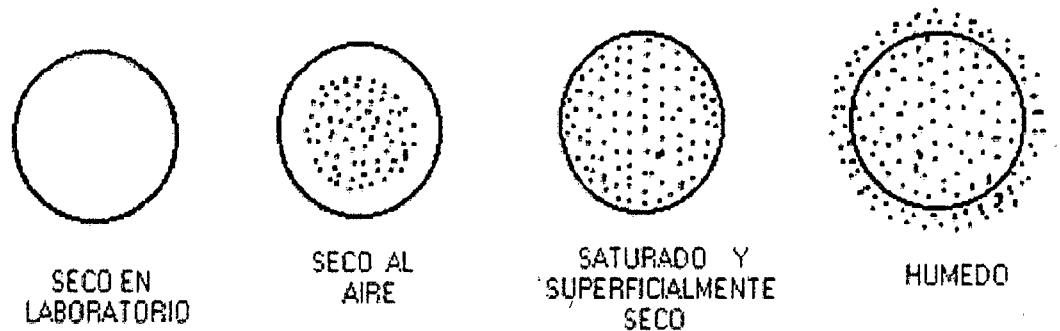
Peso volumétrico unitario (NTP 400.017)

La norma establece el método para determinar el peso unitario de agregados finos y gruesos. Se denomina peso volumétrico del agregado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y para convertir cantidades en volumen y viceversa, cuando el agregado se maneja en volumen.

Contenido de humedad (NTP 400.010)

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino y grueso. Los agregados se presentan en los siguientes estados:

Seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedo; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Los estados de saturación del agregado son como sigue:



Gráficos 17: Estados de Saturación del Agregado.

CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS SEGÚN NORMA:

Los agregados deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM C 33, así como los de las especificaciones del proyecto.

- Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el agregado integral denominado “hormigón” deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.
- Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:
 - Que la pérdida de finos sea mínima;
 - Se mantendrá la uniformidad del agregado;
 - No se producirá contaminación con sustancias extrañas;
 - No se producirá rotura o segregación importante en ellos.
- Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán, si es necesario, enfriarse antes de su utilización en la mezcladora.
- Si el enfriamiento se efectúa por aspersión de agua o riego, se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua de la mezcla y mantener la relación agua-cemento de diseño seleccionada.

Dependiendo de sus dimensiones la Norma Técnica Peruana, clasifica y denomina a los agregados en:

AGREGADO FINO

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm. (3/8”) y queda retenido en el tamiz 74 um (N°200) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.

- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.
- El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la NTP400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- 1) La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- 2) El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- 3) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites: NTP 400.037.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N°30	25-60
N°50	10-30
N°100	2-10

Tabla 1: Límites Granulométricos del Agregado Fino.

El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kg. De cemento por metro cúbico, o si se emplea un aditivo mineral para compensar la deficiencia en los porcentajes mencionados.

- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15. Si excede el límite

indicado de ± 0.2 , el agregado podrá ser rechazado por la Inspección, o alternativamente ésta podrá autorizar ajustes en las proporciones de la mezcla para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducciones en el contenido de cemento.

- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos de la norma indicados siempre que:

- 1) La coloración en el ensayo se deba a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o
- 2) Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

- El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites:

- Lentes de arcilla y partículas desmenuzables.....3%
- Material más fino que la Malla N°200:
 - a) Concretos sujetos a abrasión.3%
 - b) Otros concretos.0.5%
- Carbón:
 - 1) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante.....0.5%
 - 2) Otros Concretos.....1%

AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (N ° 4) y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales.

El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. El agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- Es recomendable tener en consideración lo siguiente: Según NTP400.037 ó la Norma ASTM C33.

- 1) La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
 - 2) La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
 - 3) La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.
 - Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:

- 1) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- 2) Un tercio del peralte de las losas; o
- 3) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de pre esfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal

máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

- El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder de los siguientes valores:

- Arcilla.....0.25%
- Partículas deleznable.....5.00%
- Material más fino que pasa la malla N° 200.....1.00%
- Carbón y lignito:
 - 1) Cuando el acabado superficial del concreto es de importancia.....0.50%
 - 2) Otros concretos.....1.00%

El agregado grueso cuyos límites de partículas perjudiciales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que en un concreto preparado con agregado de la misma procedencia; haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto de manera similar al estudiado; o en ausencia de un registro de servicios siempre que el concreto preparado con el agregado tenga características satisfactorias, cuando es ensayado en el laboratorio.

- El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la NTP 400.019 ó NTP 400.020, o a la Norma ASTM C 131.
- El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.

ARENA.

La NTP 400.011 define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.

También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman en in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Se clasifican según la “Comisión de Normalización” de la Sociedad de Ingenieros del Perú como sigue:

Arena Fina	0.05	a	0.5	mm.
Arena Media	0.5	a	2.0	mm.
Arena gruesa	2.0	a	5.0	mm.

GRAVA.

La NTP 400.011 define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

PIEDRA TRITURADA O CHANCADA.

La NTP 400.011 define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

HORMIGON.

La NTP 400.011 define al hormigón como al material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción. En lo que sea aplicable, se seguirá para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso.

El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto.

Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2” como máximo y la malla N°100 como mínimo.

El hormigón deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto. El hormigón deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión, hasta de 100 kg/cm^2 a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será 255 kg/m^3 .

CLASIFICACIÓN.³

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

POR SU NATURALEZA

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de mayor uso, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en:

Agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- a. *El 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.
- b. *El agregado grueso*, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- c. *El hormigón*, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

POR SU PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021 - NTP 400.022)

PESO ESPECÍFICO.

El peso específico de los agregados es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

³ Enrique Rivva López – ACI PERU: Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima – Perú – 2000.

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

La presente norma establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

Las definiciones que se sugieren en la presente norma son:

- Peso Específico.

Es la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

- Peso Específico Aparente.

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

- Peso Específico De Masa.

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

- Peso Específico De Masa Saturado Superficialmente Seco

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Nota: El peso específico anteriormente definido está referido a la densidad del material, conforme al Sistema Internacional de Unidades.

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

La presente norma, establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de absorción (después de 24 horas en el agua).

Podemos definir la absorción, como la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas.

Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

La absorción del agregado grueso se determina por la NTP 400.021.

POR EL ORIGEN, FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- ✓ Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- ✓ Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- ✓ Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- ✓ Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- ✓ Muy Redondeada: Sin caras ni bordes.

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa.
- Áspera.
- Granular.
- Vitrea.
- Cristalina.

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

POR EL TAMAÑO DEL AGREGADO.

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

FUNCIONES DEL AGREGADO.⁴

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

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

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado *Módulo de finura*, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta).

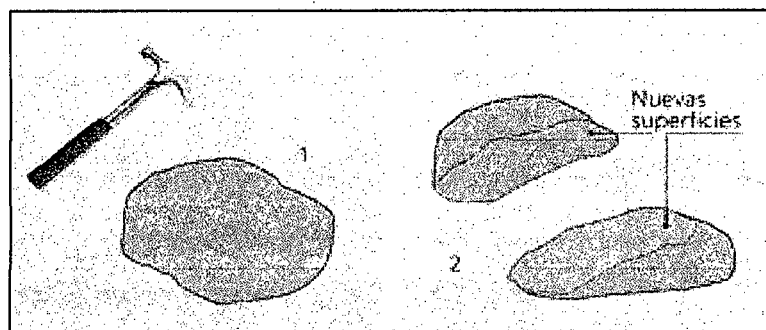
Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados.

⁴ Héctor Gallegos: La Naturaleza del Concreto. Lima – Perú – 2002.

Si se fractura una piedra, como se observa en la figura, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra.

Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta.

En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.



Gráficos 18: Fracturas en el Agregado grueso.

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

PROCESO DE PRODUCCIÓN.

La producción de los agregados generalmente se realiza a cielo abierto y se suelen seguir las siguientes actividades:

- Eliminación de las capas no explotables (rocas estériles, degradadas, alteradas, cubierta vegetal etc.).
- Extracción de los materiales:
 - Extracción de los materiales sin consolidar
 - Explotación mixta.
- Extracción de materiales consolidados: suele utilizarse materiales explosivos para lograr la fragmentación de la roca los cuales son transportados después en dumpers o fajas transportadoras.

- Transporte a la planta de tratamiento: generalmente se trata que las canteras se encuentren lo más cerca posible a la obra de ser necesario el transporte este puede ser: mediante fajas transportadoras o con camiones y/o dumpers.
- Tratamiento de los agregados: a fin de obtener los agregados con las característica deseadas se pueden seguir las siguientes etapas:
- El chancado o trituración, para disminuir el tamaño de las partículas empleando para ello equipos como chancadoras de mandíbula, percusión, giratorios, molinos de bolas u otros.
- Intercalados entre la actividades de chancado se aparecen los equipos de clasificación que nos permitirán seleccionar las partículas de un material de acuerdo a sus tamaños separándolas entre las que pasan y las que no pasan.
- Muchas veces va ser necesario lavar el material para eliminar el exceso de finos que puede alterar la adherencia del material así como la resistencia principalmente.
- Almacenamiento y envío.

PROPIEDADES DEL AGREGADO.

Propiedades físicas.

a. Densidad.

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

b. Porosidad.

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

c. Peso Unitario.

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos.

El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017.

Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

d. Porcentaje de Vacíos.

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

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

Dónde:

S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

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

e. Humedad.

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

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

Propiedades Resistentes.

a. Resistencia.

La resistencia de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura.

b. Tenacidad.

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material, está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

c. Dureza.

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

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

d. Módulo de elasticidad.

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentará deformaciones por lo que es

razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto.

El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

Tipo de agregado	Módulo Elástico
GRANITOS	610000 kg/cm ²
ARENISCAS	310000 kg/cm ²
CALIZAS	280000 kg/cm ²
DIABASAS	860000 kg/cm ²
GABRO	860000 kg/cm ²

Cuadro 4: Valores de módulos elásticos.

Propiedades Térmicas.

a. Coeficiente de expansión.

Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado.

Los valores oscilan normalmente entre 0.9×10^{-6} a $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

b. Calor específico.

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura.

No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

c. Conductividad térmica.

Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho.

Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/ pie.hr.°F.

d. Difusividad.

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

Propiedades Químicas

a. Reacción Álcali-Sílice

Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo.

Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones que se encuentran definidas en ASTM C227, ASTM C289, ASTM C-295 y que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado.

b. Reacción Álcali-carbonatos

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.

Los procedimientos para la evaluación de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586.

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO.⁵

Requisitos Obligatorios.

a. Granulometría.

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las *GRADACIONES* establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	100
Nº4	95-100
Nº8	80-100
Nº16	50-85
Nº30	25-60
Nº50	10-30
Nº100	2-10

Tabla 2: Requisitos granulométricos para el agregado fino sin gradación.

* Incrementar 15% cuando se trata de agregado fino triturado, excepto cuando se usa para pavimentos de alta resistencia. Finalmente, la granulometría deberá corresponder a la gradación C de la siguiente tabla (similar a la normalizada por el ASTM).

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA			
	LIMITES TOTALES	*C	M	F
9.5 mm (3/8)	100	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	89 – 100	95 – 100	89 – 100	89 – 100
2.36 mm (Nº8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.18 mm (Nº16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
600 um (Nº30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
300 um (Nº50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
150 um (Nº100)	0 – 12	2 – 10	0 - 12*	0 – 12

Tabla 3: Granulometría normalizada por el ASTM (Aplicada Gradación).

⁵ www.monografias.com. – campos.uni@gmail.com. – Mayo del 2009.

El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400.037, tal como sigue:

N. A S T M	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16	
1	90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3 5 7	50 mm a 4.75 mm (2" a N°4)				100	95 a 100	35 a 70		10 a 30		0 a 5				
4	37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
4 6 7	37.5mm a 4.75mm (1½" a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25 mm a 12.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
5 6	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
5 7	25 mm a 4.75 mm (1" a N°4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
6 7	19 mm a 4.75 mm (¾" a N°4)							100	90 a 10 0		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12.5mm a 4.75mm (½" a N°4)								10 0	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
9	9.5mm a 2.38mm (3/8" a N°8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

Tabla 4: Requisitos Granulométricos del agregado Grueso.

Nota: Se permite el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las

partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida. Además del tamaño máximo también es importante que la cantidad de granos de menor tamaño esté bien balanceada en la composición total del agregado. Los agregados con falta de esos tamaños tienen una mayor cantidad de espacios vacíos entre sus partículas y puestos en el concreto requerirán más cantidad de pasta. Además, en dichos concretos la piedra tiende a separarse con mayor facilidad. Para evitar estas situaciones, la Norma establece curvas granulométricas entre las que debe quedar comprendido el agregado a usar en el concreto.

b. Sustancias dañinas

Se prescribe también que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes:

LIMITES PARA LAS SUSTANCIAS PERJUDICIALES		
DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (%)	AGREGADO GRUESO (%)
1) lentes de arcilla y partículas Desmenuzables	3	2.0 a 10.0 (c)
2) material menor que la malla # 200	3.0 a 5.0 (a)	1.0 (g)
3) carbón y lignito	0.5 a 1.0 (b)	0.5 a 1.0 (d)
3) partículas ligeras ($G < 2.4$)	----	3.0 a 8.0 (e)
5) suma de 1), 3) y 4)	----	3.0 a 10.0 (f)
6) abrasión	----	50
7) desgaste con sulfato de Na	10	12
8) desgaste con sulfato de Mg	15	18

Tabla 5: Límites para sustancias perjudiciales.

Notas:

a). 3 % par concretos sujetos a abrasión y 5 % para los demás. Si se trata de arena proveniente de chancado y el material $< \#200$ no es arcilla, los límites pueden subirse a 5 % y 7 %.

- b). 0.5% cuando la apariencia del concreto es importante y 1% para el resto.
- c). 2 % y 3 % para concreto arquitectónico en clima severo y moderado, 3% para losas y pavimentos expuestos a humedecimiento, 5% en estructuras interiores y 10 % en zapatas y columnas interiores.
- d). 0.5% en concreto al exterior, 1% en el resto.
- e). 3% en concreto arquitectónico, 5% en concreto a la intemperie, 8% en el resto.
- f). 3% y 5% en concreto estructural en clima severo y moderado, 7% en concreto a la intemperie, 10% en el resto.
- g). Este límite puede incrementarse a 1.5% si el material <#200 no es arcilla o si el agregado fino tiene un <#200 inferior al límite permisible, en cuyo caso el límite se calculara usando la fórmula: $L = 1 + ((P) / (100 - P))(T - A)$, donde L es el nuevo límite, P

c. Materia Orgánica.

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

d. Requisitos Complementarios.

Los agregados que serán utilizados en concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los siguientes.

e. El Índice de espesor.

Índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 en el caso de agregado natural de 35 para grava triturada.

Es conocido que los agregados de forma plana, es decir con dos dimensiones preponderantes, originan concretos difícilmente trabajables y de baja compacidad. La norma establece una relación de límite entre el grosor (G) y el espesor (E).

f. Resistencia Mecánica.

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP correspondiente, será tal que los valores no excedan a los siguientes:

Tipo de Resistencia Mecánica	% Máximo
Abrasión (Método de los Ángeles)	50
Impacto	30

Tabla 6: % de Resistencia Mecánica.

La especificación de forma, nueva en nuestro medio, recoge los estudios realizados en Estados Unidos y en Europa (donde esta característica es normalizada), confrontando además la experiencia nacional.

g. Granulometría del agregado fino.

Deberá corresponder a la gradación "C" de la tabla, se permitirá el uso de agregado que no cumpla con la gradación siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

h. Inalterabilidad del Agregado (Durabilidad).

El agregado utilizado en concreto y sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

La pérdida promedio de masa después de 5 ciclos no deberá exceder de los siguientes valores:

Solución utilizada	% máximo de pérdida de masa (5 ciclos)	
	Agregado Fino	Agregado Grueso
10 %	12 %	-----
15 %	18 %	-----

Tabla 7: % de Perdida del Agregado.

Requisitos Opcionales.

El agregado utilizado en concreto sujeto permanentemente a la humedad o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener sustancias dañinas que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas en el concreto.

En caso de estar presente tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que puedan tener menos del 0,6% de álcalis calculados como óxido de sodio ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$), con el añadido de un material que prevenga la expansión dañina debido a la reacción álcali-agregado.

La reacción álcali-agregado es un problema común en Estados Unidos, lo que ha originado importantes investigaciones al respecto. Sin embargo en nuestro país pocas veces se han registrado estos casos.

De presumirse la presencia de sales solubles en el agregado en especial al tratarse de lugares vecinos al mar, descargas de afluentes industriales, etc.

El agregado para concreto deberá cumplir con los siguientes límites admisibles expresados en porcentaje total en peso, referidos a resultados obtenidos en ambos agregados.

CONTENIDO DE SULFATOS EN	VALORES MÁXIMOS
Concreto pretensado	0.02% (200 ppm)
Concreto Armado	0.06% (600ppm)

Tabla 8: Contenido máximo de sulfato en el concreto.

Para proteger al acero de la corrosión en el concreto armado pretensado, los reglamentos estipulan un máximo de ión cloro como suma total de todos los componentes (agua, agregados y cementos). El código del ACI especifica el porcentaje, (en peso del cemento), del máximo ión de cloro como suma de todos los componentes:

TIPO DE CONCRETO	% EN PESO MÁXIMO DEL IÓN CLORURO
Concreto pretensado	0.06%
Concreto armado expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco y protegido	1%
Otras construcciones de concreto armado	0.3%

Tabla 9: Contenido máximo de ion cloruro.

El equivalente de arena del agregado utilizado en concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia de diseño o mayores así como los utilizados en pavimentos de concreto deberá ser igual o mayor a 75. Para otros concretos, el equivalente de arena será igual o mayor 65.

Este método es una opción con respecto al requisito del material más fino que pasa el tamiz N° 200, en especial cuando los muy finos no tienen carácter perjudicial.

El ensayo fue desarrollado por el Laboratorio de Caminos del Estado de California, tiene en la actualidad aplicación internacional. La prueba consiste en agitar cierta cantidad de arena en una probeta con una solución de lavado defloculante, dejando reposar la mezcla.

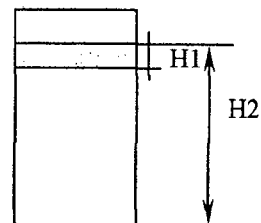
El valor del equivalente de la arena se calcula con la expresión:

Siendo:

$H_1 = \text{Altura del sedimento}$

$H_2 = \text{Altura total}$

$$ES = 100 \frac{H_1}{H_2}$$



El agregado global (NTP 400.037).

La norma contiene un apéndice y a manera de información acerca de husos granulométricos considerados óptimos, para los proporcionamiento de finos y

gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se pueden obtener concretos trabajables y compactos. Esta información tiene carácter de orientación y en ningún caso es prescriptiva.

El agregado global es aquel material compuesto de agregado fino y grueso, cuya granulometría cumple con los límites dados en la siguiente tabla:

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA		
	Tamaño nominal 37.5 mm (1 ½ in)	Tamaño nominal 19.0 mm (¾ in)	Tamaño nominal 9.5 mm (3/8 in)
50 mm (2")	100	---	---
37.5 mm (1 ½")	95 a 100	100	---
19 mm (¾")	45 a 80	95 a 100	---
12.5 mm (½")	---	---	100
9.5 mm (3/8")	---	---	95 a 100
4.75 mm (Nº 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (Nº 8)	---	---	20 a 50
1.18 mm (Nº 16)	---	---	15 a 40
600 µm (Nº 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (Nº 50)	---	---	5 a 15
150 µm (Nº 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

Tabla 10: Granulometría del Agregado Global.

* Incrementar a 10% para los finos de roca triturada.

CRITERIOS A TENER EN CUENTA.⁶

Canteras.

En algunos casos corresponderá al contratista la ubicación y selección de las canteras de agregados disponibles en la zona, esta deberá incluir estudios geológicos, petrográficos, composición mineral del material propiedades físicas, resistentes, costo de operación, rendimiento, potencialidad, accesibilidad etc.

Estas canteras seleccionadas deberán ser aprobadas por la inspección previa presentación de certificados de ensayos en laboratorio.

⁶ Ing. ° Ana Torre Carrillo – Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles. Maestría en Transportes – UNI – Tarapoto – Perú – 2009.

En la búsqueda y selección de la cantera el ingeniero debe tener en cuenta sobre la ubicación, cantidad de agregado requerido el tamaño máximo a ser empleado y las características generales de construcción.

Asimismo debe estar informado sobre los efectos que sobre las propiedades del concreto tienen la granulometría, las características físicas y la composición del agregado.

El laboratorio seleccionado para la evaluación de las propiedades de los agregados deberá contar con equipos calibrados, y conocer de los procedimientos normalizados.

La selección y aprobación final de la cantera será hecha por el inspector previa presentación por el contratista de los certificados de un Laboratorio Oficial.

Mediante el estudio cuidadoso y selección adecuada de las canteras a ser utilizadas, el proyectista podrá conocer que agregados existen o pueden ser disponibles en la zona de trabajo y la conveniencia o no de su utilización.

Especificaciones para la compra.

Se incluirá la información necesaria en la orden de compra en la medida que sea conveniente:

- Incluir las Normas correspondientes
- Referir si la orden de compra es para agregado grueso, fino u hormigón.
- Cantidad en Toneladas o metros cúbicos.

Si la orden es para agregado fino:

- La especificación granulométrica
- Restricciones para los materiales reactivos
- El límite del material que pasa la malla N°200, sino se indica deberá ser 3%.
- El límite para carbón y lignito, sino se indica se deberá aplicar máximo el 1%.

Si la orden es para agregado grueso:

- La granulometría y el huso
- Restricciones sobre material reactivo
- Sino no se especifica acerca de la inalterabilidad del agregado cualquiera podrá ser empleada.
- El peso deberá ser determinado incluyendo la humedad al momento del transporte no se deberá añadir agua al momento de la carga.

Especificaciones Técnicas de los agregados

Los agregados a utilizar en la obra deberán cumplir las especificaciones técnicas que aseguren la calidad final de la obra.

Aquellos agregados que no cumplan algunos requisitos podrán ser empleados siempre que se demuestre con pruebas de laboratorio o experiencia en obra que se pueden producir concretos de la calidad especificada.

Los requisitos que deben cumplir los agregados para uso en concreto se encuentran estipulados en ASTM C33 así como en NTP 400.037.

Los agregados que van estar sometidos a humedecimiento, exposición prolongada a atmósferas húmedas, o en contacto con suelos húmedos no deberán tener ningún material que sea potencialmente reactivo con los álcalis del cemento a fin de evitar expansiones.

El ensayo de estabilidad de volumen se recomienda para agregados que van a ser empleados en concretos sometidos a procesos de congelación y deshielo.

Aquellos agregados que no pasen esta prueba podrán ser usados sólo demostrando que un concreto de características similares en la zona tiene un registro de servicio satisfactorio en esas condiciones de intemperismo. Asimismo es necesario utilizar agregados con contenido de sales solubles totales en porcentajes menores del 0.015% en peso del cemento.

Respecto al Agregado fino

- Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- Debe estar graduado dentro de los límites dados en los requisitos obligatorios.
- El módulo de fineza debe estar entre 2.3 a 3.1
- Deberá estar libre de materia orgánica, que es determinado mediante el ensayo indicado en ASTM C 40 ,si no cumple con esta especificación puede ser utilizado siempre que realizado el ensayo de compresión a los 7 días de morteros preparados con arena sana y otros con la arena en cuestión la resistencia no sea menor del 95% .

Respecto al Agregado grueso

- Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.
- La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm^2
- Estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla de requisitos obligatorios.
- El tamaño máximo del agregado a tomar será:
 - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
 - 1/3 de la altura de las losas ó
 - 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.
- Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

Respecto al Hormigón

Es una mezcla natural en proporciones arbitrarias de agregados fino y grueso, deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas sales, álcalis materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

El hormigón podrá emplearse en concretos simples o armados de resistencias en compresión de hasta 140 kg/cm² a los 28 días y el contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m³.

El hormigón será transportado y almacenado tal que se garantice la no contaminación con materiales que podrían reaccionar con el cemento generando cambios de comportamiento.

Transporte

Durante el transporte del material se deberá garantizar:

- La pérdida de finos será mínima.
- Mantener la uniformidad.
- No se producirá contaminación con sustancias extrañas.
- No se producirá rotura o segregación importante en ellos.

Contaminación

La mayoría de los agregados presentan algún grado de contaminación, los elementos perjudiciales a tener en cuenta son las partículas muy finas que exigirán agua en exceso en la mezcla, las partículas débiles o inestables que actúan sobre la hidratación del cemento, excesos en estas características pueden ser eliminados mediante procesos de lavado.

Almacenamiento en obra

El material que durante su almacenamiento en obra se deteriora o contamina no deberá emplearse en la preparación del concreto. Los agregados se almacenarán o apilarán de manera de impedir la segregación de los mismos, su contaminación con otros materiales, o su mezclado con agregados de diferente granulometría o características.

Para garantizar que esta condición se cumpla deberá realizarse ensayos, en el punto de dosificación, a fin de certificar la conformidad con los requisitos de limpieza y granulometría.

La zona de almacenamiento deberá ser lo suficientemente extensa y accesible para facilitar al acomodo y traslado del agregado al sitio de mezclado.

Las pilas de agregado se tomarán por capas horizontales de no más de un metro de espesor.

Estas capas deberán tener facilidad para drenar o fin de obtener un contenido de humedad relativamente uniforme.

Ensayo de los materiales

La Inspección podrá ordenar, en cualquier etapa de la ejecución del proyecto, ensayos de certificación de la calidad de cualquiera de los materiales empleados.

El ensayo del cemento y los agregados se realizará de acuerdo a las Normas NTP o ASTM correspondientes. El ensayo del agua se efectuará de acuerdo a la Norma NTP 339.088. Estos se efectuarán en un Laboratorio autorizado por la Inspección.

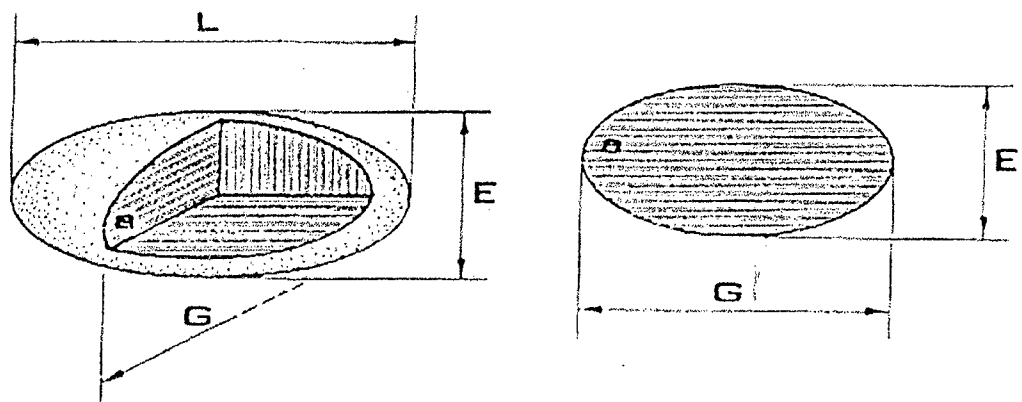
Los resultados de los ensayos se anotarán en el Registro anexo al **Cuaderno de Obras**; debiendo estar una copia a disposición de la Inspección hasta la finalización de la obra.

Los resultados de los ensayos forman parte de los documentos entregados al propietario con el Acta de Recepción de Obra.

LA FORMA DE LOS AGREGADOS.⁷

La forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto. La experiencia ha demostrado que aquellos que presentan formas que se acercan a la del cubo, entre los triturados, y a la esfera en el caso de los rodados ofrecen mejor trabajabilidad y en alguna medida mayor durabilidad que aquellos de forma aplanada o alargada.

⁷ www.monografias.com. – campos.uni@gmail.com. – Mayo del 2009.



Gráficos 19: Formas de Agregados.

La forma de los agregados está condicionada por la estratificación de las rocas en el yacimiento, el plano de clivaje y la corrección del proceso de trituración cuando es el caso.

La menor trabajabilidad del concreto con agregados aplanados o alargados, se encuentra en la mayor superficie con relación al volumen, que origina mayor frotamiento interno.

Asimismo, en las dificultades para su colocación en el pastón.

La forma de los elementos granulares está definida por tres dimensiones, la longitud "L", el grosor "G", y el espesor "E", de manera: (Grafico 18)

$$L > G > E$$

Como quiera que la determinación de la forma de los agregados por la medida con un vernier (Calibrador, denominado también pie de rey) de sus tres dimensiones predominantes, sea un proceso largo y tedioso, raramente se efectúa en la práctica.

La normalización internacional ha considerado diferentes sistemas de evaluación, por métodos rápidos y prácticos. La norma peruana de requisitos de agregados considera el índice de espesor, que expresa la relación G/E .

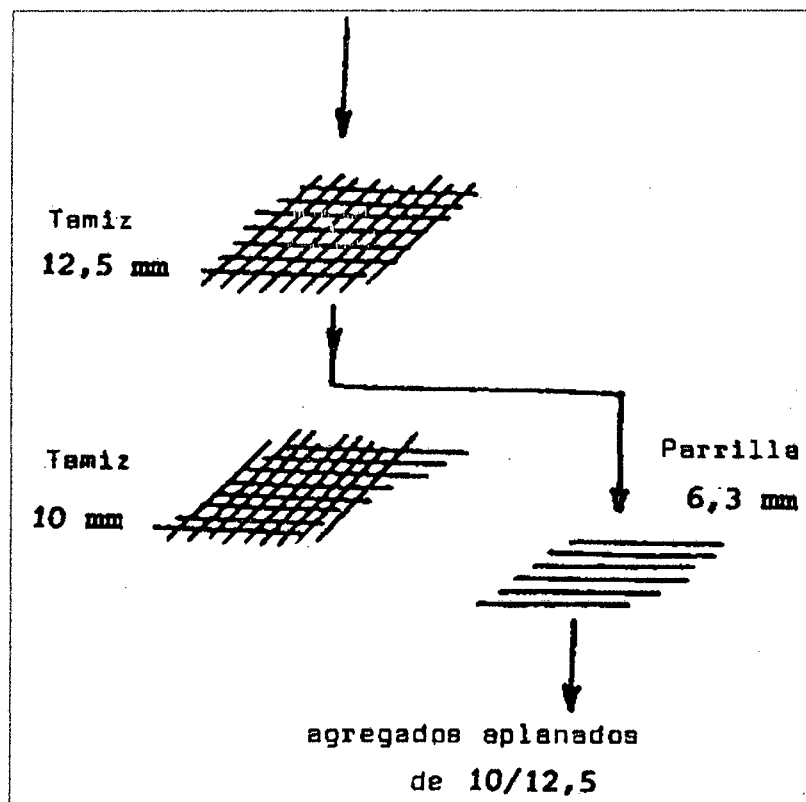
El factor "G" está determinado por el paso de los agregados por una parrilla, de barras redondas paralelas, que separa los elementos inconvenientes cuando la relación es mayor que 1.58.

Los agregados son separados por la parrilla, en la que la luz libre entre barras establece una relación $G/1.58$, que viene a significar el salto de una dimensión de la serie (Grafico 20).

$10 \sqrt{10}$ cuando pasa de G a $G/1.58$

En la norma peruana el índice de espesor se encuentra dentro de los requisitos complementarios, que son de aplicación al agregado utilizado en los concretos de resistencia 210 kg/cm² y mayores.

En estos casos el índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 cuando se trata de agregado natural y de 35 para grava triturada.



Gráficos 20: Espesor de Agregados.

EL MUESTREO DE LOS AGREGADOS.

Propósito del muestreo.

La toma de muestras de los agregados constituye una operación fundamental en el proceso de control de calidad de la producción del concreto. El muestreo puede producirse en el yacimiento, en la planta de beneficio o al pie de obra, según su razón de ser.

En algunos trabajos de construcción alejados de los centros urbanos, ante la carencia de proveedores, se requiere desarrollar la explotación, eventual de yacimientos. En estos casos, para seleccionar las canteras más apropiadas, determinar la potencia aprovechable y orientar los procedimientos de beneficio, se toman muestras de hoyos formados sobre los frentes descubiertos, luego de eliminar el material superficial o el proveniente de deslizamientos. Cuando no existe frente abierto, las muestras se extraen excavando hoyos o calicatas, en profundidad y distancia definidas, de acuerdo con el volumen de material requerido.

Cuando se requiere conocer la calidad de un producto que se ofrece en el mercado, se procede a la toma de muestras en la planta de producción. Se recomienda extraer las muestras de manera intermitente mientras se carga el material a los vehículos. De no ser posible, se puede obtener muestras separadas de los silos, tomándolas de la parte superior y de la boca de descarga.

En los procedimientos de muestreo en obra, para el control directo de la producción del concreto, se toman muestras durante la descarga de los vehículos de transporte, actuando separadamente sobre la parte superior, media e inferior de la tolva.

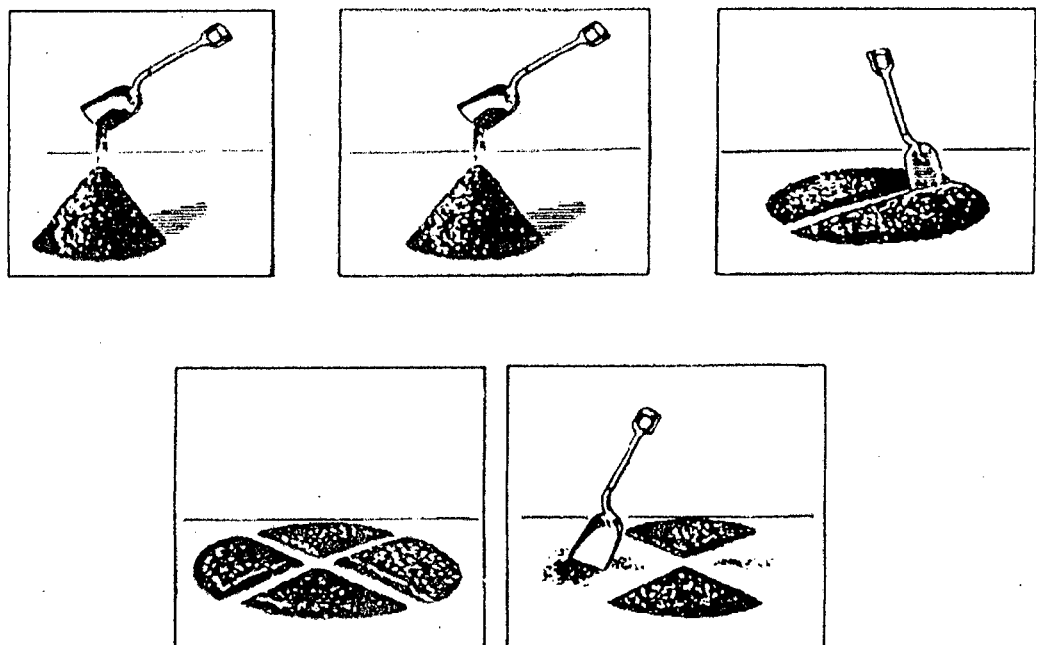
Las exigencias del muestreo son más amplias cuando se necesita evaluar un yacimiento o dar conformidad al material beneficiado por un proveedor. En la producción diaria del concreto, el número de ensayos que se efectúa es más reducido y de variable periodicidad, la que muchas veces se regula según las

modificaciones del material que se observan durante la inspección. Las pruebas de rutina están destinadas a dar información sobre problemas potenciales en el proceso de control de calidad. En las plantas de producción de concreto, las muestras se toman por lotes en cada turno de operación de la planta, en las tolvas de pasaje.

Tipo de muestra.

Cuando la inspección indica diferencias sustantivas en los materiales, en tamaño, textura o color (lo que ocurre generalmente en el yacimiento), deberá ensayarse independientemente cada una de las muestras que se obtengan, las que se denominan "muestras representativas simples". Cuando no se observa diferencias en el material, las muestras simples se mezclan debidamente de manera que representen la condición media del agregado, denominándose "muestra representativa compuesta".

Para su envío a laboratorio, las muestras representativas pueden reducirse hasta llegar al volumen mínimo adecuado, según los requerimientos de ensayo. Las muestras representativas no deberán ser menores de 25 k. en el caso de la arena y 70 k. en el caso del agregado grueso.



Gráficos 21: Muestreo de los Agregados.

Para la formación de muestras para laboratorio, se procederá como lo indica la Grafica 21. Con la muestra representativa se forma un montón que se extiende con una pala hasta darle base circular y espesor uniforme. Se divide entonces el material, diametralmente, en 4 partes aproximadamente iguales. Se toman 2 partes opuestas, se mezclan y se recomienza la operación con ese material. Esta operación se repetirá hasta que la cantidad de muestras quede reducida a la que se requiera en cada caso.

De los ensayos de agregados.

Los ensayos normalizados que se realizan sobre los agregados, podemos agruparlos en las siguientes categorías:

a) Ensayos para determinar su conformidad con la norma de requisitos:

ASTM C 136; NTP 400.012; Análisis granulométrico. **ASTM C 40; NTP 400.013;** Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas del agregado fino.

ASTM C 142; NTP 400.015; Método de ensayo para determinar los terrones de arcilla y partículas friables en el agregado.

ASTM C88; NTP 400.016; Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

ASTM C131; NTP 400.019; Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la Máquina de Los Ángeles.

ASTM C535; NTP 400.020; Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de gran tamaño por medio de la Máquina de Los Ángeles.

ASTM C123; NTP 400.023; Método de ensayo para determinar la cantidad de partículas livianas en los agregados.

ASTM C87; NTP 400.024; Método de ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.

b) Ensayos de carácter excepcional:

ASTM C 289; Método de ensayo para determinar la reactividad potencial de agregados (método químico).

ASTM C 227; Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (método de la barra de mortero).

ASTM D 2419; Equivalente de arena en el agregado fino. ASTM C851; Procedimiento para estimar la dureza del agregado grueso.

c) Ensayos utilizados en obras para efecto de diseño de mezclas:

ASTM C29; NTP 400.017; Método de ensayo para determinar el peso unitario de los agregados.

ASTM C127; NTP 400.021; Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

ASTM C128; NTP 400.022; Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

Envase y rotulado.

Las muestras de agregados se remitirán al laboratorio en cajas herméticas, bolsas de tejido tupido o recipientes que no permitan la pérdida del material más fino.

Cada muestra o envase llevará convenientemente asegurada una etiqueta en la que se determinará lo siguiente:

- Nombre del remitente y fecha de envío.
- Tipo de material e identificación de procedencia.
- Ubicación y denominación del yacimiento, depósito o planta.
- Estimación del volumen aproximado que representa la muestra.
- Empleo posible.

LA CONTAMINACIÓN DE LOS AGREGADOS.⁸

Los elementos contaminantes de los agregados actúan sobre el concreto reduciendo su resistencia, modificando la durabilidad y dañando su apariencia externa.

⁸ www.construaprende.com/trabajos/t2. – Mayo del 2009.

En otros casos, alteran el proceso de mezclado, incrementando la exigencia de agua o retrasando el proceso de fraguado. De acuerdo al tipo de acción, podemos clasificar los contaminantes como de carácter físico o químico.

Los físicos actúan sea en el exterior del agregado, como es el caso de los finos y de las partículas adheridas, o de manera externa, como los elementos con exceso de poros o partículas de diferente expansión térmica.

Los factores químicos se distinguen según actúen directamente sobre el cemento como las impurezas orgánicas; o independientes del aglomerante como los materiales solubles.

La mayoría de los agregados presentan algún grado de contaminación pero la norma determina el porcentaje máximo admisible. Los elementos perjudiciales que generalmente se encuentra en los agregados son: los muy finos, que exigen exceso de agua; los recubrimientos que afectan la adherencia; las partículas débiles inestables o impurezas que actúan sobre la hidratación.

Los excesos, en la mayoría de los casos, pueden eliminarse fácilmente mediante el proceso de lavado, como sucede en los materiales finos ligeros.

Impurezas orgánicas.

Los agregados eventualmente pueden estar contaminados con materias orgánicas, originadas por la descomposición de elementos vegetales, en forma de margas orgánicas. Estas impurezas pueden afectar las reacciones de hidratación, modificando el fraguado o reduciendo la resistencia. El control inicial del agregado se realiza de manera cualitativa, mediante una prueba colorimétrica, aplicable especialmente a las arenas. El valor de este ensayo es indicar la presencia potencial de compuestos orgánicos, nocivos permitiendo así la realización de ensayos adicionales de mayor precisión.

El procedimiento de ensayo consiste en comparar una solución de referencia, de color-patrón, con la coloración de líquido que sobrenada, después de un período

de 24 horas, sobre una muestra de arena, de aproximadamente 500 g, luego de mezclada con una solución al 3% de hidróxido de sodio en agua. La solución de referencia, debe ser preparada, en cada caso, disolviendo bicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) (grado de reactivo) en ácido sulfúrico concentrado (peso específico 1,84) a razón de 0,250 g, por 100 cm³ de ácido. Cuando el color del líquido de la muestra de ensayo es más oscuro que el color de referencia, se puede inferir la presencia de materia orgánica.

En los casos en que el ensayo sea positivo, se establece una prueba adicional, consistente en comparar la resistencia de la compresión de mortero, fabricados con la arena cuestionada y otra reconocida como sana.

En el caso de que la resistencia obtenida estuviera por debajo del 95% de la alcanzada con la arena patrón, no deberá emplearse el agregado, por inadecuado.

Partícula liviana.

Algunos materiales de baja densidad, como el carbón, los materiales fibrosos y la madera, pueden afectar la durabilidad del concreto. Las normas establecen el máximo de partículas livianas permisible, las mismas que son evaluadas mediante separación por suspensión en líquido de alta densidad.

Los compuestos utilizados son los siguientes:

Reactivo	Densidad
Tetrabromoetano	2,97
Benceno	0,88
Bromoforno	2,88
Tetracloruro de carbono	1,58
Monobromobenceno	1,49
<i>La muestra de ensayo varía según el tamaño máximo del agregado dentro de los siguientes rangos:</i>	
Tamaño máximo	Peso en gramos
Arena	200
19,00 mm	3,000
38,10 mm	5,000
76,10 mm	10,000

Cuadro 5: Compuestos máximo de partículas permisibles en el concreto.

El procedimiento consiste básicamente en introducir la muestra en un recipiente que contiene el líquido de ensayo, en un volumen por lo menos igual a 3 veces el volumen absoluto del agregado, agitando luego y retirando las partículas que flotan. En el caso de la arena, se realiza una operación de decantación. El resultado se expresa en porcentaje, como el cociente del peso seco de las partículas decantadas y el peso de la muestra de ensayo.

Material más fino de 74 micrones.

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta; en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla. En principio, un moderado porcentaje de muy finos puede favorecer la trabajabilidad, pero su incremento afecta la resistencia del concreto.

El procedimiento de ensayo consiste en lavar una muestra de agregado y pasar el agua de lavado a través del tamiz N° 200 de 74 micrones. La pérdida de masa resultante del lavado se calcula como un porcentaje de la masa de la muestra original y es expresada como la cantidad de material que pasa el tamiz. La muestra de ensayo deberá tener el peso que corresponde a la siguiente tabla:

Tamaño nominal máximo (mm)	Peso mínimo (g)
2,38	100
4,76	500
9,51	2,000
19,00	2,500
31,10 ó mayor	5,000

Cuadro 6: Tamaño máximos que pasan el tamiz N° 200.

Partículas inestables.

Algunos elementos que contaminan los agregados no mano tienen su integridad o experimentan en contacto con el agua expansiones destructivas. Tal es el caso de la pizarra y otras partículas de baja densidad. En otros casos, inclusiones blandas, como el carbón, pueden hincharse y causar roturas en el concreto. La presencia de estas partículas se determina por la prueba de decantación en líquido denso. Las

piritas de hierro presentan características expansivas, al reaccionar con el aluminato cálcico del cemento. La mica puede alterarse en el proceso de hidratación del cemento, además de requerir un exceso de agua de mezcla.

Terrones de arcilla y partículas deleznales.

Este tipo de inclusiones afecta la calidad del concreto. La determinación de las partículas deleznales se efectúa de la siguiente manera:

La muestra se extiende en una capa delgada sobre el fondo de un recipiente y se cubre con agua pura por un período de 24 horas. Las partículas que pueden desintegrarse con los dedos hasta reducirla a material fino, se clasifican como terrones de arcilla o partículas deleznales.

La rotura de las partículas desintegrables debe efectuarse por compresión y deslizamiento entre los dedos pulgar e índice. Las partículas no deben romperse con las uñas ni comprimirse contra superficies duras.

Luego de que todas las partículas desintegrables se han roto, la muestra se tamizará por vía húmeda.

El tamaño de la muestra está dado por la siguiente tabla:

Tamaño de las partículas	Peso en gramos
4,76 mm (N° 4) a 9.51 mm (3/8")	1000
9,51 mm (3/8") a 19.0 mm (3/8")	2000
19,0 mm (3/4") a 38,1 mm (1 1/2")	3000
Mayor que 38,1 mm (1 1/2")	5000

Cuadro 7: Tamaño de partículas desintegrables.

Los tamices de lavado serán el N° 20 (8.41 micrones) para la arena y el N° 4 (4.76 mm) para la piedra. El porcentaje de partículas deleznales se expresa como el cociente del peso de la muestra y el peso de las partículas deleznales tamizadas.

Límite de sustancias perjudiciales y requerimientos de propiedades físicas de agregados gruesos para concreto

Designación	Tipo o localización de la construcción del concreto	Máximo Permisible				
		Tamaño de arcilla y partícula: desmenuzables	Horizonte (menos de 2.40 densidad	Tamaño de % secciones de arcilla y partículas desmenuzables y Horizonte	Menor tamaño fino 75 micrones	Carbon y lignito
Región Climática Severa						
15	Pisos, ciimientos, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, lozas de piso interior a ser cubiertas.	10.0	...	...	1.0	1.0
25	Pisos interiores sin cubierta.	5.0	...	...	1.0	0.5
35	Cimientos de pared por sobre el terreno, muros de contención, contrafuertes, espigones, carreras y vigas expuestas a la intemperie.	5.0	5.0	7.0	1.0	0.5
45	Pavimentos, cubiertas de puentes, carreteras, senderos, patios, pisos expuestos y pórticos o estructuras contiguas a muelles, sujetas a constante humedecimiento.	3.0	5.0	5.0	1.0	0.5
55	Concreto arquitectónico expuesto	2.0	3.0	3.0	1.0	0.5
Región Climática Moderada						
1M	Pisos, cimientos, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, lozas de piso interior a ser cubiertas.	10.0	...	.....	1.0	1.0
3M	Cimientos de pared por sobre el terreno, muros de contención, contrafuertes, espigones, carreras y vigas expuestas a la intemperie.	5.0	5.0	10.0	1.0	0.5
	Pavimento, cubiertas de puentes, carreteras, senderos, patios, pisos de expuestos y	5.0	5.0	7.0	1.0	0.5
4M	pórticos o estructuras contiguas a muelles, sujetas a constante humedecimiento.	5.0	5.0	7.0	1.0	0.5
5M	Concreto arquitectónico expuesto	3.0	3.0	5.0	1.0	0.5
Región Climática Suave						
1N	Lozas sujetas a abrasión del tráfico, cubiertas de puentes, pisos, veredas, pavimentos.	5.0	...	...	1.0	0.5
2N	Todos los otros tipos de concreto.	10.0	...	...	1.0	1.0

Tabla 11: Límite de sustancias perjudiciales del Agregado Grueso.

Regiones Climáticas.

Las regiones climáticas son definidas como sigue, en términos del índice climático:

- (S) Región Climática Severa - Índice Climático mayor de 500 días - pulgadas (1270 días - cm)
- (M) Región Climática Moderada - Índice Climático de 100 a 500 días - pulgadas (254 .. 1270 días - cm)
- (N) Región Climática Suave - Índice Climático menor de 100 días - pulgadas (254 días - cm)

Estas limitaciones se aplican sólo a agregados en los que el horsteno aparece como una impureza, no se aplican a cascajo en el que predomina el horsteno. Las limitaciones de estabilidad de tales agregados deben estar basadas en registros de comportamiento en el ambiente en el que ha de emplearse.

Este porcentaje puede ser incrementado bajo una de las siguientes condiciones:

- a): si el material más fino que 74 micrones está esencialmente libre de arcilla o esquisto, el porcentaje puede ser incrementado a 1.5; y.
- b): si se sabe que la fuente del agregado fino a emplearse en el concreto contiene menos que la cantidad máxima especificada que pase la malla 75 micrones (tabla 1) el porcentaje límite (L) de la cantidad de agregado grueso puede ser incrementado a $L = 1 + (P / (100 - P)) (T - A)$, donde P = porcentaje de arena en el concreto como un porcentaje del agregado total, T = límite de la Tabla 1 de la cantidad permitida en el agregado fino y A = la cantidad real del agregado fino, (Esto provee un cálculo de pesaje diseñado a limitar la masa máxima que pasa la malla 75 micrones en el concreto a la que sería obtenida si tanto el agregado fino como el grueso fuesen suministrados al porcentaje máximo tabulado para cada uno de estos ingredientes.)

Índice climático (Según definición del ASTM).

El efecto del clima está relacionado con el Índice climático que, para cualquier localidad, es el producto del promedio anual del número de días de ciclo de congelamiento y el promedio anual de la precipitación pluvial en el invierno, en pulgadas (o centímetros). Un día de Ciclo de Congelamiento es cualquier día durante el cual la temperatura del aire queda debajo de 32° F (0° C).

El promedio del número de días de ciclo de congelamiento en un año puede ser tomado como igual a la diferencia entre la media del número de días en los que la temperatura mínima fue 32° F (0° C) o más bajo, y la media del número de días durante los cuales la máxima temperatura fue 32° F (0° C) o menos. La precipitación pluvial de invierno es la suma, en pulgadas (o centímetros) de la medida mensual de la precipitación (pluvial) corregida durante el período entre e Incluyendo la fecha normal de la ocurrencia de la primera congelación (32° F, 0° C) en el otoño y la fecha normal de la última ocurrencia de congelamiento (32° F 0° C) en la primavera. La precipitación pluvial en invierno es igual al total de la precipitación menos un décimo del total de la precipitación de nieve, cellisca y granizo. La caída de lluvia para una porción del mes porratea.

REACCIÓN ALCALI-AGREGADO.⁹

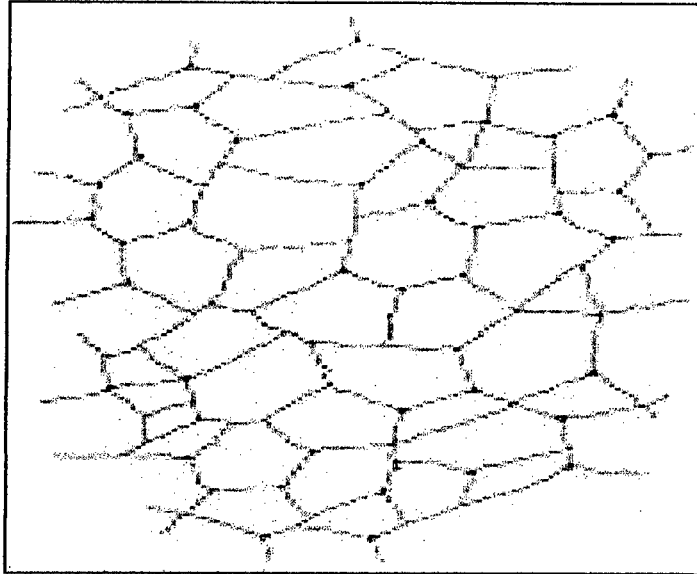
Una de las causas de deterioro del concreto, que ha sido objeto de más estudios en los últimos cuarenta años, es la denominada reacción álcali-agregado, que se origina entre determinados agregados activos y los óxidos de sodio y potasio del cemento. La reacción se inicia en la superficie del agregado y se produce en la interface con la pasta de cemento, formando un gel que absorbe agua y dilata creando presiones internas que llevan a la rotura del material.

La reacción álcali-agregado comprende los siguientes sistemas:

- Reacción álcali-sílice.
- Reacción álcali-silicato.
- Reacción álcali-carbonato.

El Sodio y el Potasio pueden reaccionar en presencia de iones OH sea con la sílice amorfa (ópalo, calcedonia), sea con los silicatos (granitos, esquistos, feldespatos, micas, basaltos), sea con los calcáreos arcillosos dolomíticos. La reacción de la sílice con los álcalis da nacimiento a sales expansivas, $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO-H}_2\text{O}$ que llevan a la fisuración del concreto.

⁹ www.cementosnare.com/preg_fresc.asp. – Mayo del 2009.



Gráficos 22: Agrietamiento en el Concreto.

La reacción álcali-agregado se caracteriza por la presencia de dos zonas alrededor de la mayoría de los agregados fracturados y a lo largo del plano de rotura: Una de ellas externa y oscura, en contacto con los agregados es un gel rico en SiO_2 conteniendo además Ca y K. La otra interna y blanca, está formada por cristales en forma de hojas más o menos dispersas, conteniendo Si, K y Ca.

El agrietamiento, en concretos con restricciones tiene la forma de un "mapa", Gráficos 22. En concreto armado las fisuras pueden ser paralelas al refuerzo. A través de las grietas se efectúa la exudación del gel con carácter viscoso, que en contacto con CO_2 de la atmósfera endurece con una coloración blanca.

Este depósito en la superficie del concreto puede confundirse con el gel del hidróxido de calcio cristalizado y otros productos de hidratación del cemento. Una forma de probar la ocurrencia de la reacción álcali-sílice es el examen microscópico con 50 aumentos de la superficie pulimentada del gel del interior del concreto. Los análisis químicos no son apropiados para este propósito.

También se ha desarrollado un método para confirmar la presencia del fenómeno, determinando la expansión de muestras extraídas del concreto endurecido, sometidas a elevadas temperaturas y al 100% de humedad relativa.

Pese al tiempo transcurrido, desde los estudios iniciales de Stanton en 1940, la reacción álcali-agregado que ha sido descrita en una abundante bibliografía, es insuficientemente conocida, y no se ha llegado a ninguna conclusión sobre los mecanismos de la reacción, de la expansión y la deterioración que origina. Parece ser que conforme se tiene un mayor y más profundo conocimiento del fenómeno, la solución aparece más compleja y difícil, por la diversidad de parámetros que la afecta.

Dentro del limitado conocimiento existente la solución del problema de la reacción álcali-agregado resulta aparentemente obvia, adoptando la alternativa de utilizar agregados reactivos con un cemento portland de reducido porcentaje de álcalis.

Sin embargo, esta decisión conviene adoptarla, luego de cuidadoso estudio y habiendo descartado otras opciones.

Reacción Álcali-Sílice:

La reacción álcali-sílice se ha presentado únicamente en algunas regiones del globo. Se encuentra de manera preponderante en los Estados Unidos de Norteamérica, extendida en la zona central que comprende los estados de Oklahoma, Kansas, Nebraska e Iowa. También en algunas áreas de Australia, Nueva Zelanda, Dinamarca y la India.

En Latinoamérica, no se han presentado reacciones de este tipo, con excepción de algunas localizadas en Brasil y Chile. En el Perú, no se conocen casos, pero tampoco se cuenta con un estudio de yacimientos de agregados a nivel nacional.

Estas reacciones se presentan con mayor intensidad en climas cálidos por los siguientes factores: elevada humedad de ambiente; temperatura, en especial de 20° a 40°C; y fisuras previas de contracción plástica.

El Comité 201 del ACI en el documento Guide to Durable Concrete-ACI 201.2R-77 (Reapproved 1982), reproduce la tabla formulada por W.J. Halstead en 1958, para clasificar rocas y minerales naturales y vidrios sintéticos que pueden reaccionar expansiva y destructivamente con los álcalis del hormigón. (Tabla 12).

MINERALES Y SUSTANCIAS REACTIVAS	COMPOSICION QUIMICA	NATURALEZA FISICA
Opalo Calcedonia	SiO ₂ nH ₂ O SiO ₂	Amorfa Microcristalina o Criptocristalina. De ordinario fibrosa
Ciertas Formas De Cuarzo	SiO ₂	a) Microcristalina a Criptocristalina b) Cristalina muy fracturada, en tensión y/o llena de inclusiones
Cristobalita Tridimita	SiO ₂ SiO ₂	Cristalina. Cristalina .
Vidrios riolíticos, dacíticos, latíticos o andesíticos, o productos Cripto-Cristalinos de desvitrificación.	Silica, con pequeñas proporciones de Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, Na ₂ O y K ₂ O	Vítrea o criptocristalina como matriz de rocas volcánicas o coo fragmentos en tobas
Vidrios silícicos sintéticos	Silícica, con pequeñas proporciones de alumina, álcalis y otras sustancias.	Vítrea
ROCAS PRINCIPALES QUE PUEDEN CONTENER ALGUNO(S) DE LOS MINERALES PRECEDENTES		
Silex opalinos Silex calcedónicos Silex cuarzosos Calizas silícicas Dolomías silícicas Esquistos silícicos		Riolitas y tobas Dacitas y tobas Andesitas y tobas Filitas Cuarzos y Cuarzitas Fracturados, en tensión o rellenos de inclusiones
Observaciones: Puede haber rocas con alguna de las denominaciones anteriores que por no contener los minerales precedentes, sean inocuas		

Tabla 12: Clasificación de rocas, minerales y vidrios.

Cuando no se tiene experiencia previa del comportamiento activo del agregado, no es posible evaluarlo cabalmente por la carencia de un método rápido y seguro. Usualmente se parte por la investigación petrográfica de los agregados para lo cual se cuenta con la norma ASTM C-295. Sin embargo, este procedimiento no sólo requiere experiencia en los técnicos que lo aplican, sino que además produce únicamente resultados de orientación.

Un método de estudio químico que ha acumulado importantes experiencias para determinar la re actividad potencial de los agregados, es descrito en la norma ASTM C-289. Sin embargo, los resultados que se obtienen no son claros y en la mayoría de los casos se requiere de otro tipo de ensayos.

A pesar de ello, esta norma es de extendida aplicación por la rapidez y facilidad de ejecución, en cuanto mide la reducción de la alcalinidad de una solución de hidróxido de sodio cuando se encuentra en contacto con agregado molturado, determinándose la cantidad de sílice disuelta.

El método más concluyente es el que determina la potencial reactividad alcalina de la combinación de cemento y agregado, que ha sido especificado en la norma

ASTM G-227. La dificultad de este procedimiento está en que requiere un largo proceso, no menor de 6 meses, para determinar el comportamiento del agregado.

El ensayo en esencia es simple. Consiste en preparar un espécimen prismático del mortero, utilizando el agregado en estudio, con granulometría especificada, y un cemento con contenido de álcalis mayor del 0.6%. Los especímenes se conservan en agua a 38°C, midiéndose su expansión luego de 3 a 6 meses. El agregado se considera reactivo, si el incremento de longitud del espécimen es más del 0.05% en el primer caso, y de más del 0.1% al término de la prueba.

La norma de cemento del ASTM C-150 y aquellas que la toman como antecedente, como es el caso de la norma ITINTEC, establece que en caso de utilizarse agregados reactivos puede especificarse cementos de bajo contenido de álcalis, limitados al 0.6% y expresado en óxido de sodio según la relación: $\text{Na}_2 + 0.658\text{K}_2\text{O}$.

La norma ITINTEC de requisitos de los agregados para concreto, restringe esta exigencia opcional al caso de los concretos sujetos a la acción de la humedad, en cuanto la reacción ocurre en presencia del agua.

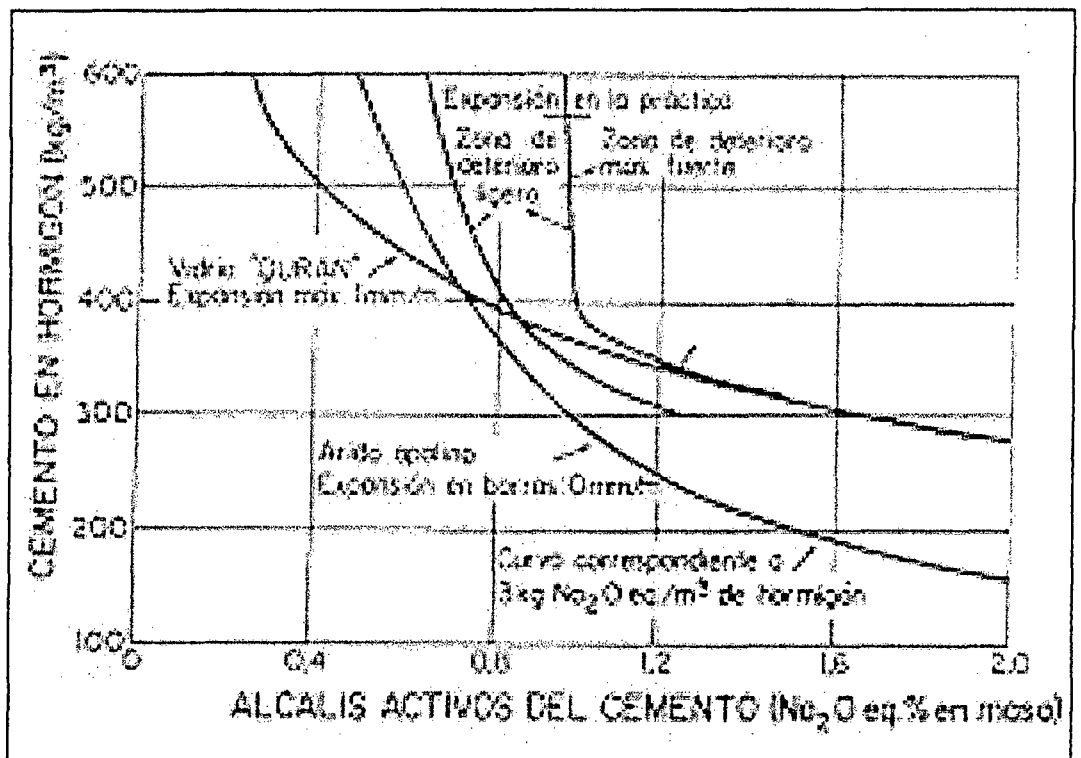
En la última década se ha cuestionado el límite fijado para los cementos de bajo contenido de álcalis, que se considera arbitrario. No todos los álcalis contenidos en el cemento son igualmente disponibles para la reacción. Existe influencia de la forma en que se encuentran los álcalis, sea sal neutra o básica, en la magnitud de la reacción.

Por otra parte, los álcalis que actúan sobre los agregados en el concreto pueden provenir, además del cemento de los mismos agregados del agua y de los aditivos.

Estudios experimentales han establecido que la expansión no siempre es proporcional al contenido de álcalis del cemento. En determinadas circunstancias, los cementos con mayor contenido de álcalis no producen siempre la mayor expansión.

A nivel internacional, excepción de los países que siguen la norma ASTM, no se especifica limitación para los álcalis dentro de las normas de cemento, salvo los casos de Bélgica y otros países como Argentina, Brasil que lo aplican a los cementos resistentes a los sulfatos, y la China, India y Alemania a los cementos de escoria.

En los Estados Unidos, la Agencia Federal de Energía ha propuesto la modificación del límite del 0.6%, considerando que este reducido porcentaje obliga a un alto consumo de energía en la producción del cemento.



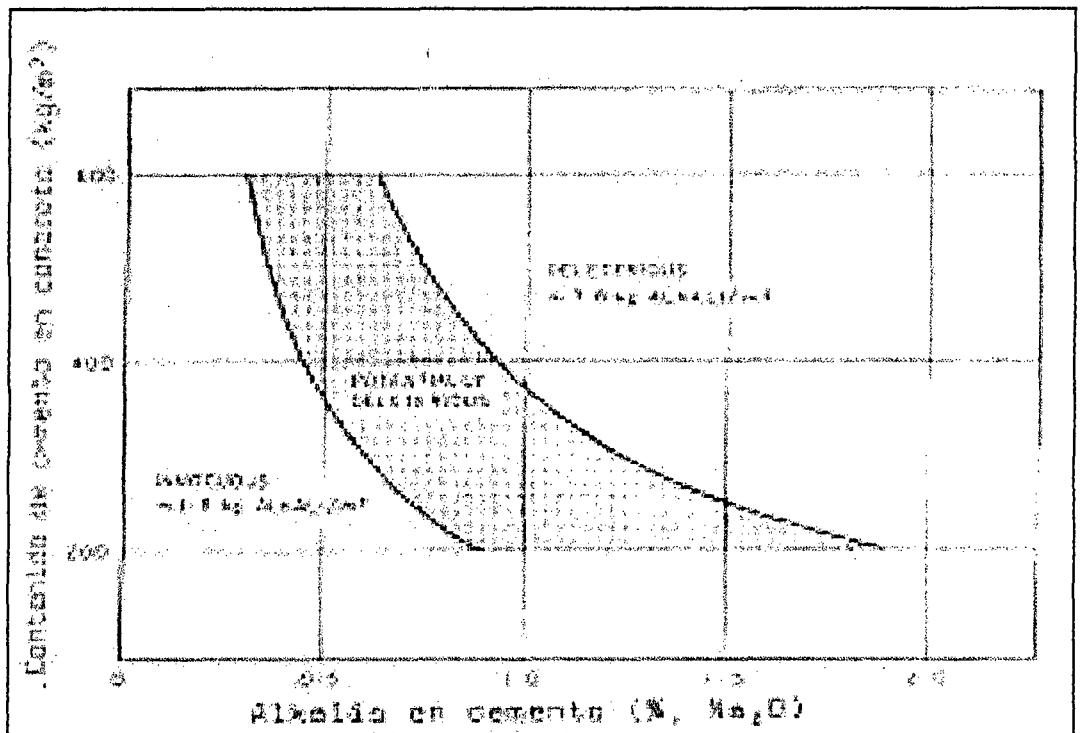
Gráficos 23: Álcalis activos del Cemento.

Dentro de este contexto se ha propuesto modificar el contenido máximo de álcalis de 0.9 01.1%.

La tendencia actual en Europa, específicamente en Alemania y Dinamarca, y en sectores de los Estados Unidos, tiende a dar más responsabilidad al diseño de mezclas, para la selección del cemento, teniendo en cuenta la reactividad del agregado y el contenido de álcalis por unidad de volumen del concreto.

En estudios efectuados por S. Sprungs, adoptando el criterio del contenido de álcalis por m³ del concreto, se concluye que con toda seguridad, con dosificaciones hasta 320 Kg/m³ de cemento rico en álcalis, no hay peligro de expansión. Grafico 24.

En investigaciones desarrolladas en Sudáfrica citados por RE. Oberholster y colaboradores, se establece las relaciones de la Figura 3, que determinan que por encima de 13.8 Kg. de álcalis por m³, se presenta la reacción, siendo inocuas contenidos menores de 1.8 Kg. y quedando entre ambos valores una franja de potencial reactividad.



Gráficos 24: Contenido de cemento vs. Álcalis en el concreto.

Reacción Álcali-Carbonato:

Este tipo de reacción se produce por los álcalis del cemento que actúan sobre ciertos agregados calcáreos, como por ejemplo los calcáreos de grano fino que contienen arcillas, que son reactivos y expansivos. Este fenómeno se presenta de preferencia cuando el concreto está sometido a atmósfera húmeda. Se ha planteado que la expansión se debe a la transformación de la dolomita en calcita y

brucita, fuertemente expansiva, que tiene la forma de un gel que origina la presión interna debida al crecimiento de los cristales.

Para apreciar las posibilidades expansivas de los materiales calcáreos se utiliza la norma ASTM 586 "Potential alkali reactivity of carbonate rocks for concrete aggregates (rock cylinder method)".

Reacción Álcali-Silicato.

Este tipo de reacción no debe ser confundida con aquellas otras comprendidas dentro de la denominación álcali-agregados. Sin embargo, en algunos casos puede presentarse conjuntamente con la reacción álcali-sílice. Se caracteriza porque progresa más lentamente y forma gel en muy pequeña cantidad. Se estima que esta reacción se debe a la presencia de ciertos filosilicatos.

En general, el conocimiento de este complejo fenómeno es incipiente y no se ha llegado a conclusiones definitivas sobre el mecanismo de expansión y el deterioro que ocasiona.

Medidas Recomendables

Estos estudios y ensayos pueden ser los siguientes, basados en las Normas ASTM:

ESTUDIO O ENSAYO	RESULTADO	DECISIÓN
1) Informe petrográfico según ASTM C 295: "Recommended practice for petrographic examination of aggregates for concrete"	Ausencia de minerales potencialmente reactivos. Presencia de minerales potencialmente reactivos	Utilizarlos con cualquier cemento. Proceder según 2.
2) Ensayo ASTM C 289: "Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method)"	$R_c > 70$ y $S_c > R_c$ $R_c > 70$ y $S_c > 35 + R_c/2$ Si no se da ninguna de ambas circunstancias	Proceder según (2) Utilizarlos con cualquier cemento.
2) Ensayo ASTM C 227. "Potential alkali reactivity of cement-aggregate"	La expansión no rebasa los límites de la norma ASTM C 33 "Concrete Aggregates, Appendix: Methods for evaluating potential reactivity of an aggregate" La expansión rebasa los límites de la norma ASTM C 33.	Utilizarlos con cualquier cemento Proceder según 4.
4. a) proceder al diseño de mezclas y determinar el contenido de álcalis por m ³ de concreto. b) utilizar cementos puzolanicos c) añadir al concreto inhibidores de la reacción d) sustituir total o parcialmente el agregado reactivo. e) utilizar cementos de limitado contenido de álcalis		

Cuadro 8: Estudios y Ensayos ASTM.

RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS.¹⁰

De la resistencia mecánica.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregados, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 k/cm².

Por esta razón no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos, la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y, por excepción, en los agregados descompuestos o alterados.

Pocas veces se determina la resistencia de compresión de los agregados; en estos casos, se evalúa la resistencia de la roca en probetas talladas para la prueba. Los resultados obtenidos no son indicativos, por la influencia intrínseca de los posibles planos débiles de la roca y lo incierto de extrapolar valores a las partículas fragmentadas.

Eventualmente, se emplea un ensayo de aplastamiento o trituración, colocando la muestra de granulometría normalizada dentro de un molde cilíndrico y sometiéndolo a compresión por intermedio de un émbolo en la máquina de prueba.

La calificación del agregado se realiza por análisis granulométrico, para definir el porcentaje fragmentado en el ensayo. Por las limitaciones del método, su uso ha quedado restringido a los agregados ligeros.

¹⁰ Laboratorio de Ensayo de Materiales – FIC – UNI Tecnología del concreto para Residentes, Supervisores y Proyectistas. Lima – Perú – 2006.

También se practica el ensayo de resistencia al impacto evaluando la propiedad conocida como "tenacidad". El ensayo consiste en determinar la altura mínima desde la cual un peso normalizado produce la rotura de una muestra cilíndrica de roca. Esta prueba, que se origina en los tiempos de las carretas con ruedas de acero, constituyó la norma ASTM D 318, que fue anulada en 1965.

Pruebas de desgaste.

En la mayoría de las normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión. En Norteamérica, la más generalizada es el denominado Ensayo de Los Ángeles, consistente en colocar una muestra de agregado con granulometría especificada en un cilindro rotatorio horizontal, conjuntamente con un número de bolas de acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas.

El porcentaje de material fragmentado constituye un indicador de calidad. El Ensayo de Los Ángeles está normalizado por el ASTM, pues el ensayo tradicional de Dewal fue anulado en 1971.

Los resultados han evidenciado correlación con el comportamiento del concreto en pavimentos. Por otra parte, se estima como un indicador de la calidad del agregado.

Los métodos de ensayo.

Existen dos métodos de ensayo que corresponden a agregados gruesos mayores de 3/4", que comprenden tamaños hasta de 3"; y para agregados menores de 1 1/2". El ASTM denomina estas normas como C 535 y C 131.

La muestra de ensayo debe corresponder a las graduaciones establecidas en las tablas 1 y 2 según sea el caso.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm. (1 7/8") de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 g. La muestra, conjuntamente con la carga abrasiva, se coloca en la máquina de Los Ángeles y se

le hace rotar durante 500 revoluciones, en el caso del agregado más pequeño; y a 1,000 revoluciones en el otro.

Se debe cuidar que la máquina tenga una velocidad periférica uniforme. Cuando se produce una pérdida de carrera en el mecanismo motriz, los resultados de ensayo varían apreciablemente.

Cuando se desea obtener información sobre la uniformidad del agregado, se determina la pérdida que se produce después del 20% de las revoluciones normalizadas, que en relación a la pérdida obtenida al término de la prueba, no deberá exceder en más de 0.2 si el material es de dureza uniforme.

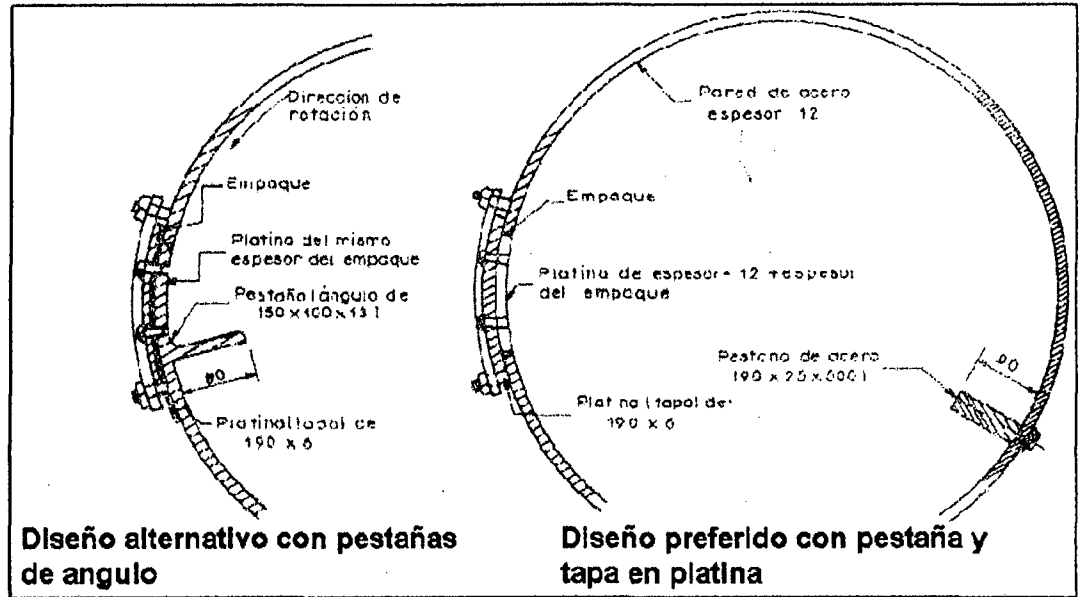
La pérdida de material después del ensayo se determina tamizando la porción final en la malla N° 12. La diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo se expresará como porcentaje del peso original. La norma ASTM determina como límite admisible en los agregados un índice máximo del 50%.

Cantidad de Muestras en Gramos				
Tamiz		Gradación		
Pasa	Retenido	1	2	3
76,1 mm	64,0 mm	2500 ± 50	—	—
64,0 mm	50,8 mm	2500 ± 50	—	—
50,8 mm	38,1 mm	5000 ± 50	5000 ± 50	—
38,1 mm	25,4 mm	—	5000 ± 25	5000 ± 25
25,4 mm	19,0 mm	—	—	5000 ± 25
Total		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

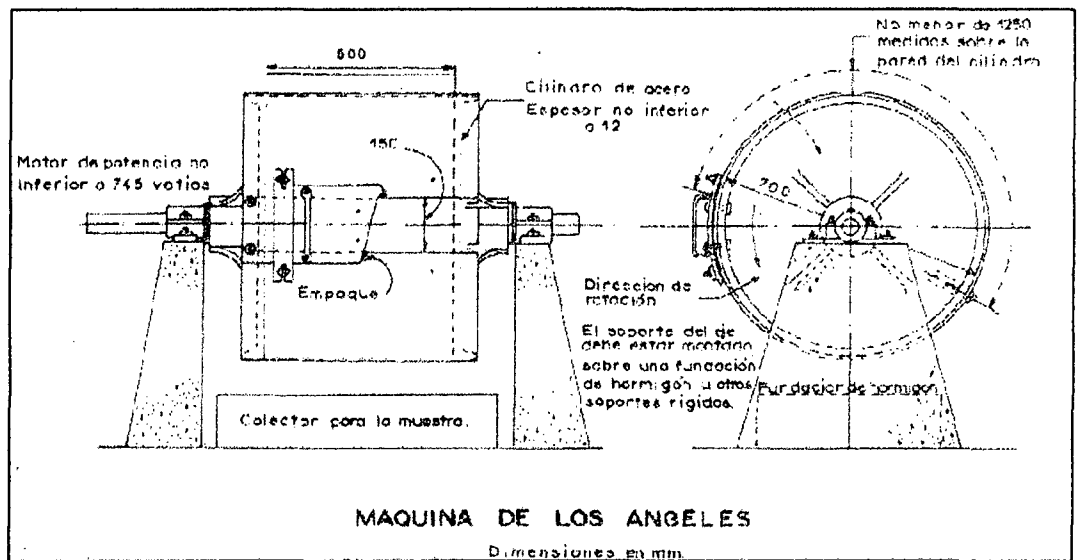
Cuadro 9: Límites admisibles en agregados 1 - ASTM.

Cantidad de Muestras en Gramos					
Tamiz		Gradación			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
38,1 mm	25,4 mm	1250 ± 25	—	—	—
25,4 mm	19,0 mm	1250 ± 25	—	—	—
19,0 mm	12,7 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—
12,7 mm	9,51 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—
9,51 mm	6,35 mm	—	—	2500 ± 10	—
6,35 mm	4,76 mm	—	—	2500 ± 10	—
4,76 mm	2,38 mm	—	—	—	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Cuadro 10: Límites admisibles en agregados 2 - ASTM.



Gráficos 25: Máquina de los Ángeles – Tambor.



Gráficos 26: Máquina de los Ángeles.

Los agregados y la durabilidad del concreto.

El comportamiento de los agregados en condiciones especiales puede causar la alteración del concreto, afectando su durabilidad. Se han estudiado con detalle las reacciones químicas entre la sílice activa de algunos agregados y los álcalis del cemento.

Este fenómeno, conocido como reacción álcali/agregado, es general en los Estados Unidos, pero no se ha observado en el Perú. En regiones donde se producen heladas, se verifica la desintegración del concreto por fenómenos de

orden físico, debidos a la expansión del agua contenida en el agregado, al pasar al estado sólido.

La estabilidad de los agregados.

El comportamiento de los agregados en los concretos sujetos a la acción de las heladas se evalúa por el conocimiento de su comportamiento histórico en obras similares.

Cuando esto no es posible, o se quiere una opinión más sustentada, se recomienda efectuar una de las pruebas siguientes:

El ensayo de congelamiento o de inmersión en sulfato de magnesio o de sodio. En ambos casos se trata de establecer una similitud entre el ensayo y la realidad.

El comportamiento del concreto expuesto a la congelación guarda relación con la estructura de poros de los agregados. En efecto, si el agregado tiene un alto coeficiente de absorción, puede ocurrir que cuando el agua pasa del estado líquido al sólido por el congelamiento, la expansión de volumen provoca tensiones internas muy elevadas, que ocasionan el agrietamiento o desintegración del concreto.

Una prueba de evaluación consiste en someter el agregado a una serie de ciclos de congelación y de hielo.

El ASTM ha normalizado el ensayo C-88, por el cual una muestra de agregado de granulometría especificada se coloca en una solución saturada de sulfato de sodio o de magnesia, determinando su alteración.

Se estima que la formación de los cristales de sal en la estructura capilar del agregado se realiza con incremento de volumen, sometiendo el agregado a condiciones similares a las que se presentan en el caso de las heladas.

Existen serias discrepancias sobre el grado de correlación existente entre el ensayo y la realidad.

De las muestras.

El agregado fino para el ensayo se pasará por una malla de 3/8" (9.51 mm) y tendrá un tamaño que asegure que queden por lo menos 100 g. en cada una de las mallas siguientes:

Pasa la malla	Retenido en malla.
3/8" (9,51 mm)	4 (4,76 mm)
4 (4,76 mm)	8 (2,38 mm)
8 (2,38 mm)	16 (1,19 mm)
16 (1,19 mm)	30 (595 micrones)
30 (595 micrones)	50 (297 micrones)

TAMAÑO NOMINAL (Mallas de Abertura Cuadrada)

3/4" a 3/8" (19,0 mm a 9.51 mm) 1000 gr.

3/8" al N° 4 (9,51 mm a 4,76 mm) 300 gr.

Consisten de:

Material de 3/4" a 3/8" (19,0 a 12,7 mm) 67%

Material de 1/2" a 3/8" (12,7 a 9,51 mm) 33%

1 1/2" a 3/4" (38,1 a 19,0 mm) 1500 gr.

Consisten de:

Material de 1 1/2" a 1" (38,1 a 25,4 mm) 67%

Material de 1" a 3/4" (25,4 a 19,0 mm) 33%

2 1/2" a 1 1/2" (64,0 a 38,1 mm) 3000 gr.

Consisten de:

Material de 2 1/2" a 2" (64,0 a 50,8 mm) 50%

Material de 2" a 1 1/2" (50,8 a 38,1 mm) 50%

Para tamaños mayores se aumentará el tamaño del cedazo en incrementos de 1"; para cada fracción 3000 gr.

Del método de ensayo.

La muestra se sumerge en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, preparado de acuerdo a la norma, durante no menos de 16 horas ni más de 18 horas, de manera que quede totalmente cubierta por la solución.

Después de cumplido el período se retira la muestra dejándola escurrir y llevándola a un horno de 110°C. La muestra a temperatura ambiente se somete a un nuevo período de inmersión, repitiéndose este ciclo el número de veces requerido.

La interpretación del ensayo se efectúa de manera cualitativa y cuantitativa. En el primer caso, se examinan las partículas mayores de 3/4" después de cada ciclo, determinando su estado y clasificándolo según su desintegración, agrietamiento, hendidura, exfoliación y desmoronamiento.

La evaluación cuantitativa del ensayo se realiza por un promedio compensado, calculado a partir del porcentaje de pérdida para cada fracción granulométrica, teniendo como base la graduación de la mezcla antes del ensayo. Las especificaciones ASTM, establecen como máximo aceptable para la prueba de sulfato de magnesio en 18% y en el caso de sulfato de sodio el 12%.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO¹¹.

PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE PESO NORMAL.

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).

¹¹ Neville, A.M. y Brooks, J.J.: Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F. 1998.

b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

Aunque se han realizado gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas, en buena parte permanece como un procedimiento empírico. Y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño, están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad especificada así como una trabajabilidad apropiada.

Además es asumido que si se logran estas dos propiedades las otras propiedades del concreto también serán satisfactorias (excepto la resistencia al congelamiento y deshielo u otros problemas de durabilidad tales como resistencia al ataque químico). Sin embargo antes de pasar a ver los métodos de diseño en uso común en este momento, será de mucha utilidad revisar, en más detalle, las consideraciones básicas de diseño.

CONSIDERACIONES BASICAS.¹²

Economía.

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido.

¹² Polanco Rodríguez, Abraham: Manual de Practicas de Laboratorio de Tecnología del Concreto. Universidad Autónoma de chihuahua. México. 2005.

Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto.

En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior).
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto será una consideración crítica.

La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra. Como discutiremos en capítulos posteriores, debido a la variabilidad inherente del concreto, la resistencia promedio del concreto producido debe ser más alta que la resistencia a compresión mínima especificada. Al menos en pequeñas obras, podría ser más barato “sobrediseñar” el concreto que implementar el extenso control de calidad que requeriría un concreto con una mejor relación costo – eficiencia.

Trabajabilidad.

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua

requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento.

Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

Resistencia y durabilidad.

En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles.

Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño.

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo o ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos.

Entonces, el proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con todos los requisitos antes vistos. Asimismo debido a que no todos los requerimientos pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad).

Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.¹³

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO.

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

1. Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
2. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).
3. Elección del Asentamiento (Slump).
4. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
7. Cálculo del contenido de cemento.
8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
9. Ajustes por humedad y absorción.
10. Cálculo de proporciones en peso.
11. Cálculo de proporciones en volumen.
12. Cálculo de cantidades por tanda.

¹³ ASOCEM. Boletines Técnicos. Lima – Perú. 2009.

1. Especificaciones técnicas.¹⁴

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

2. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).

2.1. Cálculo de la desviación estándar.

Método 1

Si se posee un registro de resultados de ensayos de obras anteriores deberá calcularse la desviación estándar. El registro deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño f'_{c} que este dentro del rango de ± 70 kg/cm² de la especificada para el trabajo a iniciar.

Si se posee un registro de 3 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Dónde:

s = Desviación estándar, en kg cm².

X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en kg cm².

\bar{X} = Resistencia promedio de n probetas, en kg cm².

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia.

¹⁴ Abanto Castillo, Flavio: Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos. Lima – Perú. 2004.

c) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculará con la siguiente fórmula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Dónde:

\bar{s} = Desviación estándar promedio en kg cm².

s_1, s_2 = Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg cm².

n_1, n_2 = Número de ensayos en cada grupos, respectivamente.

Método 2

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculara la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicara por el factor de corrección indicado en la tabla 13 para obtener el nuevo valor de “s”.

El registro de ensayos a que se hace referencia en este Método deberá cumplir con los requisitos a), b) del método 1 y representar un registro de ensayos consecutivos que comprenda un periodo de no menos de 45 días calendario.

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCION
menos de 15	Usar tabla 2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Tabla 13: Factores de Corrección.

2.2. Cálculo de la resistencia promedio requerida.

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida (f'_{cr}) se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (1) y (2).

La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada f'_c . La ecuación (2) proporciona una probabilidad de similar de que ensayos individuales estén 35kg cm2 por debajo de la resistencia especificada f'_c .

a) Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 s \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

s = Desviación estándar, en kg cm2.

b) Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla 14 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Tabla 14: Resistencia a la compresión promedio.

3. Elección del asentamiento (Slump).

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Consistencia	Asentamiento
Seca Plástica Fluida	0" (0mm) a 2" (50mm) 3" (75mm) a 4" (100mm) ≥ 5" (125mm)

Tabla 15: Consistencia y Asentamiento.

Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 16 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Tabla 16: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

4. Selección de tamaño máximo del agregado.

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

La *Norma Técnica de Edificación E. 060* prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40 mm (1½"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.

La tabla 17, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en lt/m^3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50	(1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	(3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	(6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50	(1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	(3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180	(6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Tabla 17: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximos de agregados.

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm. (1½") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1½") por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½'') antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½'') debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½''). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa, la tabla 17 no toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Debemos hacer presente que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar algo por encima o por debajo de dichos valores.

Al mismo tiempo, podemos usar la tabla 18 para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración, además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo. Los valores de la tabla 18 corresponden a mezclas sin aire incorporado.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m^3 , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
		25mm a 50mm (1"-2")		75mm a 100mm (3"-4")		150mm a 175mm (6"-7")	
mm.	Pulg.	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso	Agregado redondeado	Agregado anguloso
9.5	3/8"	185	212	201	227	230	250
12.7	1/2"	182	201	197	216	219	238
19.1	3/4"	170	189	185	204	208	227
25.4	1"	163	182	178	197	197	216
38.1	1½"	155	170	170	185	185	204
50.8	2"	148	163	163	178	178	197
76.2	3"	136	151	151	167	163	182

Tabla 18: Contenido de agua de mezcla.

La tabla 18 nos muestra también el *volumen aproximado de aire atrapado*, en porcentaje, a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y los promedios recomendados del contenido total de aire, en función del grado de exposición, para concretos con aire incorporado intencionalmente por razones de durabilidad a ciclos de congelamiento y deshielo, agua de mar o sulfatos.

Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts / m}^3\text{)}}{\text{Peso específico del agua (1000 kg / m}^3\text{)}}$$

6. Elección de la relación agua/cemento (a/c).

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

6.1. Por resistencia.

Para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 19.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Tabla 19: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 19. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

6.2. Por durabilidad.

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación

y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 20.

CONDICIONES DE EXPOSICION	RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁXIMA.
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45

Tabla 20: Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición.

(*) La resistencia $f'c$ no deberá ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad.

METODO DE FÜLLER:¹⁵

Este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplan con la Norma ASTM C 33. Asimismo se debe usar para dosificaciones con más de 300 kg. de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos del agregado grueso comprendido entre 20mm (3/4") y 50mm (2").

$$\text{Relación: } a/c = \frac{1}{Z}, Z = K1. Rm + 0.5$$

Dónde:

¹⁵ Pasquel Carbajal, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. CIP Concejo Nacional. 1998.

KI: Factor que depende de la forma del agregado. De 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada y de 0.0045 a 0.0070 para piedra redondeada.

Rm: Resistencia promedio requerida.

7. Cálculo del contenido de cemento.

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

$$\text{Contenido de cemento (kg / m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts / m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (para } f'_{cr}\text{)}}$$
$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg / m}^3\text{)}}$$

8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

METODO DE FÜLLER:

Ley de Füller:

$$P_d = 100 \sqrt{d/D}$$

Dónde:

Pd : % que pasa por la malla d.

d : Abertura de la malla de referencia.

D : Tamaño máximo del agregado grueso.

La relación arena/agregado, el volumen absoluto, se determina gráficamente:

- Se dibujan las curvas granulométricas de los 2 agregados.
- En el mismo papel, se dibuja la parábola de Füller (Ley de Füller).
- Por la malla N° 4 trazamos una vertical la cual determinará en las curvas trazadas 3 puntos.

A= % Agregado fino que pasa por la malla N° 4.

B= % Agregado grueso que pasa por la malla N° 4.

C= % Agregado ideal que pasa por la malla N° 4.

Si llamamos:

a : % en volumen absoluto del agregado fino dentro de la mezcla de agregados.

b : % en volumen absoluto del agregado grueso dentro de la mezcla de agregados.

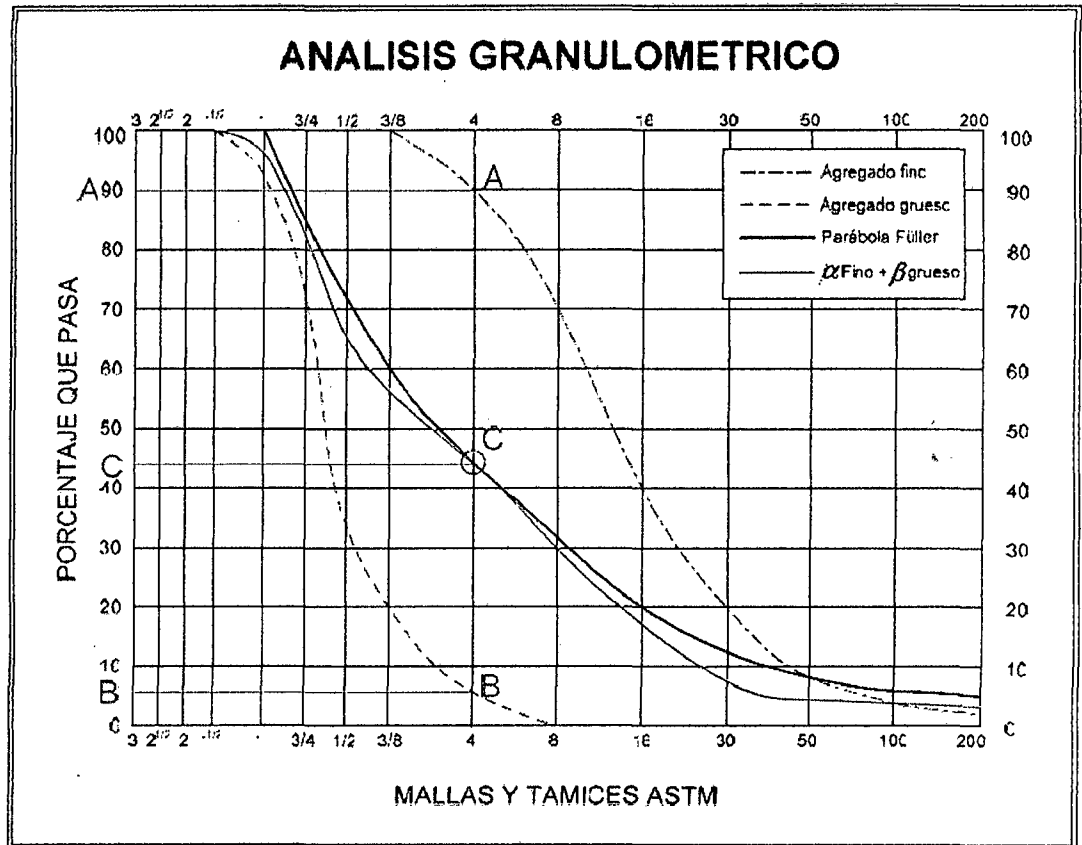


Tabla 21: Proporcionamiento de agregados. Método de Fuller.

La figura 21 nos muestra un ejemplo de la determinación de las proporciones de agregado fino y agregado grueso en relación al volumen total de agregados por metro cúbico de concreto.

Entonces:

$$\alpha = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

$$\beta = 100 - \alpha$$

Teniendo los valores de a y b podemos calcular el volumen de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{\alpha}{100} \times \text{Vol. total de agregados (m}^3\text{)}$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\beta}{100} \times \text{Vol. total de agregados (m}^3\text{)}$$

Obtenidos los volúmenes de agregado fino y grueso dentro de un metro cúbico de concreto, calculamos los pesos de agregado fino y grueso para un metro cúbico de concreto:

Peso agregado fino (kg /m3) = (Vol. agregado fino) (Peso específico del ag. fino).

Peso agregado grueso (kg /m3) = (Vol. agregado grueso) (Peso específico del ag. grueso).

METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI:¹⁶

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 22, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla 22 permite obtener un coeficiente b / b_0 resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/ m3.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MÓDULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 22: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

¹⁶ American Concrete Institute – Capítulo Peruano. Tecnología del Concreto. Lima – Perú. 1998.

* Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29. Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales. Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aprox. Para concretos más trabajables, tales como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

Obtenido b / b_0 procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Peso seco del A. grueso (kg / m}^3\text{)} = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. agregado grueso})$$

Por consiguiente el peso seco del agregado fino será:

$$\text{Peso agregado fino (kg / m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino}) (\text{Peso específico del agregado fino})$$

METODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS:¹⁷

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la tabla 23.

¹⁷ Sandoval Ocaña, Guillermo. Apuntes de Clase del Curso de Tecnología del Concreto. Universidad de Piura. Perú. 2006.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm.	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Tabla 23: Modulo de Fineza de la combinación de agregados.

* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

** Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

De la tabla 23 obtenemos el módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c), al mismo tiempo contamos, previamente, con valores de los módulos de fineza del agregado fino (m_f) y del agregado grueso (m_g), de los cuales haremos uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Dónde:

r_f : Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento}).$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{r_f}{100} \times (\text{Vol. total de agregados})$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \text{Vol. total de agregados} - \text{Vol. agregado fino}$$

Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

Peso agregado fino (kg /m3) = (Vol. agregado fino) (Peso específico del agregado fino).

Peso agregado grueso (kg /m3) = (Vol. agregado grueso)(Peso específico del ag. grueso).

METODO DE WALKER:¹⁸

La tabla 24, elaborado por Walter, permite determinar el porcentaje aproximado de agregado fino en relación al volumen total de agregados, en función del módulo de fineza del agregado fino, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el perfil del mismo y el contenido de cemento en la unidad cúbica de concreto.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Agregado Redondeado				Agregado Angular			
		Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
mm.	Pulg.	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4									
10	3/8	60	57	54	51	69	65	61	58
12.5	1/2	49	46	43	40	57	54	51	48
20	3/4	41	38	35	33	48	45	43	41
25	1	40	37	34	32	47	44	42	40
40	1 1/2	37	34	32	30	44	41	39	37
50	2	36	33	31	29	43	40	38	36
70	3	34	32	30	28	41	38	36	34
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7									
10	3/8	66	62	59	56	75	71	67	64
12.5	1/2	53	50	47	44	61	58	55	53
20	3/4	44	41	38	36	51	48	46	44
25	1	42	39	37	35	49	46	44	42
40	1 1/2	40	37	35	33	47	44	42	40
50	2	37	35	33	32	45	42	40	38
70	3	35	33	31	30	43	40	38	36
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1									
10	3/8	74	70	66	62	84	80	76	73
12.5	1/2	59	56	53	50	70	66	62	59
20	3/4	49	46	43	40	57	54	51	48
25	1	47	44	41	38	55	52	49	46
40	1 1/2	44	41	38	36	52	49	46	44
50	2	42	38	36	34	49	46	44	42
70	3	39	36	34	32	46	43	41	39

Tabla 24: Porcentaje de agregado de fino.

¹⁸ Rivva López, Enrique. Diseño de Mezclas. Lima – Perú. 1996.

* Los valores de la Tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

** Los valores corresponden a agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

De la tabla obtenemos el valor de α (porcentaje de agregado fino), con el cual procedemos de la siguiente manera:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{\alpha}{100} \times (\text{Vol. total de agregados})$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \text{Vol. total de agregados} - \text{Vol. agregado fino}$$

Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

Peso agregado fino (kg /m³) = (Vol. agregado fino) (Peso específico del agregado fino).

Peso agregado grueso (kg /m³) = (Vol. agregado grueso) (Peso específico del ag. grueso).

9. Ajustes por humedad y absorción.

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectada por el contenido de humedad de los agregados.

Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad.

Por otro lado si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión.

Por lo tanto estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Por lo tanto:

Si:

Agregado Grueso	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{ absorcion} = \%a_g \end{array} \right.$
Agregado Fino	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{ absorcion} = \%a_f \end{array} \right.$

Pesos de agregados húmedos:

$\text{Peso A. grueso húmedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$
$\text{Peso A. fino húmedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$

Agua Efectiva:

$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100}\right) = X$
$\text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100}\right) = Y$
$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$

10. Cálculo de las proporciones en peso.

Cemento : agregado fino : agregado grueso / agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino húmedo}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso húmedo}}{\text{Peso cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

11. Cálculo de las proporciones en volumen.

11.1. Datos necesarios:

Peso unitario suelto del cemento (1500 kg m³).

Pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso (en condición de humedad a la que se ha determinado la dosificación en peso).

11.2. Volúmenes en estado suelto:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & : \text{Vol. cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso cemento (kg)}}{\text{P.U. cemento (1500kg/m}^3\text{)}} \\ \text{Agregado fino} & : \text{Vol. Ag. fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ag. fino húmedo (kg)}}{\text{P.U. fino húmedo (1500kg/m}^3\text{)}} \\ \text{Agregado grueso} & : \text{Vol. Ag. grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ag. grueso húmedo (kg)}}{\text{P.U. grueso húmedo (1500kg/m}^3\text{)}} \end{aligned}$$

En el caso del **agua**, éste se calculará en litros por bolsa de cemento (Lts / Bls), se la siguiente manera:

$$\text{Agua (Lts/ Bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\left(\frac{\text{Peso cemento por m}^3 \text{ de C}^\circ}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5)}} \right)}$$

11.3. Proporciones en volumen:

$$\begin{array}{l} \text{Cemento} \quad : \quad \text{agregado fino} \quad : \quad \text{agregado grueso/agua (Lts/Bls)} \\ \hline \text{Vol. cemento} \quad : \quad \text{Vol. Ag. fino} \quad : \quad \text{Vol. Ag. grueso / Agua (Lts/Bls)} \\ \hline \text{Vol. cemento} \quad \quad \text{Vol. cemento} \quad \quad \text{Vol. cemento} \\ \text{C} \quad : \quad \text{F} \quad : \quad \text{G} \quad / \quad \text{A} \end{array}$$

12. Cálculo de cantidades por tanda:

12.1. Datos necesarios:

- Capacidad de la mezcladora.
- Proporciones en volumen.

12.2. Cantidad de bolsas de cemento requerido:

$$\text{Cant. de bls de requerida} = \frac{(\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)}) (0.0283 \text{ m}^3) (\text{Peso cemento (kg)})}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5 kg)}}$$

12.3. Eficiencia de la mezcladora:

Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la *cantidad de bolsas de cemento por tanda* será igual a un número entero menor a la *cantidad de bolsas requerida* por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento por tanda}}{\text{Cantidad de bolsas requerido}} \times 100$$

12.4. Volumen de concreto por tanda:

$$\text{Vol. de } C^o \text{ por tanda} = \left(\text{Capacidad mezcladora (pie}^3 \text{)} \right) \left(0.0283 \text{ m}^3 \right) \left(\frac{\text{Eficiencia (\%)}}{100} \right)$$

12.5. Cantidades de materiales por tanda:

Teniendo las proporciones en volumen (C : F : G / A), calculamos las cantidades de materiales por tanda:

- Cemento : $1 \times 2 = 2$ bolsas.
- Agregado fino : $F \times 2 =$ Cantidad de A. fino en m^3 .
- Agregado grueso : $G \times 2 =$ Cantidad de A. grueso en m^3 .
- Agua : $A \times 2 =$ Cantidad de agua en Lts .

2.5.3. Terminología Básica.

ABRACION: Desgaste mecánico de agregados gruesos y rocas resultante de la fricción o impacto dentro de la máquina denominada LOS ANGELES, la que rota alrededor de su eje.

ABSORCION: Agua que es retenida en el suelo o roca, después de 24 h.

ADHESION: Resistencia al corte entre el suelo y otro material cuando la presión que se aplica externamente es cero.

ADHESIVIDAD: (de los ligantes bituminosos a los áridos finos) En base al procedimiento Riedel Weber se determina la adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos.

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

AGLOMERANTE: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

AGREGADO: Un material granular duro de composición mineralógica, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO ANGULAR: Son aquellos que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.

AGREGADO BIEN GRADUADO: Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral con el objeto de obtener una mezcla bituminosa con un contenido de vacíos controlado y alta estabilidad.

AGREGADO DE GRADACION ABIERTA: Agregado que contiene poco o ningún relleno mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.

AGREGADO DE GRADACION FINA: Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan estas últimas.

AGREGADO DE GRADACION GRUESA: Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños gruesos.

AGREGADO DENSAMENTE GRADADO: Agregado con una distribución de tamaños de partícula tal que cuando es compactado, los vacíos que resultan entre las partículas, expresados como un porcentaje del espacio total ocupado, son relativamente pequeños.

AGREGADO FINO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

AGREGADO GRUESO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes.

Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

AGREGADO PARA CONCRETO: Se define como un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre límites normalizados.

AGREGADO REACTIVO: Material que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de solución o hidratación del cemento Pórtland en morteros y/o concretos bajo condiciones ordinarias de exposición, dando como resultado en algunos casos expansión perjudicial, rajaduras o manchado.

AGREGADO RECICLADO: Material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados y complementados con otros faltantes.

AGUA ABSORBIDA: Agua que es retenida mecánicamente en el suelo o roca.

AGUJAS DE GILLMORE: Es un aparato que se utiliza para determinar los tiempos de fraguado.

AHUELLAMIENTO: Surcos que pueden desarrollarse sobre un pavimento en las huellas de las ruedas. Los ahuellamientos pueden ser el resultado de una consolidación o movimiento lateral de una o más capas del pavimento bajo efectos del tránsito, o pueden ser generados por un desplazamiento de la superficie misma del pavimento.

Pueden ocurrir en pavimentos asfálticos nuevos que han tenido muy poca compactación durante su construcción, o como resultado del movimiento plástico de una mezcla que tiene muy poca estabilidad para resistir el movimiento vehicular.

AIRE INCORPORADO: Burbujas microscópicas de aire intencionalmente incorporadas por un aditivo en morteros o concretos durante el mezclado, generalmente mediante el uso de un agente activo de superficie; típicamente burbujas entre 10 μm (0,01 mm) y 1 000 μm (1 mm), de forma esférica o aproximadamente esférica.

ALUVIAL (aluvional): Suelo o Roca que ha sido transportado en suspensión por el agua y luego depositado sedimentándose.

ANALISIS GRANULOMETRICO O MECANICO: Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

ARENA: Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

ARENA MOVEDIZA (quicksana): Condición según lo cual el agua fluye hacia arriba con velocidad suficientemente como para reducir significativamente la capacidad de soporte del suelo con un decrecimiento de su presión intergranular.

ARCILLAS: Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

AUTOCLAVE: Aparato que se usa para determinar la expansión potencial de un cemento.

BANCO DE GRAVA: Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclada en mayor o menor cantidad con material fino, como la arena o la arcilla, resultando en diferentes combinaciones; por ejemplo arcilla gravosa, arena gravosa, grava arcillosa, grava arenosa, etc.

BARRENO: Instrumento en forma de espiral, con un elemento helicoidal.

BLAINE (finura): Que corresponde a un material pulverulento, como un cemento y/o puzolana y que se expresa como área superficial en cm^2/gramo .

BOLONERIA: Fragmento rocoso, usualmente redondeadas por el intemperismo o la abrasión, con una dimensión promedio de más de 12" (305 mm).

CANTERA: Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

CANTO RODADO: Partícula de roca redondeada o semi-redondeada que pasa la zaranda de 3" y son retenidas en la malla N° 4.

CAPA DE BASE: La capa de material que se encuentra inmediatamente debajo de la capa superficial o la capa intermedia (binder).

Puede estar compuesta de roca triturada, grava y arena triturada, o cualquier combinación de estos materiales.

CARBURO DE CALCIO: Material utilizado en instrumentos destinados a medir el porcentaje (%) de humedad de suelos, materiales, etc., en forma rápida y muy aproximada.

CEMENTO PORTLAND: Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

CEMENTO (Portland) TIPOS:

Tipo I: Es el común para todo uso de construcción.

Tipo II: Resistente moderadamente a los sulfatos

Tipo III: De alta resistencia inicial.

Tipo IV: Que desarrolla su velocidad de resistencia y velocidad lenta

Tipo V: Que resista la acción de los sulfatos.

CHANCADO (Triturado): La porción total sin tamizar que resulta de un triturador de piedra.

COLOIDALES (partículas): Tamaño tan pequeños que ejercen una actividad superficial apreciable sobre las propiedades del agregado.

CONCRETO: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

CONGLOMERADO: Roca sedimentaria clástica, compuesta de cantos rodados cementados en una matriz fina que puede ser calcárea o silicosa.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

CUARTEO: Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra.

CURVA GRANULOMÉTRICA: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado.

Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

DENSIDAD: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

DESINTEGRACIÓN: Separación progresiva de partículas de agregado en el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. La desintegración puede ser causada por falta de compactación, construcción de una capa muy delgada en periodos fríos, agregado sucio o desintegrables, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO: Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.

DRILL: Máquina o pieza de equipo diseñado para penetrar en la tierra o formación de roca.

DUREZA: Resistencia superficial que presentan los materiales a ser rayados.

DUREZA BRINELL: Ensayo para determinar la resistencia a la penetración de una esfera dura dentro de la superficie.

ELASTICIDAD: Propiedad del material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa.

ENSAYO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS: Procedimiento para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados que se emplearán en la elaboración de concretos y morteros.

EQUIVALENTE DE ARENA: Proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo (sucio) o material arcilloso en los suelos o agregados finos.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO: Una estructura de pavimento con todas sus capas compuestas de mezclas de asfalto y agregado, o con una combinación de

capas de asfalto y capas de agregado sin tratar, colocadas sobre una subrasante tratada o sin tratar.

FINOS: Porción del agregado fino o suelo que pasa la malla N° 200 (0,074 mm).

FISURA: Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

GRANULOMETRÍA: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

GRAVA: es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos proviniendo generalmente de canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural.

GRAVEDAD ESPECIFICA (agregado grueso):

$$(Gr, Sp) = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen Aparente}}$$

Tipos:

$$\text{a) Gravedad Específica Aparente} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen Aparente}}$$

$$\text{b) Gravedad Específica Nominal} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen Nominal}}$$

Significa lo anterior que para (a), será necesario calcular el volumen aparente que está dado por los vacíos accesibles al agua y que para (b), hay que excluir aquellos vacíos.

GRIETA (crack): Pequeña fractura que es pequeña con respecto a la dimensión del área en la cual cierre.

HIDRATACION: Formación de un compuesto por combinación de agua en otras sustancias.

HUMEDAD: Porcentaje de agua en suelo o material.

INDICE DE FORMA (agregados): Permite medir las características de forma y textura.

INERTE: Que no participa en alguna forma en una reacción química.

LIMOS: Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

MALLA: La abertura cuadrada de un tamiz.

MATERIAL DE CANTERA: Material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.

MODULO DE FINURA: Un número empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos en cada una de las mallas que se indican más abajo y luego dividiendo el resultado entre 100.

Las mallas son:

Nº 100	Nº 8
50	4/8
30	3/4 ''
16	1 1/2''
3'' y	6''

MUESTRAS DE CAMPO: Materiales obtenido de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.

MUESTREADORES: Instrumentos que permiten obtener muestras, existiendo: los muestreadores de pistón y los de tubo abierto. Los primeros son los mejores.

MUESTREO: Investigación de suelos, materiales, etc., con la finalidad de su mejor empleo y utilización.

PAVIMENTO (drenante): Determinado tipo de mezcla asfáltica elaborado con predominio de piedras sobre arena.

PERMEABILIDAD: Capacidad de la roca de conducir un líquido o un gas.

PESO ESPECÍFICO (Agregado):

$$\text{Relación} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen Aparente}}$$

PIEDRA TRITURADA O CHANCADA: se denomina al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

POROSIDAD: Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

POROSIDAD - RELACION: Entre el volumen de vacíos del agregado dentro de los intersticios de la roca y el volumen total.

REACTIVIDAD (agregado/álcali del cemento): Método para medir la posible reactividad de los agregados con los álcalis del aglomerante.

RELLENO MINERAL: Un producto mineral finamente dividido en donde más del 70 por ciento pasa el tamiz de 0.075 mm (#200). La caliza pulverizada constituye el relleno mineral fabricado más común. También se usan otros polvos de roca, cal hidratada, cemento Portland, y ciertos depósitos naturales de material fino.

REFRENTAR EL CONCRETO (los testigos): Acción de colocar una cubierta sobre los testigos antes de ser ensayados a la comprensión (“capping”).

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO: Es la habilidad de una superficie asfáltica de pavimento, particularmente cuando esta mojado, para resistir el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos.

Los factores que conducen a una alta resistencia al deslizamiento son generalmente los mismos que conducen a una alta estabilidad.

Entre los factores que más contribuyen esta un apropiado contenido de asfalto en la mezcla y una textura superficial rugosa del agregado.

El agregado, en particular, también debe ser capaz de resistir el pulimento. Los agregados que contienen minerales que no pueden ser pulidos, y con diferentes características de desgaste y abrasión, proporcionan una continua regeneración de la textura del pavimento y, por lo tanto, mantienen una superficie resistente al deslizamiento.

SALES SOLUBLES (en agregados de pavimentos flexibles): Procedimiento para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados.

SECADOR: Un aparato que seca los agregados y los calienta a la temperatura especificada.

SUB-BASE: La capa de una estructura de pavimento asfáltico que se encuentra inmediatamente debajo de la capa de base. Si el suelo de subrasante es adecuado, puede servir como capa de sub-base.

SUBRASANTE: El suelo preparado para sostener una estructura o un sistema de pavimento. Es la fundación de la estructura del pavimento. El suelo de subrasante es llamado a veces suelo de fundación.

SUBRASANTE MEJORADA: Subrasante mejorada como plataforma de trabajo mediante:

(1) El uso de materiales granulares o estabilizantes como el asfalto, la cal, o el cemento Portland, o (2) El uso de cualquier capa o capas de material seleccionado o mejorado y colocado directamente sobre el suelo de subrasante existente.

TAMAÑO MÁXIMO: es definido por el que corresponde al menor tamiz, por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO: es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

TENSION DE COMPRESION: Esfuerzo normal que tiende a acortar el cuerpo en la dirección en la que actúa.

TESTIGO: Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.

TOLERANCIAS DE ENTREGA: Variaciones permitidas en las proporciones exactas de asfalto y agregado que se descargan en el amasadero.

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADO: Tolvas que almacenan los tamaños necesarios de agregado y los alimentan al secador en las mismas proporciones requeridas por la mezcla final.

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE AGREGADO CALIENTE: Tolvas que almacenan los agregados calientes ya separados antes de su proporcionamiento final en el mezclador.

TRABAJABILIDAD: La facilidad con que las mezclas de pavimentación pueden ser colocadas y compactadas.

TURBIDIMETRO (de Wagner): Permite determinar la finura del cemento Portland en cm^2/g , tal como el aparato de Blaine (permeabilidad).

VACIOS: Espacios en una mezcla compactada rodeados de partículas cubiertas de asfalto.

VOLUMEN DE VACIOS: Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada.

2.5.4. Marco Histórico.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm.

El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm., influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm.

Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino.

El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino.

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

Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento.

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

Historia de las canteras.

El origen de las canteras se remonta a la edad de bronce, específicamente a la civilización Lidia e Hitita, los cuales inventaron el modo de extraer de canteras el bronce y fundirlo para hacer monedas, ellos son los inventores del dinero.

Habían canteras de minerales en la antiguas civilizaciones mesopotámicas, siendo posteriores a las egipcias, mucho más conocidas, y lo más probable de piedras preciosas, debido a la opulencia de la región.

En oriente se extraían las típicas piedras calizas otros materiales de construcción de buena calidad, al igual que piedras preciosas, lo mismo que en el imperio bizantino. Para la época de las conquistas americanas, la cantera fue una de las cosas más importantes, fueron la base de los estados coloniales como España,

Portugal, Francia, Inglaterra y provincias unidas (Holanda), las minas de las indias españolas daban las ganancias más grandes hasta el siglo XVII.

Las canteras no tendrán un nuevo progreso hasta la revolución industrial, con este progreso, iniciado en Inglaterra, el centro económico de dicho país se traslada al norte y a Escocia, donde estaban las minas de hierro y carbón, pero surge el conflicto social, la brutalidad del trabajo del proletariado, aunque la industria metalúrgica y de las canteras crece las políticas sociales se alimentan de ello.

La solución a esto es por una parte el comunismo y por otra el neoliberalismo, así la economía se vuelve política, y los estados comienzan a intervenir en las canteras, que son de suma importancia para el estado de hoy.

Historia de los agregados.

En el transcurso de la historia de la humanidad el hombre ha necesitado aprender a usar los recursos propios de la naturaleza.

Es así como la historia del proceso de los agregados se remonta a la actividad gestada desde el interior de la tierra a través de las eras geológicas que han llevado a cambios en la formación y transformación de las rocas que se utilizan hoy en la elaboración de concreto u hormigón, mezclas asfálticas y estructuras de los pavimentos.

En los últimos 100 años, la necesidad de materiales de construcción ha llevado al hombre a estudiar las leyes naturales y comprenderlas a través de la observación cuidadosa de las rocas desde su estado natural hasta sus medios de uso.

El agregado es un material sólido, pétreo, natural y/o artificial, de forma estable aparentemente inerte, de composición, pH y tamaño variable. Del estudio macroscópico y microscópico de los componentes de los agregados, en cuanto se refiere a su granulometría, en forma, y petrografía, se pueden deducir la historia geológica del depósito, basada en la forma de acumulación del depósito y en el

tiempo geológico que sucedió, así como también en el origen geológico de sus componentes.

Por el tamaño y la forma de los elementos de los agregados es posible inferir los procesos geológicos que han intervenido en su formación.

La descripción litológica (petrografía) de los componentes de las canteras de los agregados, nos permite conocer el tipo de rocas que conforman el depósito y a su vez nos facilita deducir de qué formaciones geológicas han provenido, para formar el depósito.

La forma de los componentes de los agregados, que presentan superficies sub- redondeadas a redondeadas y su ubicación en el lecho o márgenes de los ríos, nos indica que estos depósitos han sido formados por el transporte y sedimentación de las aguas corrientes de los ríos, por los que se les clasifica como suelos transportados.

Como la formación de los depósitos que constituye las canteras ha ocurrido y ocurre en tiempos geológicos actuales y recientes, a tales depósitos se les asigna una edad del cuaternario reciente.

Los elementos que forman los agregados de las canteras, provienen de diversas formaciones geológicas que conforman las diversas cuencas fluviales donde se ubican los depósitos. Los procesos geológicos formadores de los elementos de los agregados son la meteorización y la erosión.

2.6. HIPOTESIS A DEMOSTRAR.

Se plantea las siguientes hipótesis:

¿Son eficientes y eficaces las canteras de agregados ubicados en la Provincia de San Martín para elaborar concretos de 140 Kg. /cm², 175Kg. /cm² y 210Kg. /cm², utilizados en las distintas obras civiles en la provincia?

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó materiales y metodologías que sirvieron para realizar y plasmar los resultados de la presente investigación, las cuales se detallan a continuación:

3.1. MATERIALES.

3.1.1. Recursos Humanos.

- a. Autor del Proyecto o Tesista (Técnico Certificado).
- b. Asesor Metodológico.
- c. Personal técnico de laboratorio.

3.1.2. Recursos Materiales.

- a. Material de estudio.
 - Agregados de las distintas Canteras en estudio.
- b. Material de Escritorio.
 - Cámara Fotográfica.
 - Computadora personal e impresora.
 - Memoria USB.
 - Papel (bond A4 de 80 gr. y A2 de 75gr.).
 - Libretas de apuntes y lapiceros.

3.1.3. Recursos Equipos.

- a. Equipos de laboratorio (practica de ensayos de agregados).

3.1.4. Recursos Económicos.

- a. Gastos varios generados en la presente Tesis (Financiado en su integridad por el Tesista).

- Obtención y traslado del agregado.
- Elaboración de los ensayos de Laboratorio.
- Documentos otros.

3.2. METODOLOGIA.

3.2.1. Universo, Muestra y Población.

La población está compuesta por las canteras en explotación dentro de la jurisdicción de la provincia de San Martín, de las cuales se ha seleccionado una muestra estratificada teniendo en cuenta las zonas de ubicación y la calidad óptima de los agregados más usados en obras civiles dentro de la provincia.

Se han seleccionado 04 canteras específicas las cuales son: Cantera 10 de Agosto, Cantera 03 de Octubre, Cantera Juan Guerra y Cantera Shapaja.

3.2.2. Sistema de Variables.

a) **Variable Dependiente.-** Canteras

b) **Variable Independiente.-** Ensayos de Laboratorio

3.2.3. Diseño Experimental de la Investigación.

Tomamos datos y conocimientos anteriores para la resolución de problemas nuevos; y de acuerdo al fin que persigue la investigación, utilizamos la Investigación Aplicada para un diseño de investigación descriptivo - comparativo.

3.2.4. Diseño de Instrumento.

Para el diseño de instrumento se utilizará las técnicas de observación y extracción en campo y de laboratorio, utilizando todo el instrumental técnico requerido para estos casos (Recursos materiales).

Las canteras seleccionadas están consideradas como fuentes de estudio del Proyecto.

3.2.5. Procesamiento de Información.

Luego del trabajo de extracción de las muestras de los agregados, en los ensayos de laboratorio se realizarán los siguientes análisis:

Análisis Cuantitativo: En la determinación de valores de propiedades de los agregados, los mismos que merecerán un consolidado estadístico comparativo.

Análisis Cualitativo: Los resultados estadísticos merecerán una evaluación crítica de los resultados obtenidos, que cualifique las condiciones de las canteras, en función al uso recomendado de sus agregados.

CAPITULO IV: RESULTADOS.

4.1. DESCRIPCION DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO.

4.1.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.

- **Ubicación:** Esta cantera se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Tarapoto, específicamente en el Asentamiento Humano 10 de Agosto. Al margen Izquierda del Rio Cumbaza.
- **Accesibilidad:** Se accede mediante una carretera a nivel de afirmado a 2 Km. aproximadamente (tomando como referencia la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry), con habilitación hasta las orillas del rio.
- **Geología (origen geológico):** Su origen geológico es fluvial – aluvial, se define por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación de materiales no consolidados, dependiendo estas, de las condiciones climáticas.
- **Potencia Estimada:** La potencia estimada es de 10, 000 m³, basado en antecedentes de estudio, y estimación según antigüedad de cantera.
- **Naturaleza de la Cantera:** La cantera es del tipo sedimentario, con extracción de materiales no consolidados (Agregados) casi toda la época del año, administrado por la Municipalidad Provincial de San Martin.
Actualmente se encuentra clausurado por motivos ambientales, esperando su autoabastecimiento por la dinámica propia de las corrientes de agua. Siendo la extracción ahora en terrazas alejadas del área de influencia del cauce.
- **Explotación:** Su explotación por ser una cantera a cielo abierto es mecánica, empleándose maquinaria pesada para su extracción y transporte (cargador y volquetes). Su extracción varía según el clima (explotación directa en estiaje y limitada a las orillas en época de lluvias).

- **Costos:** El costo estimado puesto en obras (zona urbana) es de 40 soles el m³, pudiendo variar de acuerdo al recorrido o ubicación de la obra (fuera del perímetro urbano de los distritos de Morales, Tarapoto y Banda de Shilcayo).

4.1.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.

- **Ubicación:** Esta cantera se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de la Banda de Shilcayo, específicamente en la Localidad de 03 de Octubre. Al margen Izquierda del Rio Cumbaza.
- **Accesibilidad:** Se accede mediante una carretera a nivel de afirmado a 1/2 Km. aproximadamente (tomando como referencia la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry), con falta de habilitación hasta las orillas del rio.
- **Geología (origen geológico):** Su origen geológico está comprendido entre fluvial – aluvial, se define por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación de materiales no consolidados, dependiendo estas, de las condiciones climáticas.
- **Potencia Estimada:** La potencia estimada es de 18, 000 m³, basado en antecedentes de estudio, y estimación según antigüedad de cantera.
- **Naturaleza de la Cantera:** La cantera es del tipo sedimentario, con extracción de materiales no consolidados (Agregados) casi toda la época del año, administrado por la Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo.

Actualmente se encuentra clausurado por motivos ambientales, esperando su autoabastecimiento por la dinámica propia de las corrientes de agua.

- **Explotación:** Su explotación por ser una cantera a cielo abierto es mecánica, empleándose maquinaria pesada para su extracción y transporte (cargador y volquetes). Su extracción varía según el clima (explotación directa en estiaje y limitada a las orillas en época de lluvias).

- **Costos:** El costo estimado puesto en obras (zona urbana) es de 45 soles el m³, pudiendo variar de acuerdo al recorrido o ubicación de la obra (fuera del perímetro urbano de los distritos de Morales, Tarapoto y Banda de Shilcayo).

4.1.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.

- **Ubicación:** Esta cantera se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Juan Guerra, al margen Izquierda del Rio Cumbaza.
- **Accesibilidad:** Se accede mediante una carretera a nivel de afirmado a 2 Km. aproximadamente (tomando como referencia la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry), con habilitación hasta las orillas del rio.
- **Geología (origen geológico):** Su origen geológico es fluvial – aluvial, se define por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación de materiales no consolidados, dependiendo estas, de las condiciones climáticas.
- **Potencia Estimada:** La potencia estimada es de 18, 000 m³, basado en antecedentes de estudio, y estimación según antigüedad de cantera.
- **Naturaleza de la Cantera:** La cantera es del tipo sedimentario, con extracción de materiales no consolidados (Agregados) casi toda la época del año, administrado por la Municipalidad Distrital de Juan Guerra.

Actualmente se encuentra clausurado por motivos ambientales, esperando su autoabastecimiento por la dinámica propia de las corrientes de agua. Siendo la extracción ahora en terrazas alejadas del área de influencia del cauce.

- **Explotación:** Su explotación por ser una cantera a cielo abierto es mecánica, empleándose maquinaria pesada para su extracción y transporte (cargador y volquetes). Su extracción varía según el clima (explotación directa en estiaje y limitada a las orillas en época de lluvias).

- **Costos:** El costo estimado puesto en obras (zonas urbanas de Tarapoto, Morales, Banda de Shilcayo) es de 45 soles el m³, siendo en el distrito de Juan Guerra un precio más adquirible (hasta 15 soles el m³), tomando en cuenta que el monto varía de acuerdo al recorrido o ubicación de la obra (fuera del perímetro urbano de los distritos antes mencionados).

4.1.4. **Cantera Shapaja – Rio Huallaga.**

- **Ubicación:** Esta cantera se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Shapaja, al margen Izquierda del Rio Huallaga.
- **Accesibilidad:** Se accede mediante una carretera a nivel de afirmado (hoy en construcción a nivel de asfaltado) a 7 Km. aproximadamente (tomando como referencia el cruce Puente Colombia en la carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry), con habilitación hasta las orillas del rio Huallaga.
- **Geología (origen geológico):** Su origen geológico está comprendido entre fluvial – aluvial, se define por la acción de agua en movimiento, por la energía del agua y por el conjunto de erosión, transporte y sedimentación de materiales no consolidados, dependiendo estas, de las condiciones climáticas, tomando en cuenta que el rio Huallaga en este sector tiene un considerable recorrido.
- **Potencia Estimada:** La potencia estimada es de 30, 000 m³, basado en antecedentes de estudio y estimación referencial de empresa constructora de asfaltado de carretera Arquitecto Fernando Belaunde Terry.
- **Naturaleza de la Cantera:** La cantera es del tipo sedimentario, con extracción de materiales no consolidados (Agregados clasificados) casi toda la época del año, administrado por la Municipalidad Distrital de Shapaja.

Actualmente se encuentra habilitado y por ahora satisface prácticamente toda la demanda de agregados existente en la provincia. Siendo la extracción ahora en distintos puntos a lo largo de las orillas del rio Huallaga.

- **Explotación:** Su explotación en los distintos puntos de extracción por ser una cantera a cielo abierto es mecánica, empleándose maquinaria pesada para su extracción y transporte (cargador y volquetes). Su extracción varía según el clima (explotación directa en estiaje y limitada a las orillas en época de lluvias).
- **Costos:** El costo estimado puesto en obras (zona urbana de los distritos de Morales, Tarapoto y Banda de Shilcayo) era de 150 soles el m³, costando actualmente hasta 30 soles el m³ sin zarandeo y 45 soles el m³ de material zarandeado (esto debido a la gran demanda existente). En el distrito de Shapaja tiene un precio más adquirible (hasta 10 soles el m³ actualmente). El precio del material puede variar de acuerdo al recorrido o ubicación de la obra (fuera del perímetro urbano de los distritos de Morales, Tarapoto y Banda de Shilcayo).

4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO A CANTERAS EN ESTUDIO.

4.2.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.

4.1.1. ENSAYOS	MATERIALES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRIA (Módulo de Fineza)		2.09	-----
PESO UNITARIO COMPACTADO		1667.00 Kg/m ³	1659.00 Kg/m ³
PESO UNITARIO SUELTO		1603.00 Kg/m ³	1565.00(Kg/m ³)
PESO ESPECIFICO		2.48grs/cc.	2.45grs/cc.
ABSORCION		1.50 %	2.10 %
HUMEDAD NATURAL		7.70 %	4.40 %

Cuadro 11: Resultados de Ensayos Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.

4.2.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.

MATERIALES ENSAYOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRIA (Módulo de Fineza)	2.12	-----
PESO UNITARIO COMPACTADO	1609.00 Kg/m3	1664.00 Kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO	1674.00 Kg/m3	1564.00(Kg/m3)
PESO ESPECIFICO	2.49grs/cc.	2.38grs/cc.
ABSORCION	1.54 %	2.11 %
HUMEDAD NATURAL	7.70 %	4.40 %

Cuadro 12: Resultados de Ensayos Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.

4.2.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.

MATERIALES ENSAYOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRIA (Módulo de Fineza)	2.15	-----
PESO UNITARIO COMPACTADO	1664.00 Kg/m3	1625.00 Kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO	1529.00 Kg/m3	1448.00(Kg/m3)
PESO ESPECIFICO	2.55grs/cc.	2.50grs/cc.
ABSORCION	1.00 %	0.90 %
HUMEDAD NATURAL	2.05 %	1.30 %

Cuadro 13: Resultados de Ensayos Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.

4.2.4. Cantera Shapaja – Rio Huallaga.

ENSAYOS \ MATERIALES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
GRANULOMETRIA (Módulo de Fineza)	1.70	-----
PESO UNITARIO COMPACTADO	1764.00 Kg/m ³	1846.00 Kg/m ³
PESO UNITARIO SUELTO	1601.00 Kg/m ³	1764.00(Kg/m ³)
PESO ESPECIFICO	2.66grs/cc.	2.65grs/cc.
ABSORCION	0.60 %	0.50 %
HUMEDAD NATURAL	2.50 %	1.50 %

Cuadro 14: Resultados de Ensayos Cantera Shapaja – Rio Huallaga.

4.2.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza – Rio Huallaga.

CANTERA \ MATERIALES	AGREGADO GRUESO
RIO CUMBAZA	67.00 %
RIO HUALLAGA	19.10 %

Cuadro 15: Resultados de Ensayos Abrasión, Rio Cumbaza – Rio Huallaga.

Nota:

El presente ensayo de Laboratorio se realizó con materiales de ambas Canteras en estudio (Rio Cumbaza y Rio Huallaga), siendo para el Rio Cumbaza un cuarteo general de las tres canteras que riega el mencionado rio, y así obtener un material global y someterlo al respectivo ensayo de Laboratorio.

4.3. DISEÑO DE MEZCLAS DE CANTERAS EN ESTUDIO.

4.3.1. Cantera Rio Cumbaza.

PROPORCION DISEÑO FC	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
F'c = 140 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=2.90 Rel. Volumen=2.50	Rel. Peso=3.40 Rel. Volumen=3.10
F'c = 175 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=2.40 Rel. Volumen=2.10	Rel. Peso=2.80 Rel. Volumen=2.60
F'c = 210 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=2.10 Rel. Volumen=1.80	Rel. Peso=2.40 Rel. Volumen=2.20

Cuadro 16: Resultados Diseño de Mezcla Rio Cumbaza.

Nota:

El presente Diseño de Mezcla se realizó con resultados obtenidos mediante una selección entre los materiales de las Canteras que riega el Rio Cumbaza, siendo la Cantera 10 de Agosto la seleccionada y cuyos datos sirvieron para la elaboración del presente Diseño de Mezcla.

4.3.2. Cantera Rio Huallaga.

PROPORCION DISEÑO FC	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
F'c = 140 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=3.30 Rel. Volumen=3.00	Rel. Peso=3.90 Rel. Volumen=3.30
F'c = 175 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=2.60 Rel. Volumen=2.30	Rel. Peso=3.10 Rel. Volumen=2.60
F'c = 210 Kg/cm ²	Rel. Peso=1.00 Rel. Volumen=1.00	Rel. Peso=2.20 Rel. Volumen=2.00	Rel. Peso=2.70 Rel. Volumen=2.30

Cuadro 17: Resultados Diseño de Mezcla – Río Huallaga.

CAPITULO V: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO A CANTERAS EN ESTUDIO.

5.1.1. Cantera 10 de Agosto – Rio Cumbaza.

De los ensayos realizados a los agregados de la cantera en mención; tenemos como dato un **Módulo de Fineza = 2.09**, que nos indica un valor referencial debajo del rango establecido, concluyendo que este resultado determina el grosor predominante en los agregados, cuyo valor mencionado nos indica que el agregado no garantiza resultados para obtener concretos de buena trabajabilidad y con baja segregación.

En el ensayo de **Peso Volumétrico Unitario**, se presenta dos resultados particulares: **Peso Unitario Compactado** cuyos datos obtenidos son de **1609.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1659.00 Kg/m³** en el agregado grueso, y **Peso Unitario Suelto** cuyos datos obtenidos son de **1603.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1565.00 Kg/m³** en el agregado grueso. Tomando en cuenta que mientras mayor es el valor obtenido en el ensayo, menor es el porcentaje de vacíos en el concreto (mayor rendimiento de la pasta), se indica que este material es de mediana calidad con fines de obtener buenos resultados en la elaboración del concreto.

En el ensayo de **Peso Específico** de agregados se obtuvo los siguientes resultados **2.48 grs/cc.** para el agregado fino y **2.45 grs/cc.** para el agregado grueso, teniendo en cuenta que este ensayo refleja la calidad del agregado, en cuanto a valor elevado los cuales corresponden a un material de buen comportamiento, con diferencia para agregados de bajo peso específico los cuales corresponden a agregados absorbentes y débiles, resultando que los agregados analizados se obtiene un resultado aceptado dentro del rango establecido, especialmente el agregado fino.

En el ensayo de **Absorción** se obtuvo los siguientes resultados, **1.50 %** para agregado fino y **2.10 %** para agregado grueso, tomando en cuenta que la

absorción es el indicador de agua retenida en el suelo o roca, después de 24 horas es también un factor importante en el diseño de mezcla, el resultado que arroja nos indica que el agregado grueso obtiene una absorción considerable respecto al agregado fino, lo cual en promedio es un buen indicador para nuestros concretos.

El ensayo de **Humedad Natural** arrojó los siguientes resultados, **7.70 %** para el agregado fino y **4.40 %** para el agregado grueso, Indicando que este ensayo viene a ser la cantidad de agua superficial retenida por la partícula en el momento de su extracción (dentro de las 24 horas), y también es un factor importante en el diseño de mezcla, según los datos obtenidos decimos que su humedad natural es bastante (justificado por los porcentajes de absorción que tiene estos agregados) los cuales no nos garantiza una rápida segregación.

5.1.2. Cantera 03 de Octubre – Rio Cumbaza.

De los estudios realizados correspondientes a ensayos en los agregados de esta cantera; tenemos en primer lugar el **Módulo de Fineza** que nos indica el grosor predominante en los agregados cuyo valor resultante de la muestra es **2.12**, que está casi dentro de los parámetros para este ensayo, indicándonos que el agregado no nos garantizara un buen resultado en la elaboración de concreto (no producirá concretos de buena trabajabilidad y éstos concretos producirán mucha segregación).

En el ensayo de **Peso Volumétrico Unitario**, se obtiene las dos clasificaciones: **Peso Unitario Compactado** cuyos resultados obtenemos **1667.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1664.00 Kg/m³** en el agregado grueso, **Peso Unitario Suelto** cuyos resultados obtenemos **1674.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1564.00 Kg/m³** en el agregado grueso, teniendo en cuenta que mientras mayor es el valor del agregado, menor es el porcentaje de vacíos obtenido en la elaboración del concreto, el resultado nos indica es buen resultado.

El **Peso Específico** es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos

valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, en ensayos de agregados de esta cantera tenemos los resultados siguientes, **2.49grs/cc.** para el agregado fino y **2.38grs/cc.** para el agregado grueso, estos resultados arrojan que están casi dentro del rango establecido, especialmente para el agregado fino que muestra un mayor peso específico a diferencia del agregado grueso, que es un indicativo de porosidad y fragilidad.

En el ensayo de **Absorción** que es el indicador de agua que es retenida en el suelo o roca, después de 24 horas obteniendo los siguientes resultados, **1.54 %** para el agregado fino y **2.11 %** para el agregado grueso, que es un buen indicador para nuestros agregados y su utilización en la elaboración del concreto, teniendo en cuenta que es el agregado grueso el que tiene una mayor absorción considerable (debido quizás al poco peso específico obtenido), influyendo mucho en la cantidad de agua para concreto en el momento de su elaboración.

La **Humedad Natural** viene a ser la cantidad de agua superficial retenida por la partícula obtenida al momento de la extracción (dentro de las 24 horas), se obtuvo los siguientes resultados, **7.70 %** para el agregado fino y **4.40 %** para el agregado grueso, estos resultados es un indicativo que es el agregado fino el que aporta menos humedad para la elaboración del concreto y es el agregado grueso por su capacidad de absorción el que más humedad natural obtiene, los cuales no nos garantiza una rápida segregación.

5.1.3. Cantera Juan Guerra – Rio Cumbaza.

De los ensayos realizados a los agregados de la cantera en mención; tenemos como dato un **Módulo de Fineza = 2.15**, que nos indica un valor referencial casi cercano del rango establecido, concluyendo que este resultado determina el grosor predominante en los agregados, cuyo valor mencionado nos indica que el agregado no garantiza resultados para obtener concretos de buena trabajabilidad y con baja segregación.

En el ensayo de **Peso Volumétrico Unitario**, se presenta dos resultados particulares: **Peso Unitario Compactado** cuyos datos obtenidos son de **1664.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1625.00 Kg/m³** en el agregado grueso, y **Peso Unitario Suelto** cuyos datos obtenidos son de **1529.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1448.00 Kg/m³** en el agregado grueso. Tomando en cuenta que mientras mayor es el valor obtenido en el ensayo, menor es el porcentaje de vacíos en el concreto (mayor rendimiento de la pasta), se indica que este material es de mediana calidad con fines de obtener buenos resultados en la elaboración del concreto.

En el ensayo de **Peso Específico** de agregados se obtuvo los siguientes resultados **2.55grs/cc.** para el agregado fino y **2.50grs/cc.** para el agregado grueso, teniendo en cuenta que este ensayo refleja la calidad del agregado, en cuanto a valor elevado los cuales corresponden a un material de buen comportamiento, con diferencia para agregados de bajo peso específico los cuales corresponden a agregados absorbentes y débiles, resultando que los agregados analizados se obtiene un resultado aceptado dentro del rango establecido, especialmente el agregado fino.

En el ensayo de **Absorción** se obtuvo los siguientes resultados, **1.00 %** para agregado fino y **0.90 %** para agregado grueso, tomando en cuenta que la absorción es el indicador de agua retenida en el suelo o roca, después de 24 horas es también un factor importante en el diseño de mezcla, el resultado que arroja nos indica que el agregado grueso obtiene una absorción casi empatada respecto al agregado fino, lo cual en promedio es un buen indicador para nuestros concretos.

El ensayo de **Humedad Natural** arrojó los siguientes resultados, **2.05 %** para el agregado fino y **1.30 %** para el agregado grueso, Indicando que este ensayo viene a ser la cantidad de agua superficial retenida por la partícula en el momento de su extracción (dentro de las 24 horas), y también es un factor importante en el diseño de mezcla, según los datos obtenidos decimos que su humedad natural es regular (justificado por los porcentajes de absorción que tiene estos agregados) los cuales no nos garantiza una rápida segregación.

5.1.4. Cantera Shapaja – Rio Huallaga.

De los estudios realizados correspondientes a ensayos en los agregados de esta cantera; tenemos en primer lugar el **Módulo de Fineza** que nos indica el grosor predominante en los agregados cuyo valor resultante de la muestra es **1.70**, que no se encuentra dentro de los parámetros para este ensayo, indicándonos que el agregado no nos garantizara un buen resultado en la elaboración de concreto (no producirá concretos de buena trabajabilidad y éstos concretos producirán mucha segregación).

En el ensayo de **Peso Volumétrico Unitario**, se obtiene las dos clasificaciones: **Peso Unitario Compactado** cuyos resultados obtenemos **1764.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1846.00 Kg/m³** en el agregado grueso, **Peso Unitario Suelto** cuyos resultados obtenemos **1601.00 Kg/m³** en el agregado fino y **1764.00Kg/m³** en el agregado grueso, teniendo en cuenta que mientras mayor es el valor del agregado, menor es el porcentaje de vacíos obtenido en la elaboración del concreto, el resultado nos indica un muy buen resultado especialmente en el agregado grueso con respecto a las anteriores canteras.

El **Peso Específico** es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, en ensayos de agregados de esta cantera tenemos los resultados siguientes, **2.66grs/cc.** para el agregado fino y **2.65grs/cc.** para el agregado grueso, estos resultados arrojan un óptimo peso específico que están dentro del rango establecido.

En el ensayo de **Absorción** que es el indicador de agua que es retenida en el suelo o roca, después de 24 horas obteniendo los siguientes resultados, **0.60 %** para el agregado fino y **0.50 %** para el agregado grueso, que es un buen indicador para nuestros agregados y su utilización en la elaboración del concreto, teniendo en cuenta que ambos agregados tienen un porcentaje óptimo de absorción (bajo, debido quizás al peso específico obtenido), influyendo mucho en la cantidad de agua para concreto en el momento de su elaboración.

La **Humedad Natural** viene a ser la cantidad de agua superficial retenida por la partícula obtenida al momento de la extracción (dentro de las 24 horas), se obtuvo los siguientes resultados, **2.50 %** para el agregado fino y **1.50 %** para el agregado grueso, estos resultados es un indicativo que ambos agregados tienen porcentajes mínimos respecto a las anteriores canteras por lo tanto aportan menos humedad para la elaboración del concreto, las cuales nos garantiza una rápida segregación.

5.1.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza – Rio Huallaga.

Basándonos en el ensayo **Abrasión** que calificara al agregado grueso al ser sometido al desgaste en la Máquina de los Ángeles, la cantera Rio Cumbaza arrojó un resultado del ensayo de **67.00 %**, resultado que está muy por encima de lo mínimo establecido que es el **50 %** para usos en obras viales (pavimentos), considerándolo desfavorable para el agregado en estudio, pues indica que el desgaste mecánico de agregados gruesos o rocas resultante para la fricción o impacto es muy elevado.

Realizando el ensayo de **Abrasión** a la otra cantera en estudio (Rio Huallaga) nos arroja un resultado del **19.10 %**, resultado que es un muy buen indicador para el agregado en estudio, pues está por debajo de lo mínimo establecido, que es del **50 %** para usos en obras viales (pavimentos), pues indica que el desgaste mecánico de agregados gruesos o rocas resultante para la fricción o impacto es bajo, lo cual lo hace resistente al desgaste en este tipo de obras, donde predomina la fricción y el desgaste que genera el recorrido de vehículos.

5.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CANTERAS EN ESTUDIO.

5.2.1. Cantera Rio Cumbaza.

Se sabe que el diseño de mezclas tiene muchas ventajas para ofrecer en distintas consideraciones económicas, trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. Para el diseño de mezcla se realizó la selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua), siendo las características de los agregados los

obtenidos anteriormente. Estas proporciones son las siguientes $1 : 2.50 : 3.10$ para concretos de $F'c: 140 \text{ kg/cm}^2$, $1 : 2.10 : 2.60$, para concretos de $F'c: 175 \text{ kg/cm}^2$ y $1 : 1.80 : 2.20$, para concretos de $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$. Dependerán de cada ingrediente en particular, los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular en el concreto; y basándonos en las características del agregado que comprende este río, se tiene que el factor cemento 7.0 bol./m^3 para concretos de $F'c: 140 \text{ kg/cm}^2$, 8.4 bol./m^3 para concretos de $F'c: 175 \text{ kg/cm}^2$ y 9.5 bol./m^3 para concretos de $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.2. Cantera Rio Huallaga.

En el diseño de mezclas debe ofrecer distintas consideraciones tales como económicas, trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. Siendo las características de los agregados los obtenidos anteriormente. Estas proporciones son las siguientes $1 : 3.00 : 3.30$ para concretos de $F'c: 140 \text{ kg/cm}^2$, $1 : 2.30 : 2.60$, para concretos de $F'c: 175 \text{ kg/cm}^2$ y $1 : 2.00 : 2.30$, para concretos de $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$. Dependerán de cada ingrediente en particular, los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular en el concreto; y basándonos en las características del agregado que comprende este río, se tiene que el factor cemento 6.5 bol./m^3 para concretos de $F'c: 140 \text{ kg/cm}^2$, 8.0 bol./m^3 para concretos de $F'c: 175 \text{ kg/cm}^2$ y 9.0 bol./m^3 para concretos de $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$.

Considerando las características aceptables de los agregados de la cantera Huallaga, y observando el factor cemento del diseño de mezcla, se concluye que el concreto elaborado con estos agregados ofrece las distintas consideraciones anteriormente expuestas.

5.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

- Dentro de las canteras en estudio que pertenecen o se encuentran en el cauce del río **Cumbaza**, se reflejó una clasificación del tipo de agregado en estudio (agregado fino y agregado grueso), ya que es el agregado fino el que cumple mayormente con los requisitos para la elaboración de concreto. Teniendo en cuenta que el agregado grueso por cumplir un mínimo de requisitos para la elaboración de concreto (especialmente en

el ensayo de Abrasión), no se le descarta por completo, más bien se le toma como una alternativa para la elaboración del concreto simple y de poca resistencia o importancia (concretos F'c: 140 kg/cm² o menores). Son los agregados de la **Cantera Juan Guerra** (debido al recorrido de sus materiales) que puede tener mejor aceptación en cuanto a los requisitos para la elaboración de los distintos tipos de concretos elaborados en el diseño de mezcla, advirtiendo el factor cemento que es considerable.

- La cantera en estudio que pertenece o se encuentra en el cauce del **rio Huallaga**, reflejó una clasificación aceptable de sus agregados (agregado fino y agregado grueso), ya que ambos cumplen en su mayoría con los requisitos para la elaboración de concreto de los distintos tipos de diseño de mezclas realizados, lo cual ayuda económicamente en un factor cemento y resistencia respecto a las otras canteras (debido al recorrido de sus materiales). Hay que añadir a esto la buena resistencia al desgaste que tiene su agregado grueso, que hace de este material una mejor opción para la elaboración de concretos con usos en obras viales y obras en general (elementos estructurales importantes) en la provincia de San Martín.

5.4. CONTRASTACION DE HIPOTESIS.

Considerando las alternativas adoptadas y contrastándolas con la hipótesis planteada anteriormente, se obtiene que las canteras seleccionadas (cantera Juan Guerra – rio Cumbaza y cantera Shapaja – rio Huallaga) muestran características adecuadas que determinaran la eficiencia y eficacia de las canteras en la provincia de San Martín, mostrando una buena aceptación ante la solicitud planteada, para la elaboración de concreto de distintos diseños de mezclas, obteniendo resultados con consideraciones económicas, trabajabilidad, resistencia y durabilidad en el concreto.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.

- Las canteras de agregados que se explotan en la provincia de San Martín son geológicamente de origen fluvial – aluvial, cuyo autoabastecimiento se debe al recorrido que sufre por las corrientes de agua de los ríos que los contiene. Sin embargo se debería tener un control medido para una explotación más ordenada.
- La cantera de Juan Guerra es la más representativa de las canteras de agregados que se encuentran en el curso del río Cumbaza, ya que sus agregados cuentan con características más adecuadas para su uso en la elaboración de concreto (solo concreto de baja resistencia). Considerando que es su agregado fino el que lo representa mejor, esto debido al mayor recorrido de sus materiales (cerca de su desembocadura en el río Mayo).
- Los agregados que se encuentran en el curso del río Cumbaza tienen menos recorrido de sus materiales y por lo tanto el agregado es menos resistente al desgaste, descartándolo totalmente para su uso en obras viales. Pero siendo aceptable para usos de concretos de poca resistencia.
- La cantera de Shapaja ubicada a orillas del río Huallaga, es la representativa de la provincia de San Martín, ya que las características de sus agregados cumplen en su mayoría con los parámetros establecidos. Por lo tanto satisface las consideraciones necesarias para la elaboración del concreto para uso en obras civiles.
- Los agregados que se encuentran en el curso del río Huallaga tienen un recorrido considerable, lo cual ayuda a la mejora del desgaste de los mismos, tomándolo en cuenta como única alternativa para su uso en obras viales o aquellas donde están sometidas a un desgaste permanente.
- El factor cemento es más bajo en el diseño con material del río Huallaga, haciendo del concreto no solo resistente y trabajable, sino también económico.

6.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda tomar mucho en cuenta las conclusiones a las cuales se llegó en el presente estudio de investigación, ya que ese será su fin, como un aporte académico hacia los involucrados en el rubro de la construcción pública y privada, así como también podrá ser de utilidad a los proyectistas con fines presupuestarios.
- Se recomienda orientar los estudios referentes a la combinación de materiales (mezcla de agregados de distintas canteras) para su mejor calidad y uso en obras civiles dentro de nuestra provincia, y a la vez también efectuar estudios de canteras de materiales para terraplenes (canteras de cerro).
- Se recomienda tomar en cuenta que los diseños de mezcla están basados en proporciones de materiales por separado (agregado fino y agregado grueso), y no en un conjunto (comúnmente llamado ripio) como generalmente se trabaja en las obras. Para este caso particular se deberá hacer un estudio particular de diseño de mezcla con este material global.
- Se recomienda realizar estudios similares por cada provincia de nuestra región, y particularizar sus estudios en canteras que actualmente se encuentran en explotación, para que sirva como referencia en el momento de su uso.
- Se recomienda realizar un estudio de investigación orientado al control de calidad de los agregados en el momento de su utilización en las distintas obras civiles.
- Se recomienda a las entidades competentes a realizar un acondicionamiento y restauración de canteras en forma periódica, y así evitar una sobreexplotación de las mismas, que finalmente afecta no solo en el aspecto ambiental, sino en el aspecto técnico de toda obra civil que tiene en consideración los materiales de estas canteras.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA.

- Abanto Castillo, Flavio: **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**. Editorial San Marcos. Lima – Perú. 2004.
- American Concrete Institute – Capitulo Peruano. **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**. Lima – Perú. 1998.
- ASOCEM. Boletines Técnicos. Lima – Perú. 2009.
- Gallegos, Héctor: **LA NATURALEZA DEL CONCRETO**. Lima – Perú – 2002.
- Ing. ° Ana Torre Carrillo – **CURSO BÁSICO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PARA INGENIEROS CIVILES**. Maestría en Transportes – UNI – Tarapoto – Perú. 2009.
- Laboratorio de Ensayo de Materiales – FIC – UNI – **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PARA RESIDENTES, SUPERVISORES Y PROYECTISTAS**. Lima – Perú. 2006.
- Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) – MTC. Lima – Perú. 2009.
- Neville, A.M. y Brooks, J.J.: **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**. Editorial Trillas. México D.F. 1998.
- Pasquel Carbajal, Enrique: **TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERÚ**. Colegio de Ingenieros del Perú – Concejo Nacional. Lima – Perú. 1998.
- Polanco Rodríguez, Abraham: **MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**. Universidad Autónoma de chihuahua. México. 2005.
- Proyecto de grado: “**EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEAS DE CANTERAS UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y AMBIENTAL EN ZONAS URBANAS**”. Universidad Nacional de Colombia. – www.angelfire.com/ma/cantera/ – Mayo del 2009.

- Rivva López, Enrique: DISEÑO DE MEZCLAS. Lima – Perú. 1996.
- Rivva López, Enrique – ACI PERU: NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO. Lima – Perú. 2000.
- Sandoval Ocaña, Guillermo: APUNTES DE CLASE DEL CURSO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. UNIVERSIDAD DE PIURA. Piura – Perú. 2006.
- WWW.CONSTRUAPRENDE.COM/TRABAJOS/T2. – Mayo del 2009.
- WWW.MONOGRAFIAS.COM. – CAMPOS.UNI@GMAIL.COM. – Mayo del 2009.
- WWW.CEMENTOSNARE.COM/PREG_FRESC.ASP. – Mayo del 2009.

CAPITULO VIII: ANEXOS.

8.1. ANEXOS N° 01: ENSAYOS DE LABORATORIO.

8.1.1. Cantera 10 de Agosto.

8.1.2. Cantera 03 de Octubre.

8.1.3. Cantera Juan Guerra.

8.1.4. Cantera Shapaja.

8.1.5. Ensayo de Abrasión: Rio Cumbaza y Rio Huallaga.

8.2. ANEXOS N° 02: DISEÑO DE MEZCLAS.

8.2.1. Cantera Rio Cumbaza.

8.2.2. Cantera Rio Huallaga.

8.3. ANEXOS N° 03: PANEL FOTOGRÁFICO.

8.3.1. Panel fotográfico Canteras.

8.3.2. Panel fotográfico Ensayos de Laboratorio.

8.4. ANEXOS N° 04: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000).

8.5. ANEXOS N° 05: PLANOS DE UBICACIÓN Y CANTERAS.

CAPITULO VIII: ANEXOS

8.1. ANEXO 01: ENSAYOS DE LABORATORIO.



R.O.U. 0004903251
Jr. Camila Murray N. 229
Telf. (043) 523003 - Tarapoto
Telf. (095) 152420 - Yurimagua
TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

* MECÁNICA DE SUELOS

* CANTERAS

* LABORATORIO

* ASFALTOS

* PROYECTO DE CARRETERAS

* CONCRETOS

* CIMENTACIONES

* BOCATOMAS

CONSTANCIA

Consta por la presente que el **Bach. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA**, ha realizado en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de Consultores "Arevalo" S.R.L. los ensayos para la elaboración de la **TESIS: "EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES"**; para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, en la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que estime conveniente.

Tarapoto, Junio del 2,009

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL

8.1.1. CANTERA 10 DE AGOSTO.



R.U.C. 20204633201
 J. García Moray N° 229
 Telf. (094) 522003 - 529489 - TARAPOTO
 Telf. (094) 302420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

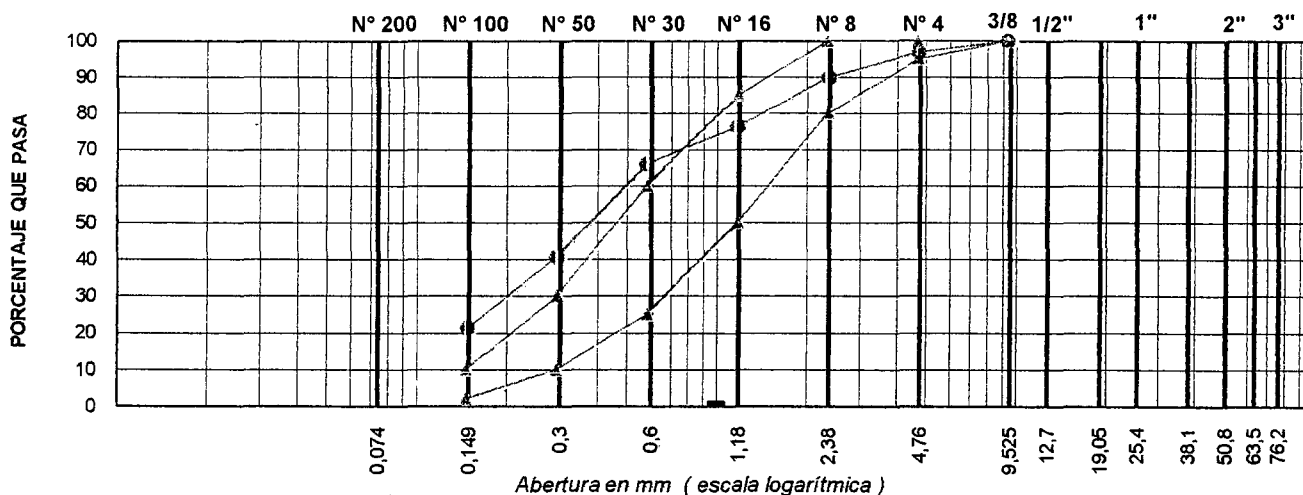
Canteras : CANTERA CUMBAZA 10 DE AGOSTO

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha: JUNIO - 2009.

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa			
							PESO TOTAL 500,0 grs.	
3/8"	9,525	0,0	0,0	0,0	100,0	100		
1/4"	6,350						CARACTERISTICAS FISICAS	
N°4	4,760	15,67	3,1	3,1	96,9	95 - 100	Diámetro Nominal Maximo	4,76
N°6	3,360						Modulo de Finura	2,09
N°8	2,380	35,00	7,0	10,1	89,9	80 - 100	Peso Especifico Seco (gr/cc)	2,48
N°10	2,000						Absorción (%)	1,5
N°16	1,190	68,00	13,6	23,7	76,3	50 - 85	Humedad (%)	7,70
N°20	0,840						Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1603,0
N°30	0,590	52,00	10,4	34,1	65,9	25 - 60	Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1667,0
N°40	0,420							
N°50	0,297	126,50	25,3	59,4	40,6	10 - 30		
N°80	0,177							
N°100	0,149	96,59	19,3	78,7	21,3	2 - 10		
< N°100	0,000	106,24	21,2	99,9	0,1			

REPRESENTACION GRAFICA

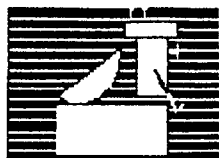


Consultor s "AREVALO" S.R.Ltda

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.R.P 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



R.L.C. 2025430201
Jr. Carlos Mirre N° 228
Tel. 05-022803 - 029166 - TARAPOTO
Tel. 05-0228160 - YUMAHUAN
TARAPOTO-PERU

* MECANICA DE SUELOS

* CANTERAS

* LABORATORIO

* ASFALTOS

* PROYECTO DE CARRETERAS

* CONCRETOS

* CIMENTACIONES

* BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más fino (gr)	10015	10005	10009	9878	9882	9869
Peso del molde (gr)	6530	6530	6530	6530	6530	6530
Peso del fino (gr)	3485	3475	3479	3348	3352	3339
Volumen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario del fino (kg/m3)	1670	1665	1667	1604	1606	1600
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1667			1603		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARRAJAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

EN UNIDAD DE PROYECTO DE VEGETACIÓN

R.U.C. 2089430291
J. Carlos Moray N° 228
Tel. 09-0-822003 - 826190 - TARAPOTO
Tel. 09-0-982120 - YUMAHUASI
TARAPOTO - PERU

* MECANICA DE SUELOS

* CANTERAS

* LABORATORIO

* ASFALTOS

* PROYECTO DE CARRETERAS

* CONCRETOS

* CIMENTACIONES

* BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

D A T O S

Peso del Suelo Seco (Wo)				200,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww)				1530,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws)				1649,5	grs.
Peso Especifico del Suelo				2,48	grs./cc.

Observaciones:

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBALLO
INGENIERO CIVIL
C.N.P 36198



R.U.G. 20204835231
 Jr. Camila Morey N° 229
 Telf. (084) 522003 - 528488 - TARAPOTO
 Telf. (084) 362420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicacion : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

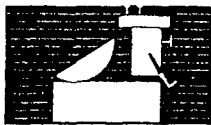
Recipiente N°	42
Tara + Arena Húmedo	116,00
Tara + Arena Seco	114,75
Tara	31,20
Peso de la Arena Seco	83,55
Agua	1,25
% Absorción	1,50

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARRAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36198



R.U.C. 20284435231
Jr. Canina Mirey N° 229
Telf. (084) 322003 - 329489 - TARAPOTO
Telf. (084) 332420 - YURIMAGUAS
TARAPOTO-PERU

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

HUMEDAD NATURAL (AGREGADO FINO)

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

N° del recipiente	56
Peso de recip. + suelo humedo	229,11
Peso del recip. + suelo seco	215,25
Tara	35,25
Peso del agua	13,86
Peso del suelo seco	180,00
Contenido de humedad (%)	7,70

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores AREVALO S.R.Ltda

Alfredo Arévalo Putpaña
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBALLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 36198



R.U.O. 20204635251
 J. Calle Mory N° 228
 Telf. (094) 5222009 - 5228488 - TARAPOTO
 Telf. (094) 362420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

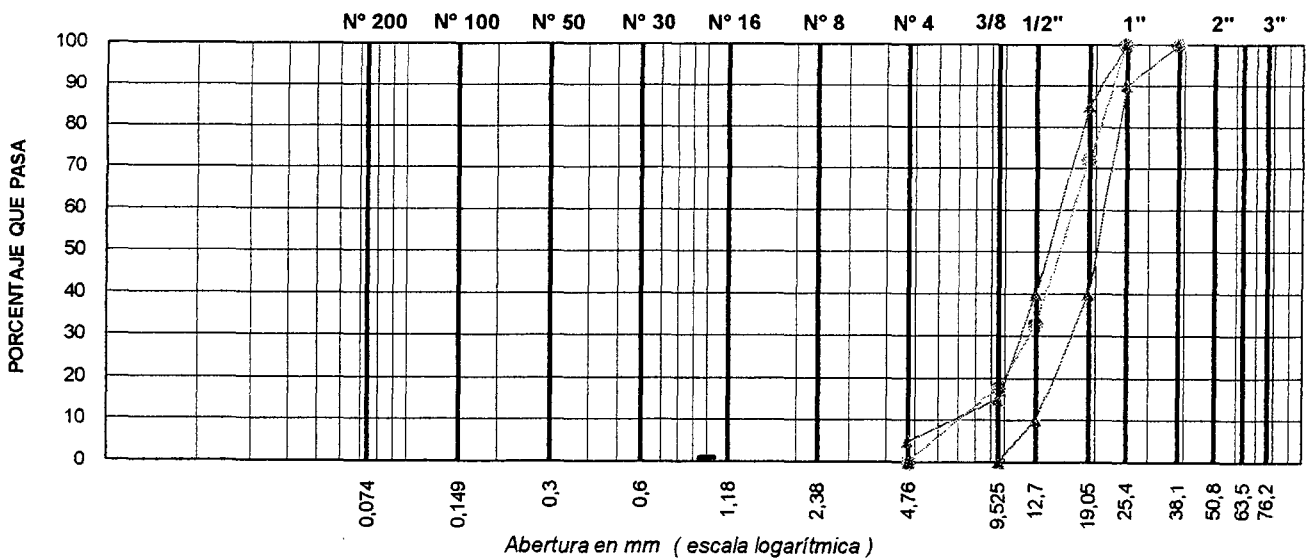
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

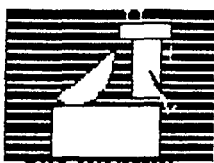
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA CUMBAZA 10 DE AGOSTO
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M. **Fecha** : JUNIO - 2009.

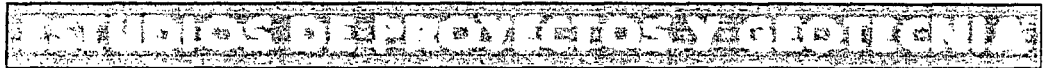
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa			
3"	76,200							
2 1/2"	63,500							
2"	50,800							
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0	100		
1"	25,400	0,00	0,0	0,0	100,0	90 - 100		
3/4"	19,050	8333,0	27,9	27,9	72,1	40 - 85	PESO TOTAL	29908,0 grs.
1/2"	12,700	11726,0	39,2	67,1	32,9	10 - 40		
3/8"	9,525	4560,0	15,2	82,3	17,7	0 - 15		
1/4"	6,350						CARACTERISTICAS FISICAS	
N°4	4,760	5270,0	17,6	99,9	0,1	0 - 5	Diámetro Nominal Maximo	1"
< N° 4	0,000	19,0	0,1	100,0	0,0		Modulo de Finura	-
							Peso Especifico Seco (gr/cc)	2,45
							Absorción (%)	2,10
							Humedad (%)	4,40
							Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1565,0
							Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1659,0

REPRESENTACION GRAFICA





CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



* MECANICA DE SUELOS

* CANTERAS

* LABORATORIO

* ASFALTOS

* PROYECTO DE CARRETERAS

* CONCRETOS

* CIMENTACIONES

* BOCATOMAS

R.U.C. 20254630281
J. Carrón Murray N° 229
TARAPOTO
Telf. (064) 622003 - 622100 - TARAPOTO
Telf. (064) 622123 - YURIMACUAS
TARAPOTO-PERU

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más grava (gr)	9999	9994	9986	9807	9792	9788
Peso del molde (gr)	6530	6530	6530	6530	6530	6530
Peso de la grava (gr)	3469	3464	3456	3277	3262	3258
Volumen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario de la Grava (kg/m3)	1662	1660	1656	1570	1563	1561
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1659			1565		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPÍ C - 00052954

Consultora "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.H.P. 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y OBRAS CIVILES

R.U.C. 2026493281
Jr. Camilla Morey N° 230
Telf. (05) 822005 - 822006 - TARAPOTO
Telf. (05) 802-180 - YUMACAMA
TARAPOTO - PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA


Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

D A T O S				
Peso del Frasco + Agua (Po)				1682,0 grs.
Peso de la Grava Seca (P)				514,5 grs.
Peso del Frasco + Agua + Grava (Ps)				1986,5 grs.
Peso Especifico del Grueso				2,45 grs./cc.
Observaciones:				

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

 Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


 MARCO ANTONIO CABRERA CARRAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36198



ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

Peso de la Piedra Seca a 150°C	214,00
Peso de la Piedra Secado al aire	218,50
Peso de la Piedra Secado al aire - Peso de la Piedra Seca a 150°C	4,5
% Absorción	2,10

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954



R.U.C. 20264836251
Jr. Camila Morey N° 229
Telf. (094) 022003 - 020488 - TARAPOTO
Telf. (094) 332420 - YURIMAGUAS
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

HUMEDAD NATURAL (AGREGADO GRUESO)

- Tesis** : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
- Ubicación** : DISTRITO DE TARAPOTO
- Solicita** : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
- Canteras** : CANTERA 10 DE AGOSTO RIO CUMBAZA
- Realizado** : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
- Fecha** : JUNIO - 2009.

Nº del recipiente	45
Peso de recip. + suelo humedo	162,56
Peso del recip.+ suelo seco	157,04
Tara	31,50
Peso del agua	5,52
Peso del suelo seco	125,54
Contenido de humedad (%)	4,40

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores AREVALO S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.A.P 36198

8.1.2. CANTERA 03 DE OCTUBRE.



R.U.C. 20204635251
 J. Carnilla Mosey N° 229
 Telf. (094) 522003 - 528489 - TARAPOTO
 Telf. (094) 302420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

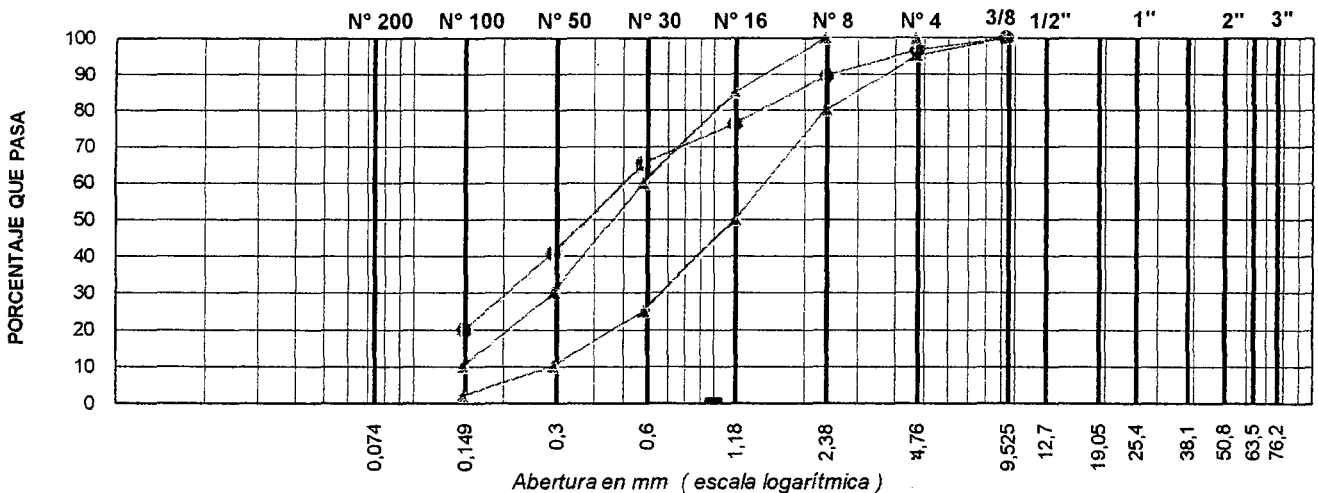
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M. **Fecha:** JUNIO - 2009.

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
			retenido	acumulado	que pasa					
							PESO TOTAL 500,0 grs.			
3/8"	9,525	0,0	0,0	0,0	100,0	100	CARACTERISTICAS FISICAS			
1/4"	6,350									
N°4	4,760	17,4	3,5	3,5	96,5	95 - 100			Diámetro Nominal Maximo	4,76
N°6	3,360								Modulo de Finura	2,12
N°8	2,380	34,90	7,0	10,5	89,5	80 - 100			Peso Especifico Seco (gr/cc)	2,49
N°10	2,000								Absorción (%)	1,54
N°16	1,190	66,57	13,3	23,8	76,2	50 - 85			Humedad (%)	7,70
N°20	0,840								Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1609,0
N°30	0,590	54,34	10,9	34,7	65,3	25 - 60			Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1674,0
N°40	0,420									
N°50	0,297	122,34	24,5	59,2	40,8	10 - 30				
N°80	0,177									
N°100	0,149	104,56	20,9	80,1	19,9	2 - 10				
< N°100	0,000	99,00	19,8	99,9	0,1					

REPRESENTACION GRAFICA

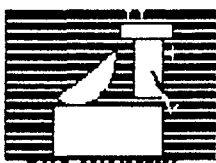


Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



R.U.C. 2026463021
Jr. División Almirante N° 229
Telf. (054) 022003 - 022100 - TARAPOTO
Telf. (099) 082 400 - YUMAHUAN
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más material (gr)	10015	10045	10013	9896	9890	9880
Peso del molde (gr)	6530	6530	6530	6530	6530	6530
Peso del material (gr)	3485	3515	3483	3366	3360	3350
Volúmen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario del material (kg/m3)	1670	1684	1669	1613	1610	1605
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1674			1609		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBALLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P 36193



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

INDEPENDIENTE DE AREVALO GENERAL

R.U.D. 20204937281
Jr. Carrón Moray N° 228
Tel. 00-0 822003 - 822496 - TARAPOTO
Tel. 00-0 822420 - YUMAYULLAS
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASPALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

D A T O S

Peso del Suelo Seco (Wo)				200,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww)				414,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws)				533,6	grs.
Peso Específico del Suelo				2,49	grs./cc.

Observaciones:

Reg. Marca INDECOPI. C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arévalo Putpaña
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARRAJAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 36198



R.U.C. 20204835231
J. Camilla Morey N° 228
Telf. (084) 522003 - 528488 - TARAPOTO
Telf. (084) 332420 - YURIMAQUAS
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

Recipiente N°	35
Tara + Arena Húmedo	111,88
Tara + Arena Seco	110,70
Tara	34,20
Peso de la Arena Seco	76,50
Agua	1,18
% Absorción	1,54

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954



R.U.C. 20294835251
J. Camila Morey N° 229
Telf. (094) 522003 - 529489 - TARAPOTO
Telf. (094) 352420 - YURIMAGUAS
TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

HUMEDAD NATURAL (AGREGADO FINO)


Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

N° del recipiente	51
Peso de recip. + suelo humedo	229,11
Peso del recip.+ suelo seco	215,25
Tara	35,25
Peso del agua	13,86
Peso del suelo seco	180,00
Contenido de humedad (%)	7,70

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CABAÑAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P 36198



R.U.C. 20204339201
 J. Camila Moray N° 220
 Telf. (094) 522005 - 528989 - TARAPOTO
 Telf. (094) 302420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

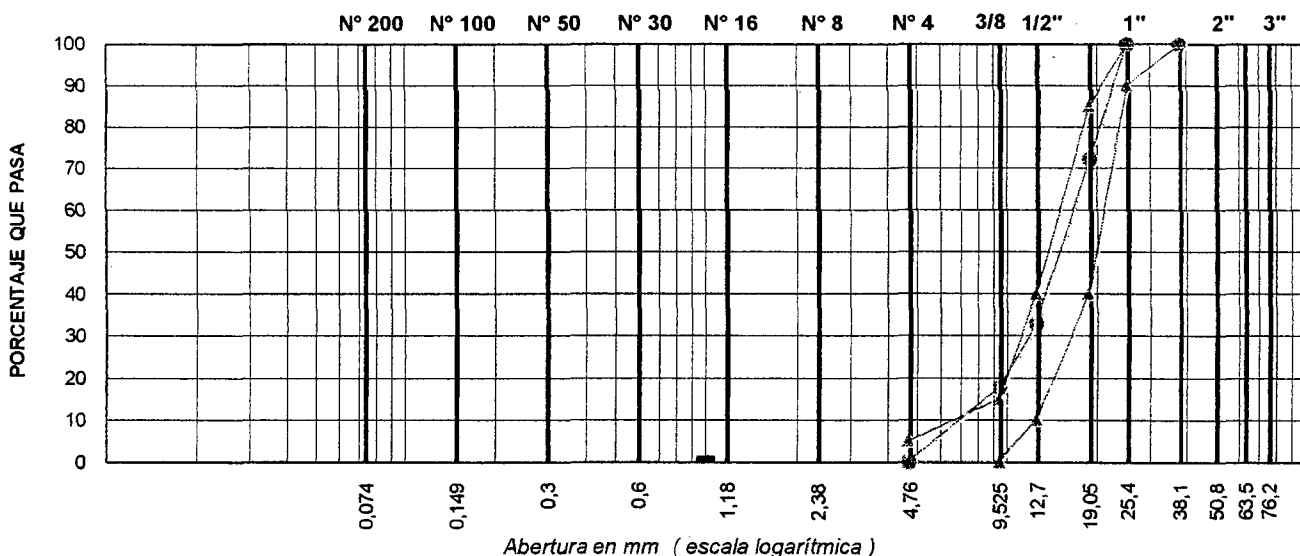
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M. **Fecha** : JUNIO - 2009

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa			
3"	76,200							
2 1/2"	63,500							
2"	50,800							
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0	100		
1"	25,400	0,00	0,0	0,0	100,0	90 - 100		
3/4"	19,050	8333,0	27,9	27,9	72,1	40 - 85	PESO TOTAL 29908,0 grs.	
1/2"	12,700	11726,0	39,2	67,1	32,9	10 - 40		
3/8"	9,525	4560,0	15,2	82,3	17,7	0 - 15		
1/4"	6,350							
N°4	4,760	5270,0	17,6	99,9	0,1	0 - 5		
< N° 4	0,000	19,0	0,1	100,0	0,0			
							CARACTERISTICAS FISICAS	
							Diámetro Nominal Maximo	1"
							Modulo de Finura	-
							Peso Especifico Seco (gr/cc)	2,38
							Absorción (%)	2,11
							Humedad (%)	4,40
							Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1564,0
							Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1664,0

REPRESENTACION GRAFICA

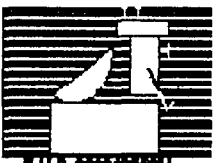


Consultores AREVALO S.R.Ltda

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA GARRAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTO ESTADÍSTICA

R.U.C. 202463021
Jr. Camilo Morúa N° 229
Tel. (04) 022003 - 029100 - TARAPOTO
Tel. (04) 022420 - YUMAHUASI
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más material (gr)	9992	9974	10045	9786	9807	9788
Peso del molde (gr)	6530	6530	6530	6530	6530	6530
Peso del material (gr)	3462	3444	3515	3256	3277	3258
Volúmen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario del material (kg/m3)	1659	1650	1684	1560	1570	1561
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1664			1564		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTO Y CIMENTACION

R.U.C. 2020430871
J. Carrillo Morey, N° 230
Telf. 094 822005 - 808166 - TARAPOTO
Telf. 094 822 420 - YUMBAQUAS
TARAPOTO - PERU

* MECANICA DE SUELOS

* CANTERAS

* LABORATORIO

* ASFALTOS

* PROYECTO DE CARRETERAS

* CONCRETOS

* CIMENTACIONES

* BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO

- Tesis** : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
- Ubicación** : DISTRITO DE TARAPOTO
- Solicita** : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
- Canteras** : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE
- Realizado** : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

D A T O S				
Peso del Frasco + Agua (Po)			1682,0	grs.
Peso de la Grava Seca (P)			476,0	grs.
Peso del Frasco + Agua + Grava (Ps)			1958,0	grs.
Peso Específico del Grueso			2,38	grs./cc.
Observaciones:				

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putuana
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.R.P. 36198



ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE


Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Peso de la Piedra Seca a 150°C	285,00
Peso de la Piedra Secado al aire	291,00
Peso de la Piedra Secado al aire - Peso de la Piedra Seca a 150°C	6,0
% Absorción	2,11

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARRAJAL
INGENIERO CIVIL
C.H.P 36198



HUMEDAD NATURAL (AGREGADO GRUESO)

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA CUMBAZA 03 DE OCTUBRE
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

N° del recipiente	45
Peso de recip. + suelo humedo	162,56
Peso del recip.+ suelo seco	157,04
Tara	31,50
Peso del agua	5,52
Peso del suelo seco	125,54
Contenido de humedad (%)	4,40

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

8.1.3. CANTERA JUAN GUERRA.



R.U.C. 2026430251
 J. Camila Morey N° 229
 Tel. (094) 022003 - 028466 - TARAPOTO
 Tel. (094) 302420 - YUPUNAGUAS
 TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO CIVIL

Material : ARENA RIO CUMBAZA

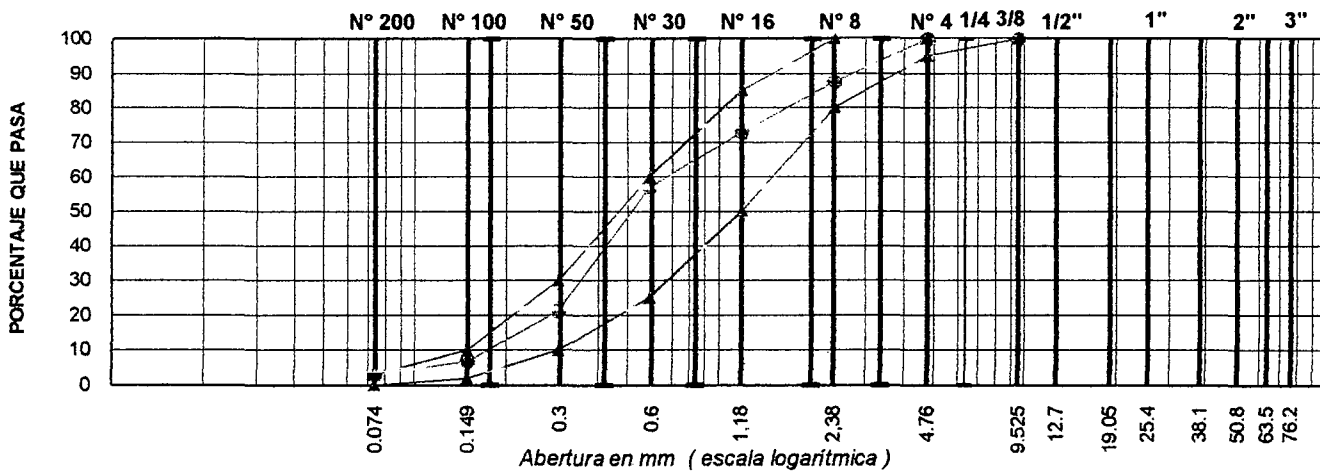
N° Muestra:

Prof. :

Fecha : JUNIO, 2009

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						PESO TOTAL 500.0 grs.
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
1/4"	6.350						LIMITE LIQUIDO
N°4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	95 - 100	LIMITE PLASTICO
N°6	3.360						INDICE PLASTICO
N°8	2.380	62.4	12.5	12.5	87.5	80 - 100	CLASIFICACION AASHTO A-1-b(0)
N°10	2.000	13.8	2.8	15.3	84.7		SUCS SW
N°16	1.190	59.2	11.8	27.1	72.9	50 - 85	OBSERVACIONES :
N°20	0.840	27.1	5.4	32.5	67.5		Arena bien graduada No Plástico, color gris.
N°30	0.590	52.3	10.5	43.0	57.0	25 - 60	
N°40	0.420	99.0	19.8	62.8	37.2		
N°50	0.297	79.6	15.9	78.7	21.3	10 - 30	
N°80	0.177						
N°100	0.149	72.6	14.5	93.2	6.8	2 - 10	
N°200	0.074	18.0	3.6	96.8	3.2	0 - 3	
PAN	-	16.0	3.2				

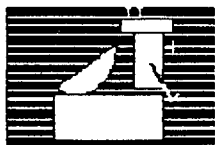
REPRESENTACION GRAFICA



INGENIERO

Consultores "AREVALO" S.R.L.
Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

[Signature]
MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.U.C. 2020451201
 J. Calle Moray N° 228
 Tel. (041) 822003 - 822004 - TARIAPOTO
 Tel. (083) 302400 - YUMAHUAS
 TARIAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA REGION SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Arena Cantera Juan Guerra (Rio Cumbaza)
Fecha : JUNIO, 2009

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más fino (gr)	15615	15655	15640	14850	14830	14880
Peso del molde (gr)	5975	5975	5975	5975	5975	5975
Peso del fino (gr)	9640	9680	9665	8875	8855	8905
Volúmen del molde (cc)	5808	5808	5808	5808	5808	5808
Peso Unitario del fino (kg/m ³)	1660	1667	1664	1528	1525	1533
Peso Unitario Promedio (Kg/m ³)	1664			1529		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "ARÉVALO" S.R.L.

Alfredo Arévalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36198



R.U.C. 2009163021
 Jr. Camilla Murray N° 239
 Telf. (051) 322003 - 322968 - TARIAPOTO
 Telf. (051) 302-423 - YUMBOGUAS
 TARIAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Arena Cantera Juan Guerra (Río Cumbaza)
Fecha : JUNIO, 2009

D A T O S					
Peso del Suelo Seco (Wo)				255.0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww)				330.0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws)				485.0	grs.
Peso Específico del Suelo				2.55	grs./cc.
Observaciones:					

Reg. Marca INDECOPI C - 60052954

Consultores "AREVALO" S.R.L.

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36108



R.U.C. 20294836261
 Jr. Camilla Morey N° 228
 Telf. (084) 322003 - 528488 - TARAPOTO
 Telf. (084) 332420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO - PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ABSORCIÓN (AGREGADO FINO)

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA REGION SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Material : Arena Cantera Juan Guerra (Río Cumbaza)

Fecha : JUNIO, 2009

Recipiente N°	41
Tara + Arena Húmedo	191.08
Tara + Arena Seco	189.71
Tara	53.05
Peso de la Arena Seco	136.66
Agua	1.37
% Absorción	1.0

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Cons. Arevalo S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpa
 GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36188



R.U.C. 20264930261
Jr. Camila Morey N° 229
Telf. (094) 522003 - 529489 - TARAPOTO
Telf. (094) 322420 - YURIMAGUAS
TARAPOTO-PERU

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

HUMEDAD NATURAL (AGREGADO FINO)

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Material : Arena Cantera Juan Guerra (Río Cumbaza)

Fecha : JUNIO, 2009

N° del recipiente	22
Peso de recip. + suelo humedo	310.05
Peso del recip. + suelo seco	304.56
Tara	36.85
Peso del agua	5.49
Peso del suelo seco	267.71
Contenido de humedad (%)	2.05

Reg. Marca INDECOPi C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda.


Alfredo Arévalo Putpañ
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 30180



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.U.C. 2025430231
 Jr. Camilo Morey N° 228
 Tel. (094) 622003 - 628468 - TARAPOTO
 Telf. (094) 342420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

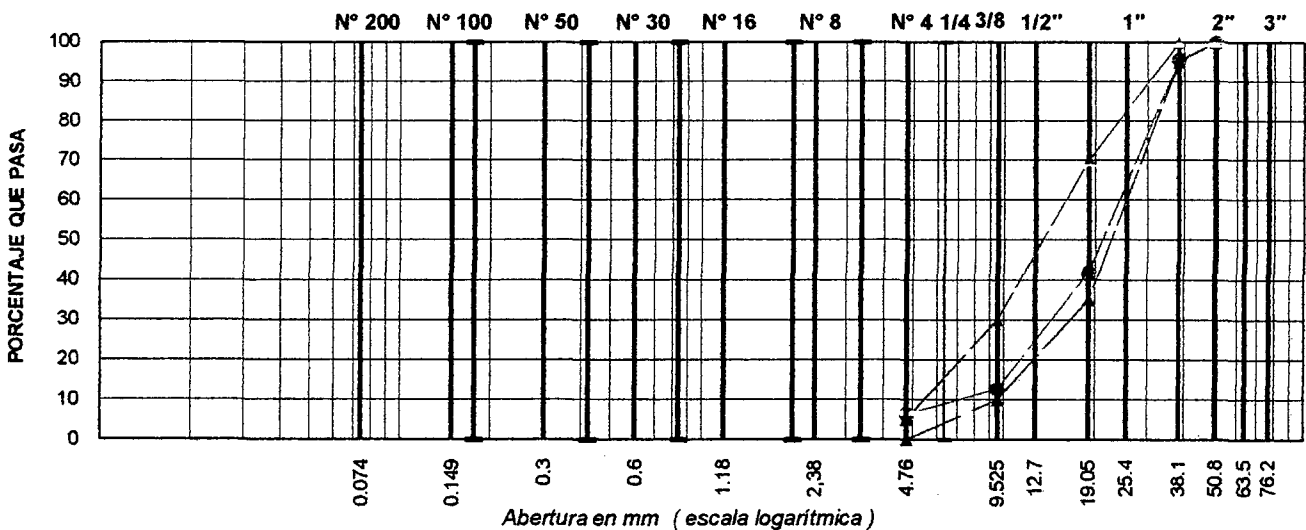
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO CIVIL
Material : PIEDRA RIO CUMBAZA
N° Muestra: Prof. : **Calicata :** **Fecha :** JUNIO, 2009

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800				100.0	100	
1 1/2"	38.100	763.4	4.4	4.4	95.6	95 - 100	
1"	25.400	4374.7	25.3	29.7	70.3		
3/4"	19.050	4914.9	28.4	58.1	41.9	35 - 70	PESO TOTAL 17317.2 grs.
1/2"	12.700	3831.8	22.1	80.2	19.8		
3/8"	9.525	1221.3	7.1	87.3	12.7	10 - 30	
1/4"	6.350						LIMITE LIQUIDO
N°4	4.760	1085.1	6.3	93.6	6.4	0 - 5	LIMITE PLASTICO
N°6	3.360						INDICE PLASTICO
N°8	2.380						CLASIFICACION AASHTO
N°10	2.000						SUCS
N°16	1.190						
N°20	0.840						
N°30	0.590						
N°40	0.420						
N°50	0.297						OBSERVACIONES :
N°80	0.177						
N°100	0.149						
N°200	0.074						
PAN	-						

REPRESENTACION GRAFICA



Consultores AREVALO S.R.L.

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.B. 2850



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



R.U.C. 3029498391
 J. Calle Miraflores N° 228
 Tel. (054) 822003 - 822008 - TARAPOTO
 Tel. (054) 352420 - YLIPUAGUAS
 TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO


Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA REGION SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Piedra Cantera Juan Gerra (Rio Cumbaza)
Fecha : JUNIO, 2009

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más grava (gr)	15390	15418	15425	14390	14370	14400
Peso del molde (gr)	5975	5975	5975	5975	5975	5975
Peso de la grava (gr)	9415	9443	9450	8415	8395	8425
Volúmen del molde (cc)	5808	5808	5808	5808	5808	5808
Peso Unitario de la Grava (kg/m3)	1621	1626	1627	1449	1445	1451
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1625			1448		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.L.


 Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


 MARCO ANTONIO CABRERA CARBAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 36198



R.U.C. 202603081
 J. Carrilón Maury N° 239
 Tel. 084 022003 - 022100 - TARIAPOTO
 Tel. 084 032400 - TUMBACHA
 TARIAPOTO - PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Piedra cantera Juan Guerra (Río Cumbaza)
Fecha : JUNIO, 2009

D A T O S					
Peso del Frasco + Agua (Po)				1640.0	grs.
Peso de la Grava Seca (P)				810.0	grs.
Peso del Frasco + Agua + Grava (Ps)				2126.0	grs.
Peso Específico del Grueso				2.50	grs./cc.
Observaciones: _____					

Reg. Marca INDECOPI C - 00032954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 36198



R.U.C. 20284836261
Jr. Camilla Murey N° 228
Telf. (084) 322003 - 328489 - TARAPOTO
Telf. (084) 362420 - YURIMAGUAS
TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

ABSORCIÓN (AGREGADO GRUESO)

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Material : Piedra Cantera Juan Gerra (Rio Cumbaza)

Fecha : JUNIO, 2009

Recipiente N°	35
Peso de la Piedra Húmedo	216.84
Peso de la Piedra Seco	216.01
Peso del Agua	0.83
Peso de la Tara	124.02
Peso de la Piedra	91.99
% Absorción	0.90

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "ARÉVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 36198



HUMEDAD NATURAL (AGREGADO GRUESO)

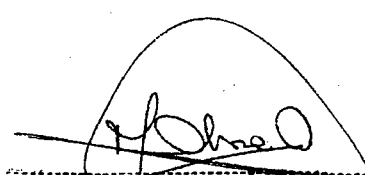
Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Piedra cantera Juan Guerra (Rio Cumbaza)
Fecha : JUNIO, 2009

N° del recipiente	15
Peso de recip. + suelo humedo	660.35
Peso del recip. + suelo seco	652.40
Tara	40.12
Peso del agua	7.95
Peso del suelo seco	612.28
Contenido de humedad (%)	1.30

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
C.I.B. 21000

8.1.4. CANTERA SHAPAJA.



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.U.C. 20254835281
 J. García Moray N° 229
 Telf. (084) 322003 - 322969 - TARAPOTO
 Telf. (084) 322420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

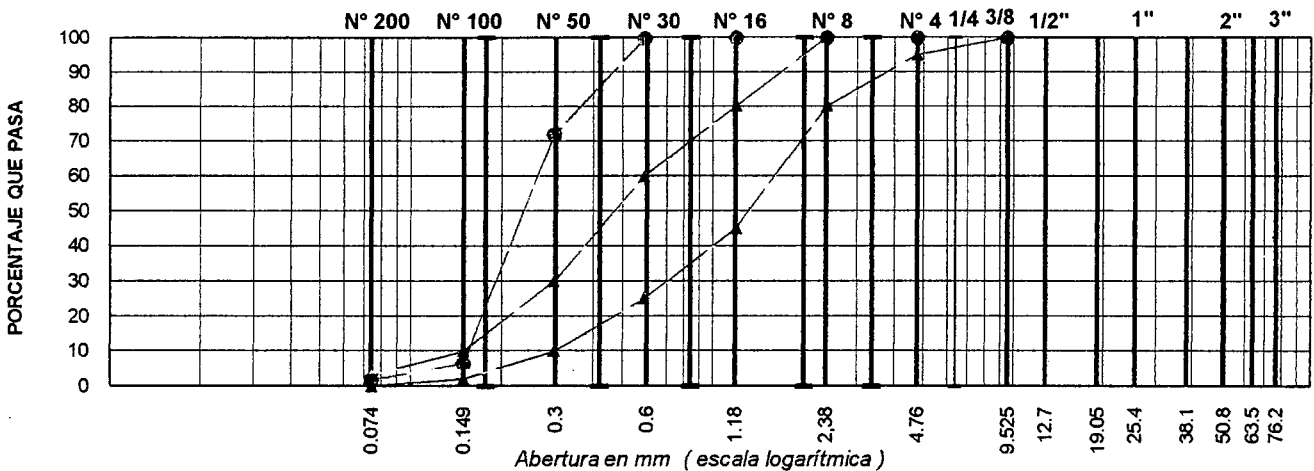
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Arena cantera Shapaja (Río Huallaga)
N° Muestra: Prof. : **Fecha** JUNIO, 2009

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						PESO TOTAL 500.0 grs.
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1/4"	6.350						LIMITE LIQUIDO
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	LIMITE PLASTICO
N°6	3.360						INDICE PLASTICO
N°8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100	CLASIFICACION AASHTO
N°10	2.000						SUCS
N°16	1.190	0.00	0.00	0.00	100.00	45 - 80	OBSERVACIONES :
N°20	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena pobremente graduada fina limosa No Plástico,
N°30	0.590	1.00	0.20	0.20	99.80	25 - 60	color crema.
N°40	0.420	19.00	3.80	4.00	96.00		
N°50	0.297	120.00	24.00	28.00	72.00	10 - 30	Dosificación:
N°80	0.177						Piedra : 55%
N°100	0.149	328.00	65.60	93.60	6.40	2 - 10	Arena : 45%
N°200	0.074	23.00	4.60	98.20	1.80	0 - 3	
PAN	-	9.00	1.80				M.F. = 1.7%

REPRESENTACION GRAFICA



Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.U.C. 2025463281
J. García Morán Nº 230
Tel. 094 022003 - 02046 - TARAPOTO
Tel. 094 338460 - YUMAHUAS
TARAPOTO - PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más fino (gr)	10175	10206	10225	9898	9845	9839
Peso del molde (gr)	6520	6520	6520	6520	6520	6520
Peso del fino (gr)	3655	3686	3705	3378	3325	3319
Volúmen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario del fino (kg/m3)	1751	1766	1775	1619	1593	1590
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)	1764			1601		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOP: C - 00052964

Consultoras "AREVALO" S.R.Ltda

Elfrida Arevalo Putana
GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL



R.U.C. 2022403281
 Jr. Carrón Moray N° 228
 Telf. 00-9 822205 - 822100 - TARAPOTO
 Telf. 00-9 822120 - YLUMAYUJAS
 TARAPOTO - PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASPALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

D A T O S

Peso del Suelo Seco (Wo)				200,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua (Ww)				1216,0	grs.
Peso del Frasco + Peso del Agua + Peso Suelo (Ws)				1340,9	grs.
Peso Específico del Suelo				2,66	grs./cc.

Observaciones:

Reg. Marca INDECOP) C - 00052654

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL



R.U.C. 20284638261
J. Camilla Morey N° 229
Telf. (094) 622003 - 620498 - TARAPOTO
Telf. (094) 302420 - YUMAGUAS
TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

Recipiente N°	28
Tara + Arena Húmedo	410,91
Tara + Arena Seco	408,74
Tara	45,50
Peso de la Arena Seco	363,24
Agua	2,17
% Absorción	0,60

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arévalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBALLO
INGENIERO CIVIL



R.U.C. 20294836281
J. Camila Morey N° 228
Telf. (084) 522003 - 528488 - TARAPOTO
Telf. (084) 332420 - YURIMAQUAS
TARAPOTO-PERU

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS

HUMEDAD NATURAL (AGREGADO FINO)

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.


N° del recipiente	55
Peso de recip. + suelo humedo	173,47
Peso del recip.+ suelo seco	170,09
Tara	34,73
Peso del agua	3,38
Peso del suelo seco	135,36
Contenido de humedad (%)	2,50

OBSERVACIONES : _____

LABORATORIO

INGENIERO

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARRILLO
INGENIERO CIVIL



R.U.C. 2026433251
 Jr. Camila Morey N° 228
 Telf. (044) 322003 - 328489 - TARAPOTO
 Telf. (084) 352420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

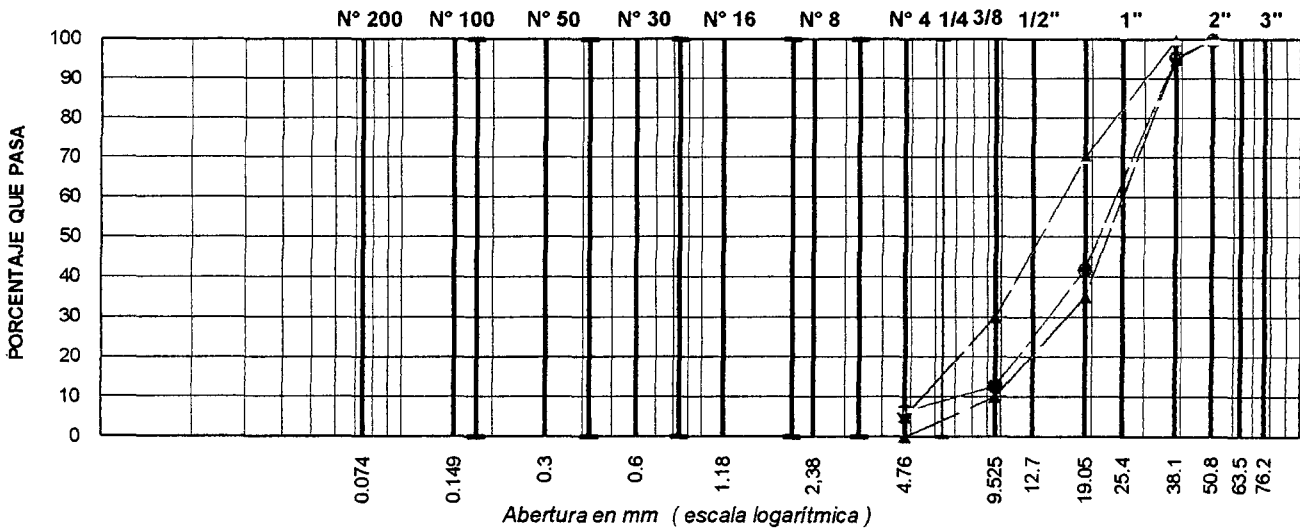
- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Material : Piedra cantera Shapaja (Río Huallaga) **Calicata :**
N° Muestra: **Prof. :** **Fecha :** JUNIO, 2009

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800				100.0	100	
1 1/2"	38.100	763.4	4.4	4.4	95.6	95 - 100	
1"	25.400	4374.7	25.3	29.7	70.3		
3/4"	19.050	4914.9	28.4	58.1	41.9	35 - 70	PESO TOTAL 17317.2 grs.
1/2"	12.700	3831.8	22.1	80.2	19.8		
3/8"	9.525	1221.3	7.1	87.3	12.7	10 - 30	
1/4"	6.350						LIMITE LIQUIDO
N°4	4.760	1085.1	6.3	93.6	6.4	0 - 5	LIMITE PLASTICO
N°6	3.360						INDICE PLASTICO
N°8	2.380						CLASIFICACION AASHTO
N°10	2.000						SUCS
N°16	1.190						
N°20	0.840						
N°30	0.590						
N°40	0.420						
N°50	0.297						OBSERVACIONES :
N°80	0.177						
N°100	0.149						
N°200	0.074						
PAN	-						

REPRESENTACION GRAFICA



Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arévalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.L.O. 2025493031
J. García Morey Nº 239
Tel. 094 823003 - 823009 - TARAPOTO
Tel. 094 823009 - YUMAHUAS
TARAPOTO - PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES

Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO

Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA

Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA

Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.

Fecha : JUNIO - 2009.

ENSAYO N° 1	COMPACTADO			SIN COMPACTAR		
	1	2	3	1	2	3
DETERMINACION N°						
Peso del molde más grava (gr)	10305	10510	10300	10135	10205	10262
Peso del molde (gr)	6520	6520	6520	6520	6520	6520
Peso de la grava (gr)	3785	3990	3780	3615	3685	3742
Volumen del molde (cc)	2087	2087	2087	2087	2087	2087
Peso Unitario de la Grava (kg/m ³)	1814	1912	1811	1732	1766	1793
Peso Unitario Promedio (Kg/m ³)	1846			1764		
Observaciones:						

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

R.U.C. 2025463081
J. Camilo Morey N° 228
Tel. (05) 822003 - 822104 - TARAPOTO
Tel. (05) 822480 - YUMAHUA
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

D A T O S					
Peso del Frasco + Agua (Po)				1555,0	grs.
Peso de la Grava Seca (P)				700,0	grs.
Peso del Frasco + Agua + Grava (Ps)				1990,6	grs.
Peso Especifico del Grueso				2,65	grs./cc.
Observaciones:					

Reg. Marca INDECOP: C - 00082864

Consultor: s "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL



R.U.C. 20294835231
Jr. Camila Morey N° 229
Telf. (094) 522003 - 528488 - TARAPOTO
Telf. (094) 302420 - YUMIAGUAS
TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

* MECANICA DE SUELOS * CANTERAS * LABORATORIO * ASFALTOS
* PROYECTO DE CARRETERAS * CONCRETOS * CIMENTACIONES * BOCATOMAS


ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

Peso de la Piedra Seca	700,00
Peso de la Piedra con Agua	703,50
Peso Piedra con Agua - Peso Piedra	3,50
% Absorción	0,50

Consultor: s "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARRAL
INGENIERO CIVIL



HUMEDAD NATURAL (AGREGADO GRUESO)

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicación : DISTRITO DE TARAPOTO
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Canteras : CANTERA RIO HUALLAGA
Realizado : BACH. ERIC JAVIER MOSQUERA M.
Fecha : JUNIO - 2009.

N° del recipiente	51
Peso de recip. + suelo humedo	197,22
Peso del recip. + suelo seco	194,81
Tara	34,55
Peso del agua	2,41
Peso del suelo seco	160,26
Contenido de humedad (%)	1,50

**8.1.5. ENSAYO DE ABRASION:
RIO CUMBAZA Y HUALLAGA.**



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

R.U.C. 20284635231
 J. Camila Murey N° 228
 Telf. (084) 522003 - 528489 - TARAPOTO
 Telf. (084) 332420 - YURIMAQUAS
 TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicacion : PROVINCIA SAN MARTIN
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Fecha : JUNIO - 2009.

INFORME N° AG - 00013

Código : NTP 400.019.2002
Título : AGREGADOS. Metodo de ensayos normalizado para la determinacion de la resistencia a la degradacion en agregados gruesos de tamaño menores por abrasion en la maquina de los Angeles
Código : ASTM C131:2003
Título : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small - Siza Coarse Aggregate By Abrasion in the Los Angeles Machine

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

DESCRIPCION MUESTRA	NORMA EMPLEADA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
CANTERA CUMBAZA AGREGADO GRUESO	ASTM C 131-2000	67,0%	Abrasion Máquina de los Ángeles Gradación A

Observaciones:

Muestreo, colección, preparación, transporte e identificación realizados por el solicitante.

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 56198



R.U.C. 20284935201
 J. Ganita Morey N° 228
 Telf. (084) 522003 - 529498 - TARAPOTO
 Telf. (094) 352420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO-PERU

CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.

ESTUDIOS DE PROYECTOS Y GEOTECNIA

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tesis : EVALUACION DE LAS CANTERAS DE LA PROVINCIA DE SAN MARTIN PARA USO EN OBRAS CIVILES
Ubicacion : PROVINCIA SAN MARTIN
Solicita : BACH. ERICK JAVIER MOSQUERA MENDOZA
Fecha : JUNIO - 2009.

INFORME N° AG - 00013

Código : NTP 400.019.2002
Título : AGREGADOS. Metodo de ensayos normalizado para la determinacion de la resistencia a la degradacion en agregados gruesos de tamaño menores por abrasion en la maquina de los Angeles
Código : ASTM C131:2003
Título : Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small - Siza Coarse Aggregate By Abrasion in the Los Angeles Machine

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

DESCRIPCION MUESTRA	NORMA EMPLEADA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
CANTERA HUALLAGA AGREGADO GRUESO SECTOR SHAPAJA	ASTM C 131-2000	19,1%	Abrasion Máquina de los Ángeles Gradación A

Observaciones:

Muestreo, coleccion, preparacion, transporte e identificacion realizados por el solicitante.

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL

8.2. ANEXO 02: DISEÑO DE MEZCLAS.

8.2.1. CANTERA RIO CUMBAZA.



R.U.C. 2026431281
J. Camilo Moray Nº 29
Tel. 054 022003 - 02960 - TARAPOTO
Tel. 054 302 420 - YURUAGUAS
TARAPOTO-PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE Fc = 140 Kg/cm²

Grava y Arena Cantera 10 de Agosto Rio Cumbaza

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Especifico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado 1667 Kg/m³

- Peso Seco sin Compactar 1603 Kg/m³

- Peso Especifico de Masa 2,48 gr/cc

- Porcentaje de Absorción 1,50 %

- Contenido de Humedad 7,70 %

- Módulo de Fineza 2,10

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado 1659 Kg/m³

- Peso Seco sin Compactar 1565 Kg/m³

- Peso Especifico de Masa 2,45 gr/cc

- Porcentaje de Absorción 2,1 %

- Contenido de Humedad 4,4 %

- Tamaño Máximo del Agregado 1,1/2"

METODO DISEÑO: A.C.I. (COMITÉ 613)

- Asentamiento 2" - 3" Máx.

- Factor Cemento 7,0 bolsas/m³

- Relación Agua Cemento 0,608

- Relación en Peso 1 : 2,9 : 3,4

- Relación en Volumen (Pie³) 1 : 2,5 : 3,1

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento 298 Kg/m³

- Agua 181 Lts/m³

- Agregado Fino 806 Kg/m³

- Agregado Grueso 975 Kg/m³

PROPORCIÓN EN VOLUMEN / PIE³

- Cemento 1.0 Bolsa

- Arena 2.5 Pie³

- Piedra 3.1 Pie³

- Agua 25,8 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

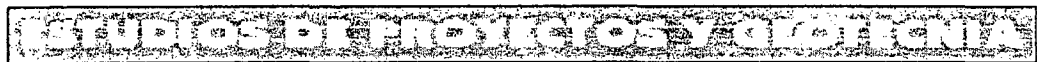
Tarapoto, Junio del 2,009

Consultora "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

MARCO ANTONIO CARRERA SARRAJAL
INGENIERO CIVIL
C.H.P 36198



R.U.C. 2025430231
 Jr. Carría Masry N° 229
 Tarapoto - Tarma - PERU
 Tel. 094 822043 - 822044 - TARAPOTO
 Telf. 094 302 420 - YURUANGUAS
 TARAPOTO PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE $F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

Grava y Arena Cantera 10 de Agosto Rio Cumbaza

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Especifico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado 1667 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1603 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,48 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 1,50 %
 - Contenido de Humedad 7,70 %
 - Módulo de Fineza 2,10

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado 1659 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1565 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,45 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 2,1 %
 - Contenido de Humedad 4,4 %
 - Tamaño Máximo del Agregado 1,1/2"

METODO DISEÑO: A.C.I. (COMITÉ 613)

- Asentamiento 2" - 3" Máx.
 - Factor Cemento 8,4 bolsas/m³
 - Relación Agua Cemento 0,506
 - Relación en Peso 1 : 2,4 : 2,8
 - Relación en Volumen (Pie³) 1 : 2,1 : 2,6

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento 357 Kg/m³
 - Agua 181 Lts/m³
 - Agregado Fino 786 Kg/m³
 - Agregado Grueso 948 Kg/m³

PROPORCIÓN EN VOLUMEN / PIE³

- Cemento 1.0 Bolsa
 - Arena 2.1 Pie³
 - Piedra 2,6 Pie³
 - Agua 21,5 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

Tarapoto, Junio del 2,009

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 GERENTE GENERAL

Reg. Marca INDECOPI C - 00052054

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 Cd.P 36198



CONSULTORES AREVALO SOC. R. LTDA.



R.U.C. 2008438271
J. Camilo Muro, N° 229
Tel. 054 322003 - 329160 - TARAPOTO
Tel. 054 328420 - YUMAHUAS
TARAPOTO - PERU

- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Grava y Arena Cantera 10 de Agosto Rio Cumbaza

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Especifico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado 1667 Kg/m^3

- Peso Seco sin Compactar 1603 Kg/m^3

- Peso Especifico de Masa 2,48 gr/cc

- Porcentaje de Absorción 1,5 %

- Contenido de Humedad 7,7 %

- Módulo de Fineza 2,1

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado 1659 Kg/m^3

- Peso Seco sin Compactar 1565 Kg/m^3

- Peso Especifico de Masa 2,45 gr/cc

- Porcentaje de Absorción 2,1 %

- Contenido de Humedad 4,4 %

- Tamaño Máximo del Agregado 1,1/2"

METODO DISEÑO: A.C.I. (COMITÉ 613)

- Asentamiento 2" - 3" Máx.

- Factor Cemento 9,5 bolsas/ m^3

- Relación Agua Cemento 0,447

- Relación en Peso 1 : 2,1 : 2,4

- Relación en Volumen (Pie³) 1 : 1,8 : 2,2

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento 404 Kg/m^3

- Agua 181 Lts/m^3

- Agregado Fino 769 Kg/m^3

- Agregado Grueso 929 Kg/m^3

PROPORCIÓN EN VOLUMEN / PIE³

- Cemento 1.0 Bolsa

- Arena 1.8 Pie³

- Piedra 2.2 Pie³

- Agua 19,0 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

Tarapoto, Junio del 2,009

Consultores "AREVALO" S.R.Ltda


Alfredo Arevalo Putpaña
GERENTE GENERAL

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954


MARCO ANTONIO CABRERA CARBAL
INGENIERO CIVIL
C.d.P 36198

8.2.2. CANTERA RIO HUALLAGA.



Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE $F_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$
Grava y Arena Cantera Río Huallaga

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Especifico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado 1764 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1601 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,66 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 0,60 %
 - Contenido de Humedad 2,50 %
 - Módulo de Fineza 2,70 %

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado 1846 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1764 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,65 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 0,5 %
 - Contenido de Humedad 1,5 %
 - Tamaño Máximo del Agregado 1.1/2"

METODO DISEÑO: A.C.L (COMITÉ 613)

- Asentamiento 3" - 4" Máx.
 - Factor Cemento 6,5 bolsas/m³
 - Relación Agua Cemento 0,655
 - Relación en Peso 1 : 3,3 : 3,9
 - Relación en Volumen (Pie³) 1 : 3 : 3,3

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento 276 Kg/m³
 - Agua 181 Lts/m³
 - Agregado Fino 875 Kg/m³
 - Agregado Grueso 1065 Kg/m³

PROPORCIÓN POR PIE CUBICO

- Cemento 1.0 Bolsa
 - Arena 3,0 Pie³
 - Piedra 3,3 Pie³
 - Agua 27,8 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

ANALISIS DE LOS AGREGADOS (ARIDOS)

- Fracción Gruesa 55% - Fracción Fina 45%

Tarapoto, Junio del 2,009

Reg. Marca INDECOPI C - 90062954

Consultor s "AREVALO" S.R.Ltda

[Signature]
Atlixo Arevalo Pulpán
DIRECCION GENERAL

[Signature]
MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
INGENIERO CIVIL
I.R. 26198



- * MECANICA DE SUELOS
- * CANTERAS
- * LABORATORIO
- * ASFALTOS
- * PROYECTO DE CARRETERAS
- * CONCRETOS
- * CIMENTACIONES
- * BOCATOMAS

R.U.C. 2025030281
 Jr. Carrón Miray N° 228
 Tarapoto - Tarma - PERU
 Tel. 094 022008 - 020188 - TARAPOTO
 Tel. 094 302 420 - YURIMAGUAS
 TARAPOTO - PERU

Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE Fc = 175 Kg/cm²

Grava y Arena Cantera Rio Huallaga

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Especifico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado 1764 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1601 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,66 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 0,60 %
 - Contenido de Humedad 2,50 %
 - Módulo de Fineza 2,70 %

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado 1846 Kg/m³
 - Peso Seco sin Compactar 1764 Kg/m³
 - Peso Especifico de Masa 2,65 gr/cc
 - Porcentaje de Absorción 0,5 %
 - Contenido de Humedad 1,5 %
 - Tamaño Máximo del Agregado 1.1/2" %

METODO DISEÑO: A.C.I. (COMITÉ 613)

- Asentamiento 3" - 4" Máx.
 - Factor Cemento 8,0 bolsas/m³
 - Relación Agua Cemento 0,533
 - Relación en Peso 1 : 2,6 : 3,1
 - Relación en Volumen (Pie³) 1 : 2,3 : 2,6

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento 340 Kg/m³
 - Agua 181 Lts/m³
 - Agregado Fino 851 Kg/m³
 - Agregado Grueso 1036 Kg/m³

PROPORCIÓN POR PIE CUBICO

- Cemento 1.0 Bolsa
 - Arena 2,3 Pie³
 - Piedra 3,6 Pie³
 - Agua 22,7 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

ANALISIS DE LOS AGREGADOS (ARIDOS)

- Fracción Gruesa 55% - Fracción Fina 45%

Tarapoto, Junio del 2,009

Reg. Marca INDECOPI C - 00052954

Consultor: s "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
 C.E. GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBAJAL
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P 36198



Tesis: Evaluacion de las Canteras de la Provincia de San Martin para Uso en Obras Civiles

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO DE $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Grava y Arena Cantera Río Huallaga

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

- Peso Específico 3,11

AGREGADO FINO :

- Peso Seco Compactado	1764 Kg/m ³
- Peso Seco sin Compactar	1601 Kg/m ³
- Peso Específico de Masa	2,66 gr/cc
- Porcentaje de Absorción	0,60 %
- Contenido de Humedad	2,50 %
- Módulo de Fineza	2,70 %

AGREGADO GRUESO :

- Peso Seco Compactado	1846 Kg/m ³
- Peso Seco sin Compactar	1764 Kg/m ³
- Peso Específico de Masa	2,65 gr/cc
- Porcentaje de Absorción	0,5 %
- Contenido de Humedad	1,5 %
- Tamaño Máximo del Agregado	1.1/2" %

METODO DISEÑO: A.C.I. (COMITÉ 613)

- Asentamiento	3" - 4" Máx.
- Factor Cemento	9,0 bolsas/m ³
- Relación Agua Cemento	0,473
- Relación en Peso	1 : 2,2 : 2,7
- Relación en Volumen (Pie ³)	1 : 2 : 2,3

CANTIDAD DE INGREDIENTES POR METRO CUBICO (DOSIFICACION) :

- Cemento	383 Kg/m ³
- Agua	181 Lts/m ³
- Agregado Fino	833 Kg/m ³
- Agregado Grueso	1015 Kg/m ³

PROPORCIÓN POR PIE CUBICO

- Cemento	1.0 Bolsa
- Arena	2,0 Pie ³
- Piedra	2,3 Pie ³
- Agua	20,1 Lts. (Verificando el Asentamiento Slump)

ANALISIS DE LOS AGREGADOS (ARIDOS)

- Fracción Gruesa 55% - Fracción Fina 45%

Tarapoto, Junio del 2,009

Reg. Marca INDECOPI C - 96052964

Consultor a "AREVALO" S.R.Ltda

Alfredo Arevalo Putpaña
C. N.º GENERAL

MARCO ANTONIO CABRERA CARBALLO
INGENIERO CIVIL

8.3. ANEXO 03: PANEL FOTOGRAFICO.

8.3.1. PANEL FOTOGRAFICO CANTERAS.



**VISTA PANORAMICA DE CANTERA 03 DE
OCTUBRE.**





**APILAMIENTO DE MATERIAL EXTRAIDO DE LA
CANTERA 03 DE OCTUBRE.**





VISTA PANORAMICA DE CANTERA 10 DE AGOSTO.





**APILAMIENTO DE MATERIAL EXTRAIDO DE LA
CANTERA 10 DE AGOSTO.**

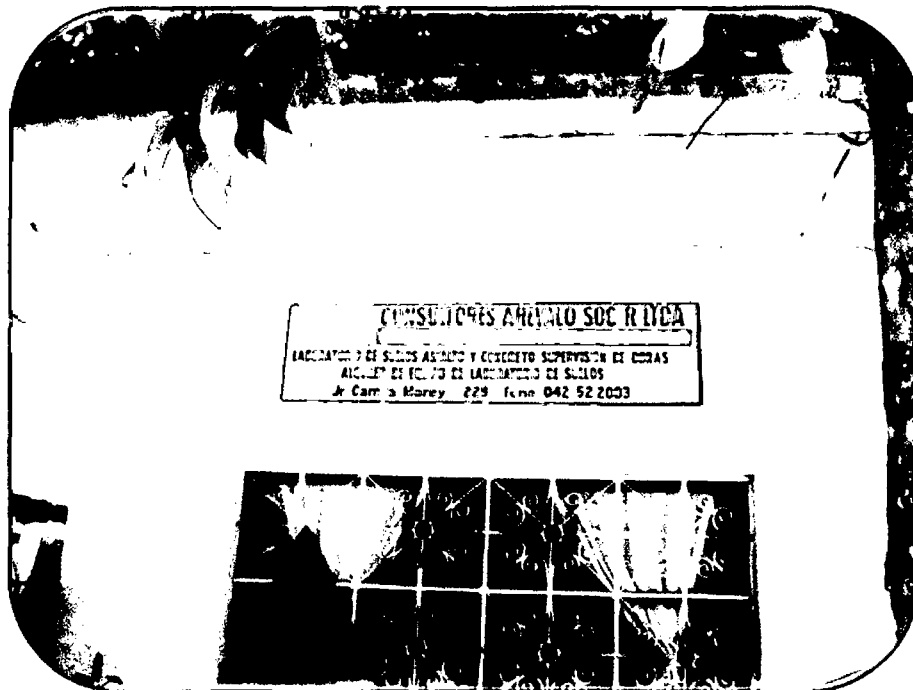




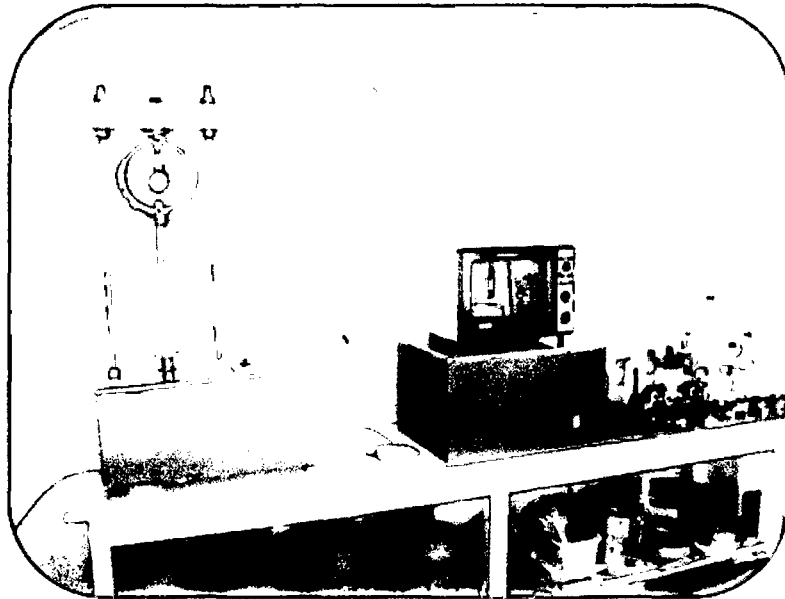
LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE JUAN GUERRA Y SHAPAJA SE ADQUIRIERON MEDIANTE COMPRA DE ESTE CON FINES CONSTRUCTIVOS A EMPRESAS DEDICADAS A ESTE RUBRO.



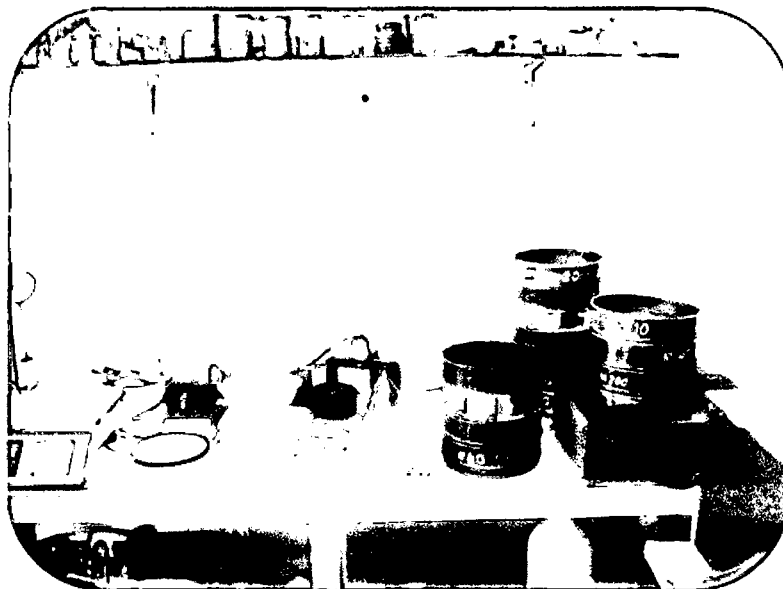
8.3.2. PANEL FOTOGRAFICO ENSAYOS DE LABORATORIO.

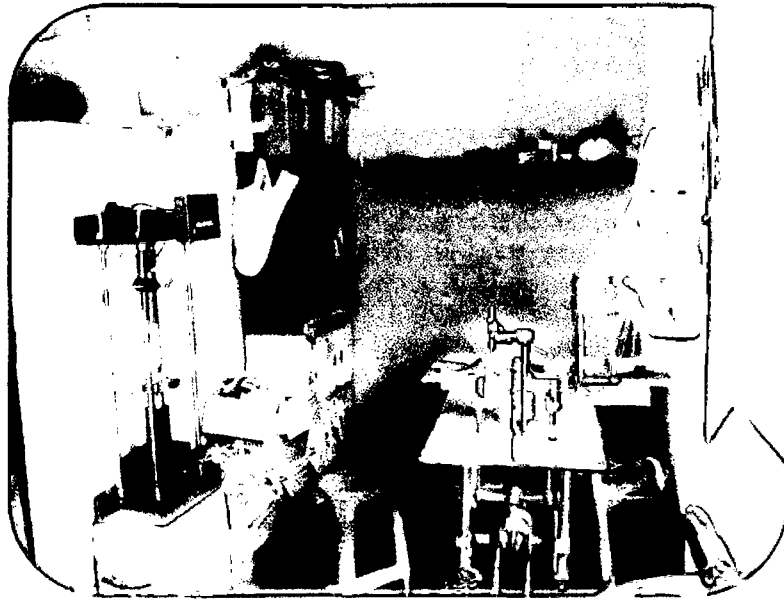


**LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
DONDE SE REALIZARON LOS ENSAYOS DE MATERIALES
PARA FINES DE INVESTIGACION PARA LA PRESENTE TESIS.**



**AMBIENTES Y EQUIPOS A SER UTILIZADOS
PARA LOS ENSAYOS DE MATERIALES.**





**AMBIENTES Y EQUIPOS A SER UTILIZADOS
PARA LOS ENSAYOS DE MATERIALES.**





**MUESTRAS EXTRAIDAS Y ADQUIRIDAS DE LAS
DISTINTAS CANTERAS EN ESTUDIO.**





**CUARTEO DE LOS AGREGADOS GRUESOS PARA
LOS DISTINTOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**





**CUARTEO DE LOS AGREGADOS FINOS PARA LOS
DISTINTOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**





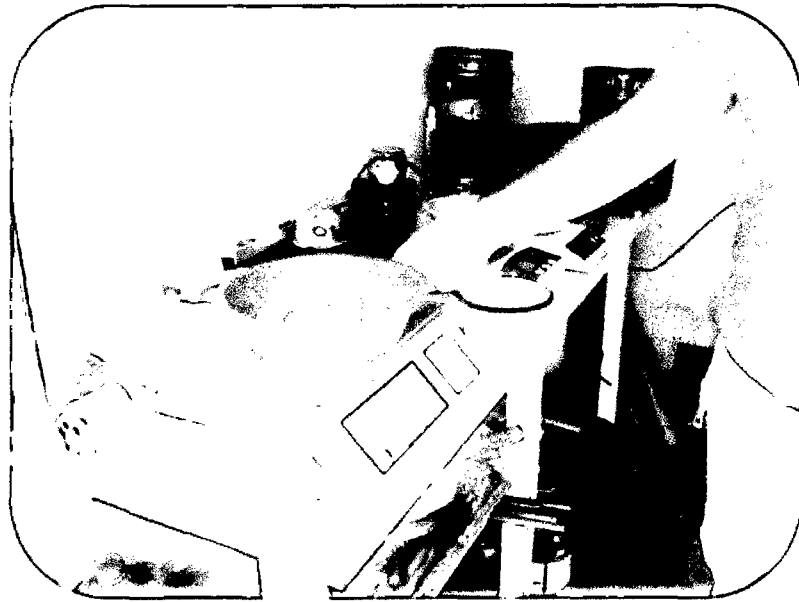
**OBTENCION DE MUESTRAS PARA EL ANALISIS
GRANULOMETRICO DE CADA UNO DE LOS
AGREGADOS EN ESTUDIO.**





TAMIZADOS DE MATERIALES (ANALISIS GRANULOMETRICO) DE CADA UNO DE LOS AGREGADOS EN ESTUDIO.





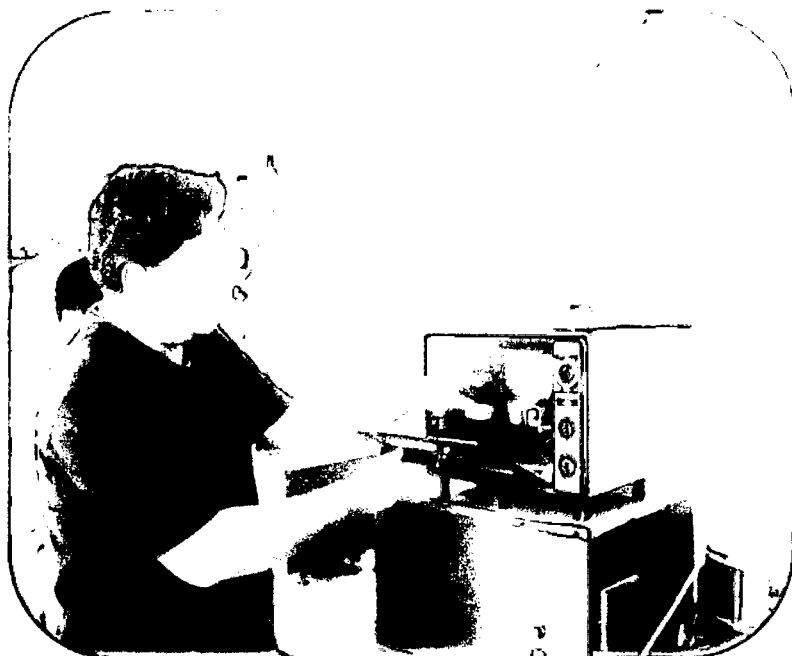
**PESADO DE MATERIAL RETENIDO EN CADA UNO DE
LAS MALLAS (ANALISIS GRANULOMETRICO) DE
CADA UNO DE LOS AGREGADOS EN ESTUDIO.**



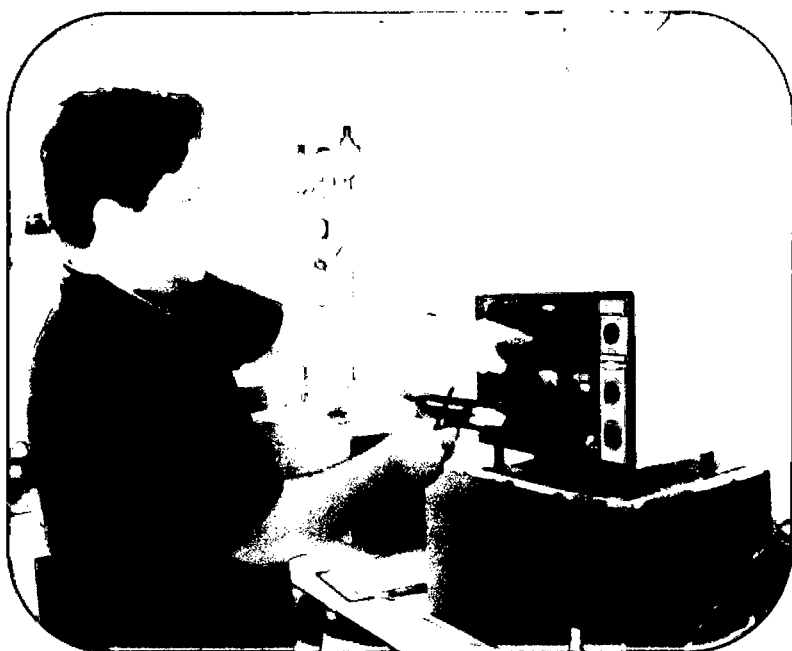


**SELECCION Y PESADO DE LAS MUESTRAS
(SATURADAS SUPERFICIALMENTE SECAS) ANTES
DE COLOCARSE EN LA ESTUFA.**





**COLOCADO DE LAS MUESTRAS EN LA ESTUFA Y
RETIRADO DE LAS MISMAS (24 HORAS DESPUES).**





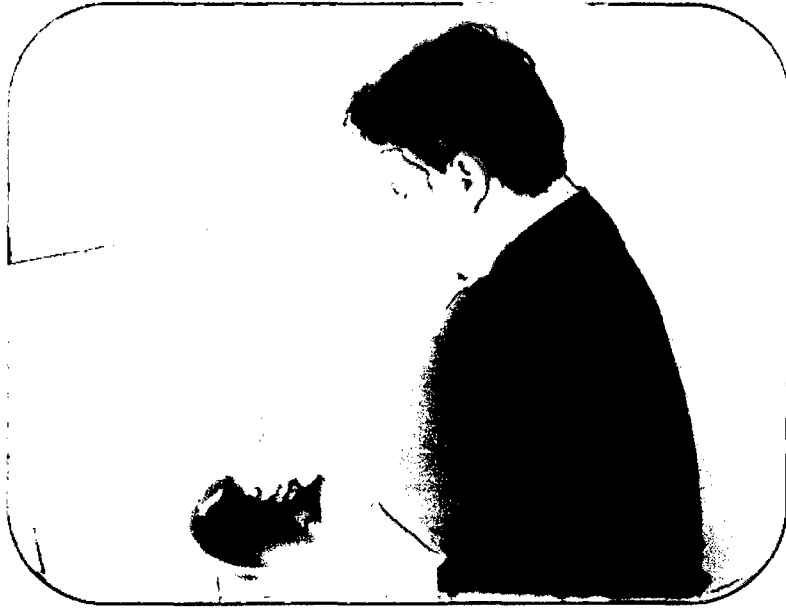
PESADO DE LAS MUESTRAS RETIRADAS DE LA ESTUFA (24 HORAS DESPUES).



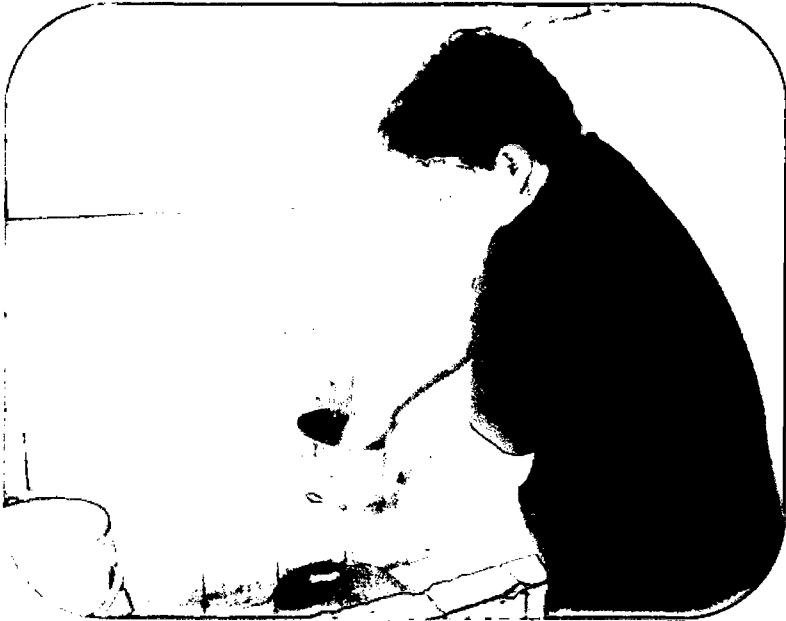


**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO
FINO DE LAS DISTINTAS CANTERAS EN ESTUDIO.**



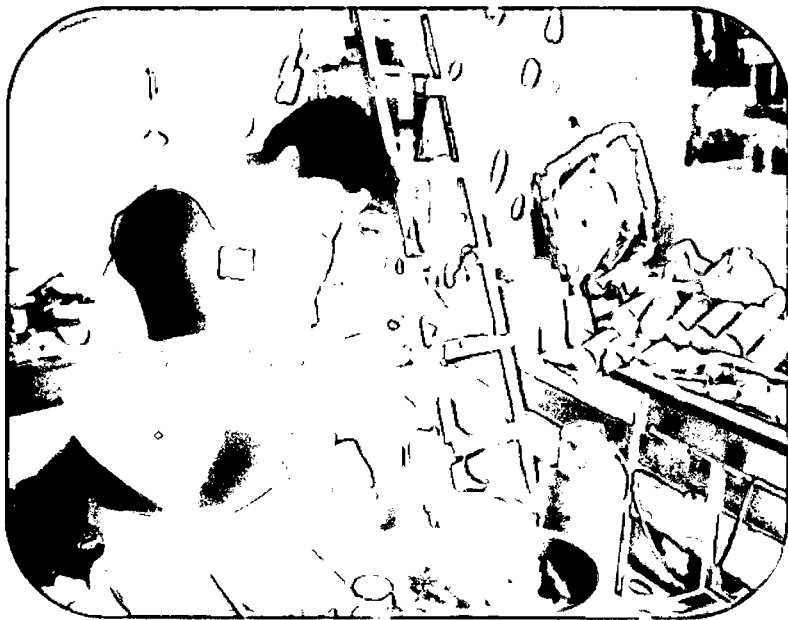


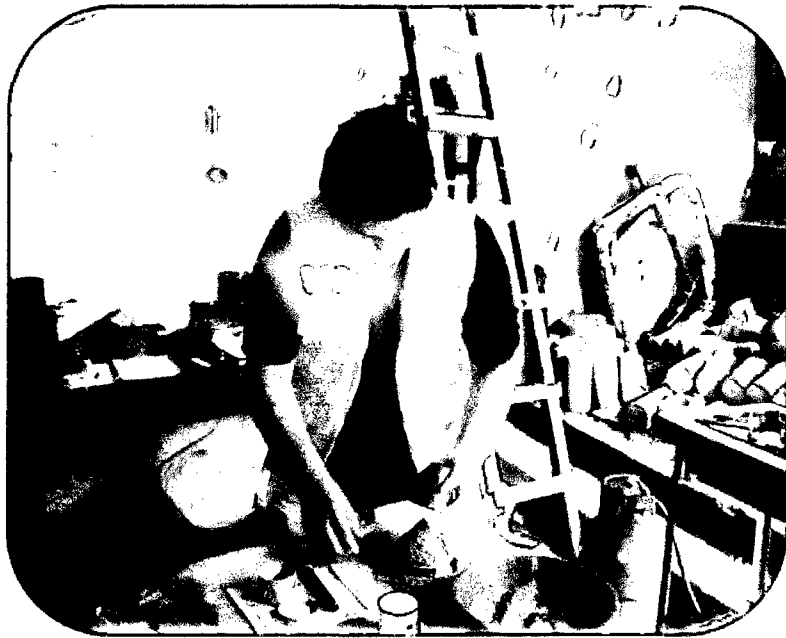
LAVADO DEL AGREDO FINO Y LAVADO DEL MATERIAL FINO RETENIDO EN LA MALLA 200.





**ENSAYO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION DEL
AGREGADO FINO DE LAS DISTINTAS CANTERAS
EN ESTUDIO.**





**TOMA DE MUESTRA DEL ENSAYO DE ABSORCION
PARA SER COLOCADO EN LA ESTUFA.**





**TRABAJO DE GABINETE Y PROCESAMIENTO DE DATOS
OBTENIDOS EN LOS DISTINTOS ENSAYOS DE
LABORATORIO UTILIZADOS PARA LA PRESENTE TESIS.**

8.4. ANEXO 04: MANUAL DE
ENSAYO DE MATERIALES
(EM 2000).



MUESTREO PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MTC E 201 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 75 y AASHTO T 2, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Reúne los procedimientos para la toma de muestras de roca, escoria, grava, gravilla, arena, y llenante mineral, que son utilizados como materiales de construcción de carreteras.

1.2 El muestreo contempla los siguientes fines:

- Investigación preliminar de las fuentes de suministro de materiales.
- Aceptación o rechazo de las fuentes y control de producción en ellas.
- Inspección de los materiales en la obra y control de operación de los materiales durante el trabajo.

Nota 1: Los ensayos de aceptación y control varían con el tipo de construcción en el cual se va a emplear el material. Las investigaciones preliminares y la toma de muestras de posibles yacimientos o fuentes y tipos de agregados, son factores, importantes para determinar las disponibilidades y las cualidades del material, en relación con la futura construcción.

2. REQUISITOS GENERALES

2.1 Muestras confiables. Donde sea posible, las muestras que se vayan a ensayar para determinar la calidad del material, serán obtenidas de productos terminados. Cuando se requiera ensayarlos para pérdidas por abrasión, no deberán someterse a procesos posteriores de trituración o de reducción de tamaño, a menos de que los tamaños de los productos terminados sean tales, que requieran de dicha reducción de tamaño, con el fin de poderlos ensayar.

2.2 Inspección. Todo material será inspeccionado con el fin de determinar variaciones apreciables del mismo. El proveedor deberá poner a disposición el equipo adecuado para dicha inspección y muestreo.

2.3 Procedimientos de muestreo.

a) Muestreo tomado de un flujo de descarga de agregados. (Tolva o banda de descarga). La selección de las unidades que se deberá ensayar, se hará por métodos al azar. Se obtendrán por lo menos tres (3) porciones aproximadamente iguales, elegidas al azar de las unidades que se estén muestreando, combinándolas para formar muestras de campo, con pesos iguales o mayores a los valores mínimos que se recomiendan dentro de la presente norma, en los numerales destinados a cada tipo de material. Cada porción se tomará directamente de toda la sección del flujo de material que se está descargando. Generalmente, es necesario tener un aparato especialmente fabricado, para utilizarlo en cada planta de producción particular. El aparato consistirá en una bandeja de tamaño suficiente para interceptar toda la sección del flujo de descarga y recoger la cantidad requerida de material, sin desbordarse. Puede ser necesario tener un conjunto de rieles para soportar la bandeja, cuando se pase por debajo del flujo de descarga. Hasta donde sea posible, se debe mantener la tolva permanentemente llena para disminuir la segregación.

Nota 2. Debe evitarse tomar las muestras de la descarga inicial o final de tolvas o bandas transportadoras, pues al hacerlo se aumentan las posibilidades de obtener material segregado.

b) Muestreo tomado de una banda transportadora. La selección de las unidades que se vayan a ensayar, deberá hacerse como se indica en primer párrafo del literal anterior. Se deberá detener la banda transportadora mientras se recogen las porciones de material. Hecho esto, se insertarán en el material sobre la banda, dos elementos con forma apropiada, separándolos en forma tal, que se obtenga la porción del peso requerido. En forma cuidadosa, se recogerá todo el material en un recipiente apropiado y los finos que queden se integrarán a la muestra, utilizando una brocha para pasarlos.

c) Muestreo tomado de depósitos apilados o de los equipos de transporte. Se debe evitar, en lo posible, el muestreo de agregados gruesos o de mezclas de agregados gruesos y finos, tomados de depósitos apilados o de equipos de transporte, especialmente cuando se hace el muestreo con el propósito de determinar propiedades de los agregados que pueden depender de la gradación de las muestras.

Si las circunstancias hacen necesaria la obtención de muestras de pilas de agregados gruesos, o de pilas de agregados gruesos y finos combinados, se diseñará un plan de muestreo para el caso específico bajo consideración.

Este definirá el número de muestras necesarias para representar grandes cantidades o cantidades parciales de tamaños de partículas específicas. Los principios generales del muestreo para depósitos

apilados o amontonados, son también aplicables para el muestreo tomado de camiones, vagones, planchones, embarcaciones u otras unidades de transporte.

d) Muestreo tomado en la vía. El sistema de selección de las unidades, descrito en el primer párrafo del literal a), es aplicable para este caso. Siguiendo este sistema, se tomarán todas las porciones de la muestra cuidando de excluir cualquier material subyacente. Se marcarán claramente los sitios de extracción de las porciones. Para escoger porciones con pesos aproximadamente iguales, utilícese una plantilla adecuada.

3. TAMAÑO Y NÚMERO DE MUESTRAS

3.1 En la toma de muestras, realizadas como se indicó antes, se obtiene una serie de muestras individuales representativas del material. Estas muestras pueden ser analizadas, bien sea independientemente para conocer la variabilidad de la fuente, o bien en su conjunto, para obtener la calidad media del material.

Cuando se pretenda obtener la calidad media de una fuente de materiales, almacenamiento o frente de obra, las muestras individuales podrán unirse total o parcialmente para formar una muestra compuesta de la cual, por reducción de tamaño mediante cuarteo, se obtendrá la muestra para su envío al laboratorio.

3.2 El número de muestras individuales depende, fundamentalmente, del tamaño y uniformidad de la fuente de suministro, y el objeto de la toma de muestras.

El número de muestras de campo para el proceso productivo, deberá ser suficiente para dar el grado de confianza deseado a los resultados de los ensayos.

3.3 Los tamaños de las muestras de campo que se mencionan más adelante, son tentativos. Estos tamaños dependerán, en definitiva, del tipo de material, de su tamaño máximo y de los ensayos a los cuales será sometido.

En términos generales, las cantidades indicadas en la Tabla 1 resultan adecuadas para los ensayos rutinarios de granulometrías y análisis de calidad.

4. MUESTREO DE ROCA EN CORTES Y CANTERAS

4.1 Inspección. Se examina el corte o el frente de las canteras de roca, para determinar si hay variación en los distintos estratos. Se toma nota de las diferencias en color y estructura.

4.2 Toma de muestras y tamaño de la misma.

- Se obtienen muestras separadas de la roca, que pesen por lo menos 25 kg cada una, de todos los estratos que visualmente no sean rechazables, porque su estado de meteorización permita utilizarlos para el fin propuesto, y de todos aquellos estratos que parezcan variar en color y estructura. Cuando se tengan que realizar los ensayos de impacto y rotura a compresión, se tomara, además, un trozo de cada una de las zonas, de un tamaño superior a 150 x 150 x 100 mm, marcando claramente el plano de estratificación. Estos trozos no tendrán grietas ni fracturas incipientes. Los trozos que estén resentidos por las explosiones no se incluirán en la muestra.

Tabla 1

Tamaño de muestras para análisis granulométrico y de calidad

Máximo tamaño nominal de agregados(A)	Peso mínimo aproximado de muestras de campo kg (lb) (B)
Agregado fino	
2,36 mm (N° 8)	10 (25)
4,75 mm (N° 4)	10(25)
Agregado grueso	
9,5 mm (3/8")	10(25)
12,5 mm (1/2")	15(35)
19,0 mm (3/4")	25(55)
25,0 mm (1")	50(110)
37,5 mm (1 1/2")	75(165)
50,0 mm (2")	100(250)
63,0 mm (2 1/2")	125(275)
75,0 mm (3")	150(330)
90,0 mm (3 1/2")	175(385)
(A) Para agregados procesados, el máximo tamaño nominal de las partículas, es el del mayor tamiz sobre el cual se permite que se retenga algo de material.	
(B) Para combinaciones de agregados finos y gruesos (por ejemplo, materiales de subbase o base) el mínimo peso será el peso que aparece en la tabla para el agregado grueso más 10 kg (25 lb).	

- La muestra de 25 kg se compondrá, bien de una sola muestra tomada en la zona del frente que mejor represente la roca, o bien de varias muestras cuya extracción se distribuya a lo largo y ancho del frente, de manera que los sucesivos puntos de muestreo, estén situados unos de otros a 1 m, tanto en sentido vertical como horizontal, conforme se indica en la Figura 1.

4.3 Datos. Además de la información general que debe acompañar a todas las muestras, para aquellos cortes locales que no se exploten comercialmente, se incluirá también la siguiente información:

- a) Nombre del propietario o vendedor.
- b) Cantidad aproximada disponible.
- c) Cantidad y carácter del relleno y descapote.
- d) Distancia de acarreo hasta un sitio de referencia, o al punto más cercano de la carretera, en donde se va a emplear el material.
- e) Características del acarreo (clase y tipo de vía de acceso).
- f) Algunos datos detallados de la extensión y localización de los materiales que representan cada muestra. Para este propósito, se recomienda dibujar un croquis en planta y perfil, indicando espesor y localización de los distintos estratos.

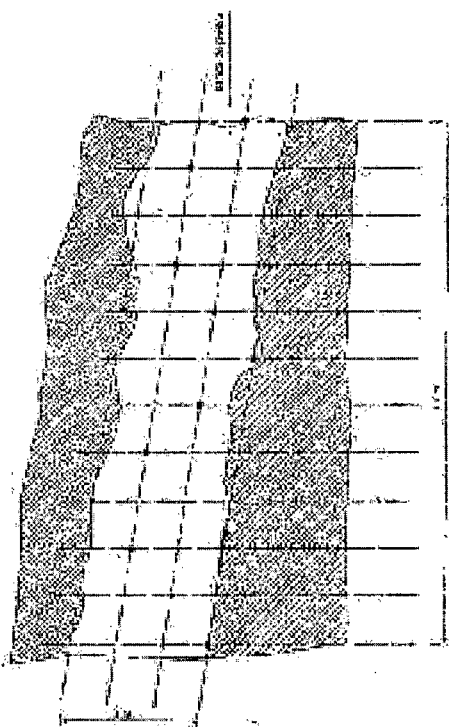


Figura 1. Terreno de muestreo en bancos y cárcavas

5. MUESTREO DE PIEDRA Y DE MATERIALES ALUVIALES Y COLUVIALES

5.1 Inspección. Se realizará una inspección detallada de los depósitos de piedra y materiales aluviales o coluviales, sobre toda la zona donde se pueda obtener el suministro. Se reseñarán las distintas clases de material y su estado en las distintas partes del depósito.

5.2 Toma de muestras. Se elegirán muestras por separado de todas las clases de material que se hayan apreciado, mediante inspección visual, como aptas para su empleo como material de construcción. Estas muestras deben ser de 25 kg, aproximadamente.

5.3 Datos. Además de la información general, cada muestra de piedra de aluviones o coluviones, debe venir acompañada de una nota que contenga la siguiente información adicional:

- a) Localización de la fuente (Nota 3).
- b) Cantidad aproximada disponible.
- c) Los porcentajes de las distintas clases de piedra y materiales de los cuales se hayan tomado muestras, así como también el porcentaje del material que es rechazable por el examen visual y que, por lo tanto, debe ser eliminado.

Nota 3. Se recomienda para este propósito, el empleo de un mapa geotécnico donde figuren dibujadas las zonas de aluviones y coluviones.

6. MUESTREO DE GRAVA Y ARENA (Producción en la obra y materiales naturales)

6.1 Descripción de los términos. Se entiende por producción en la obra, la que se realiza con trituradoras, clasificadoras e instalaciones de lavado, portátiles, que se montan o instalan cerca del lugar de trabajo para una obra determinada y con el propósito de suministrar los materiales necesarios.

6.2 Toma de muestras

- Las muestras se escogerán de manera que representen los diferentes materiales perceptibles en la muestra, que pueden obtenerse en el depósito. Se realizará una estimación de la cantidad disponible de los distintos materiales.
- Si el depósito se explota a cielo abierto o en mina, se tomará la muestra acanalando la superficie verticalmente, de abajo hacia arriba, de forma que nos muestre la representatividad del material propuesto para su utilización. No debe incluirse en la muestra el material alterado y de cubierta. Se excavarán o perforarán pozos o calicatas de prueba, en numerosos puntos del depósito, para determinar la calidad del material y la extensión del depósito. El número y la profundidad de estos pozos dependen de la cantidad de material necesario, de la topografía de la zona, de la naturaleza del depósito, de las características del material y de la calidad del producto obtenido. Se obtendrán muestras individuales del frente del banco y de las calicatas, en la forma descrita anteriormente, y si la inspección visual indica que hay variaciones considerables del material, se deberán seleccionar muestras individuales representativas del material de cada estrato netamente delimitado. Por otra parte, se obtendrán muestras mayores de cada zona localizada y se reducirán al tamaño apropiado, por cuarteo de la mezcla compuesta por todas las muestras individuales. El tamaño de la muestra requerida para los ensayos será por lo menos de unos 10 kg de arena y de unos 35 kg de grava, en el caso que

ambos constituyentes estén presentes en el material. En los depósitos que son investigados sin tener frente abierto, se obtendrán solamente por medio de pozos, tal como se ha descrito.

- Es difícil obtener una muestra representativa en el sitio de almacenamiento, debido a la segregación natural del material en el mismo, ya que el agregado más grueso rueda hacia la parte baja de la pila. Si es necesario tomar muestras en los almacenamientos apilados, se debe efectuar utilizando maquinaria que sea capaz de dejar a la vista el material a diferentes niveles y zonas. Se tomarán muestras individuales de diferentes zonas de la pila representativas del material en cada zona. Los resultados de los ensayos de las muestras individuales indicarán el grado de segregación que existe en el almacenamiento. En la toma de muestras de arena apilada, deben eliminarse las capas superficiales que, por haberse secado, pueden presentar segregaciones, y se elegirá una muestra representativa de la arena húmeda.

6.3 Datos. Además de la información general que debe acompañar a todas las muestras, para las procedentes de depósitos naturales y de plantas de producción de agregados que no se exploten comercialmente, debe adjuntarse la información adicional siguiente:

- a) Nombre del propietario o vendedor.
- b) Localización de la fuente (véase la Nota 4).
- c) Cantidad aproximada disponible.
- d) Cantidad y carácter del material de capote.
- e) Distancia del acarreo (tipo de carretera, pendientes máximas, etc.).
- f) Características del acarreo (tipo de carretera, pendientes máximas, etc.).
- g) Algunos datos detallados de la extensión y localización de los materiales representados por cada muestra.

Nota 4. Es recomendable dibujar un croquis en planta y perfil, indicando el espesor y localización de las diferentes capas.

7. MUESTREO DE ARENA, GRAVA TRITURADA, Y RELLENO MINERAL

7.1 Toma de muestras para determinar la calidad.

- Cuando sea posible, se obtendrán de las fuentes comerciales, muestras del producto terminado. Si ello no es posible, la muestra se tomará de acuerdo con el procedimiento descrito en los numerales 5.2, 6.2 y 7.2, el que sea aplicable.

- Las muestras para el ensayo de desgaste Los Ángeles, se obtendrán del material comercial sin someterlo a trituración adicional o a reducción del tamaño de las partículas, para cumplir con la granulometría especificada para dicho ensayo.

7.2 Toma de muestras en la planta de producción. Se efectuará una inspección general de la instalación, tomando nota de las condiciones de cribado. Las muestras se tomarán en los lugares más apropiados, de tal forma que proporcionen una muestra bien representativa. Con el objeto de determinar las variaciones de la granulometría del material, se deben obtener muestras individuales en diferentes momentos, mientras se realiza la carga del material. Si las muestras se obtienen de un silo, se tomarán de la sección total de la corriente de material que se está descargando. Al comenzar la descarga de los silos, debe dejarse salir suficiente material antes de tomar la muestra, para asegurarse que el flujo del material tiene la uniformidad correcta, sin segregación.

7.3 Toma de muestras al recibir el material

- Cuando no sea posible efectuar la inspección y muestreo en la planta de producción, se obtendrán las muestras para los ensayos de calidad y granulometría, en el punto de destino, preferentemente mientras el material es descargado. Los ensayos de granulometría se realizarán inmediatamente, para determinar si el agregado es aceptable, en cuanto al tamaño especificado.

Si los ensayos de calidad son simplemente rutinarios, el material se puede descargar y emplear antes de terminar el ensayo, pero si la aprobación del suministro depende de los ensayos de calidad, no se empleará el material antes de ser aprobado, como resultado de los mismos. Se tomarán muestras individuales lo más representativas posible del material, en varios puntos de cada unidad de transporte, teniendo en cuenta la probable segregación que puede ocurrir durante el cargue de la unidad. Estas muestras individuales deberán ser mezcladas hasta formar una muestra compuesta, y la muestra así formada será reducida de tamaño por cuarteo, si es necesario; sin embargo, si se requiere una precisa información sobre sus posibles variaciones, debe ensayarse cada muestra individual por separado.

Nota 5. Las muestras de agregado grueso o de montones apilados, deben ser tomadas de la parte superior de la pila, en la base y en una zona intermedia de la misma. Una tabla hincada en el montón justamente por encima del punto donde se vaya a tomar la muestra, permitirá evitar una última segregación que pueda producirse al tomar la muestra. Las muestras de vagones de ferrocarril, deben ser tomadas de tres o más surcos escarbados a través del vagón, en los puntos en que la superficie presente más carácter representativo del material. La parte inferior del surco estará, como mínimo, a 0.3 m del nivel del material respecto a los bordes del vagón y en su fondo tendrá aproximadamente unos 0.3 m de ancho. El fondo del surco estará prácticamente a nivel. Cantidades iguales deben ser tomadas en siete puntos equidistantes a través de toda la longitud del fondo del surco, empujando una pala en posición inclinada dentro del material y no arrastrándola horizontalmente. Dos de las muestras deberán tomarse directamente contra los laterales del vagón.

- Las muestras de camiones, u otros sistemas de transporte, deberán tomarse en la misma forma descrita para los vagones de ferrocarril, excepto en lo que concierne al número de surcos, que deberán fijarse de acuerdo con las dimensiones de la unidad de transporte y el tonelaje involucrado.
- La toma de muestras del agregado fino se puede hacer como se describe en este numeral o por medio de un tubo toma muestras de aproximadamente 32 mm de diámetro y 2 m de altura, con el cual, teniendo una cierta práctica, se logra que al introducirlo en la arena húmeda, esta penetre hasta dentro del tubo y la muestra del agregado fino quede retenida en él al sacarlo. Se efectuarán de 5 a 8 introducciones del tubo por cada unidad de suministro, obteniéndose una muestra de tamaño aproximado de unos 5 kg de agregado fino.
- Las muestras se enviarán también al laboratorio para su correspondiente comprobación.

7.4 Número y tamaño de las muestras

- El número de muestras que se requiere, depende del empleo que se intente dar al material, la cantidad de material involucrado y las variaciones, tanto de la calidad como de la granulometría. En general, debe obtenerse el número suficiente para cubrir todas las posibles variaciones del material. Se recomienda que cada muestra de piedra triturada grava, arena, etc, represente aproximadamente 50 toneladas del material.
- El tamaño y peso de las muestras citadas se dan a título orientativo. Las cantidades deben ser fijadas de acuerdo con el tipo y número de ensayos a que se someta el material, y estarán supeditadas a obtener suficiente material para poder realizar los ensayos propuestos. Todos los

ensayos de control y aceptación se realizarán siguiendo métodos de ensayo de las normas del MTC, sobre la cantidad de muestra requerida para cada uno de ellos.

- El tamaño de las muestras dependerá del número de ensayos requeridos. En general, las cantidades especificadas en la Tabla 2 proporcionan la cantidad de material adecuado para la ejecución de los ensayos granulométricos de rutina, únicamente.

8. MUESTREO DE MATERIALES DIVERSOS

Toma de muestras. La toma de muestras de arena, arena de trituración, escombros de mina y derrumbes y cualquier otra clase de material, se efectuará de la misma manera que la de los materiales de tamaño y clasificación similar.

9. MUESTRAS DE PIEDRA EN BLOQUES

9.1 Lugar de la toma de muestra. Las muestras de piedra de cantera o en bloque se tomarán, bien en la cantera o en el lugar de destino. Los bloques que no se acepten por inspección visual, no se incluirán en la muestra.

9.2 Tamaño de la muestra. La muestra debe estar constituida, por lo menos, por seis unidades o bloques, que muestran los planos de estratificación en dos de ellos como mínimo.

Tabla 2

Tamaño de las muestras para gradaciones

Partículas de tamaño máximo pasando el tamiz		Peso mínimo de la muestra que se va a tomar (kg)(*)
(mm)	(Alternativo)	
Agregado fino		
2,0	N° 10	5
4,75	N° 4	5
Agregado grueso		
9,5	3/8"	15
12,5	1/2"	10
19,0	3/4"	15
25,0	1"	25
37,5	1 1/2"	30
50	2"	40
63	2 1/2"	45
75,0	3"	60
100	4"	70

(*) La muestra preparada para el ensayo se obtendrá de la muestra de campo por cuarteo u otro medio que asegure su representatividad.

10. TRANSPORTE E IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

10.1 Los agregados y otros materiales de construcción se transportarán en bolsas, sacos, cajas u otros recipientes adecuados para evitar pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra, o daños debidos a mal manejo durante el viaje.

Las muestras de piedra o agregado grueso, se enviarán en sacos o en cajas seguras.

Las de arena, u otro material fino se enviarán en cajas cerradas o en sacos de lona cerrados, cuidando de que no se pierdan las partículas más finas. Las muestras de bloque de piedra serán enviadas en cajas adecuadas.

10.2 Cada muestra o cada bulto individual debe ser acompañado por dos tarjetas, una exterior y otra dentro del bulto, incluyendo la siguiente información:

- a) Remitente (compañía, entidad, etc.).
- b) Destinatario.
- c) Fuente de material.
- d) Uso a que se destinará el material.
- e) Localización geográfica y medio de transporte utilizado.
- f) Ensayos a que se debe someter la muestra.

11. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 75
AASHTO	T 2



CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ (N° 200)

MTC E 202 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 117 y AASHTO T 11, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

1.1 Describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) en un agregado.

1.2 Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 mm (No. 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

2. APARATOS

2.1 Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que se va a ensayar.

2.2 Dos tamices, siendo el menor de 75 mm (No. 200) y el otro de 1.18 mm (No. 16).

2.3 Recipientes. Una vasija de tamaño suficiente para mantener la muestra cubierta con agua y que permita una agitación vigorosa sin pérdida de ninguna partícula o del agua.

2.4 Estufa, de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura constante y uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).

3. MUESTRA DE ENSAYO

3.1 Tómese la muestra de agregado de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma MTC E201.

3.2 Redúzcase la muestra por cuarteo, hasta un tamaño suficiente, de acuerdo con el tamaño máximo del material, si va a ser sometida a tamizado en seco. En caso contrario, la muestra no será menor que la indicada en la siguiente tabla:

Tamaño nominal máximo de tamices		Peso mínimo Aprox. de la muestra en gramos (g)
4,75 mm	(N° 4) ó menos	300
9,5 mm	(3/8")	1000
19,0 mm	(3/4")	2500
37,5 mm	(1 1/2") o mayor	5000

Nota 1. Para materiales con tamaño máximo de 50 mm (2") o más, algunas normas prevén la realización de este ensayo, sobre la porción de la muestra que pasa el tamiz de 25.4 mm (1"), ya que no es práctico lavar muestras muy grandes sobre las cuales se va a efectuar el análisis granulométrico por tamizado en seco.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Séquese la muestra de ensayo, hasta peso constante, a una temperatura que no exceda los 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y pésese con una precisión de 0.1%.

4.2 Después de secada y pesada, colóquese la muestra de ensayo en el recipiente y agréguese suficiente cantidad de agua para cubrirla. Agítese vigorosamente el contenido del recipiente y de inmediato viértase sobre el juego de tamices armado. Se considera satisfactorio el uso de una cuchara grande para agitar la muestra en el agua.

4.3 Agítese con suficiente vigor para lograr la separación total de todas las partículas más finas que el tamiz de 75 mm (No. 200) y provocar la suspensión del material fino, de manera que pueda ser removido por decantación del agua de lavado. Es conveniente tener el cuidado necesario para no arrastrar las partículas más gruesas. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado salga completamente limpia.

4.4 Devuélvase todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada.

Séquese el agregado lavado hasta obtener un peso constante, a una temperatura que no exceda de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y pésese con una aproximación de 0.1% del peso de la muestra.

Nota 2. El agua empleada no debe contener detergentes, agentes dispersantes u otras sustancias de ese tipo.

Nota 3. Si se emplea equipo de lavado mecánico, la adición de agua, la agitación y la decantación pueden constituir un proceso continuo.

5. CÁLCULOS

Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), por lavado, de la siguiente forma:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

siendo:

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado.

B = Peso original de la muestra seca, en gramos.

C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos.

6. VERIFICACIÓN

6.1 Cuando se desee hacer una verificación, se hará recogiendo y evaporando el agua de lavado, o pasándola por papel de filtro, el cual será subsecuentemente secado, el residuo pesado y el porcentaje calculado como sigue:

$$A = \frac{R}{B} \times 100$$

Siendo:

R = Peso del residuo seco en gramos.

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 11
ASTM	C 117



PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS

MTC E 203 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM C 29, el mismo que se ha adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

Establecer el método para determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos.

2. APARATOS

2.1 Balanza. Debe medir con una exactitud de 0.1% con respecto al material usado.

2.2 Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, de 16 mm (5 /8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo debe ser semiesférico y de 8 mm de radio (5 /16").

2.3 Recipientes de medida, metálicos, cilíndricos, preferiblemente provistos de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y borde superior pulidos, planos y suficientemente rígidos, para no deformarse bajo duras condiciones de trabajo. Los recipientes de 15 a 30 litros deben ir reforzados en su boca con una banda de acero de 40 mm de ancho. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla N° 1

El espesor del metal se indica en la tabla N° 2. El borde superior será pulido y plano dentro de 0,25 mm y paralelo al fondo dentro de 0,5%. La pared interior deberá ser pulida y continua.

3. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO

3.1 Método del apisonado. Para agregados de tamaño nominal menor o igual que 39 mm (1 1/2").

- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.
- Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.

- Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.
- Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno, en kg (lb).

3.2 Método del vibrado. Para agregados de tamaño nominal, comprendido entre 39 mm (1 ½") y 100 mm (4").

- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.
- Cada una de las capas se compacta del siguiente modo: se coloca el recipiente sobre una base firme y se inclina, hasta que el borde opuesto al punto de apoyo, diste unos 50 mm (2") de la base. Luego se suelta, con lo que se produce un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto. Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total sea 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto.
- Una vez compactada la última capa, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación con el plano de enrase, y se determina el peso en kg (lb) del recipiente lleno.

3.3 Método de llenado con palas, lampas, cucharas grandes. Para determinar el peso unitario del agregado suelto, para agregados de tamaño nominal hasta de 100 mm (4").

- Se llena el recipiente por medio de una herramienta, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm (2"), por encima del borde hasta colmarlo. Se debe tener cuidado de que no se segreguen las partículas de las cuales se compone la muestra.
- Se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación con el plano de enrase y se determina el peso en kg (lb), del recipiente lleno.

4. VACÍOS EN LOS AGREGADOS

4.1 Los vacíos en los agregados pueden calcularse en la siguiente forma, empleando el peso unitario obtenido mediante apisonado, vibrado o simplemente mediante el llenado a paladas (numerales 3.1, 3.2 y 3.3).

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(AxW) - B}{AxW}$$

Siendo:

A = Peso específico aparente según los procedimientos MTC E205.

B = Peso unitario de los agregados determinado por los procedimientos de los numerales 3.1, 3.2 y 3.3 en kg/m^3 (lb/pie^3).

W = Peso unitario del agua, 1000 kg/m^3 (62.4 lb/pie^3)

5. INFORME

5.1 Infórmense los resultados obtenidos en la siguiente forma:

- Peso unitario de los agregados, o sea el cociente entre el peso de las muestras dentro del recipiente y el volumen de éste en kg (lb).
- % Vacíos en los agregados compactados por apisonado.
- % Vacíos en los agregados compactados por vibrado.
- % Vacíos en los agregados sueltos, llenados a paladas.

6. PRECISIÓN

6.1 Se ha hallado que la desviación normal entre varios laboratorios, es de 24 kg/m^3 (1.5 lb/pie^3) para tamaños nominales máximos de 19.0 mm ($3/4''$) de peso normal, empleando recipientes de medida para agregados gruesos de 15 litros ($1/2 \text{ pie}^3$). Por tanto, resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados en dos laboratorios diferentes, sobre la muestra del mismo agregado grueso, no deberán diferir en más de 67 kg/m^3 (4.2 lb/pie^3). La desviación normal de un mismo operador se ha hallado en 11 kg/m^3 (0.7 lb/pie^3). Por lo tanto, resultados de dos ensayos correctamente ejecutados por el mismo operador sobre la misma muestra de agregados gruesos, no deberá diferir en más de 32 kg/m^3 (2.0 lb/pie^3).

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 29
------	------

Tabla 1
Capacidad de la medida

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA ^A	
Mm	Pulgadas	L (m ³)	P ³
12,5	1/2	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 1/2	14,0 (0,014)	1/2
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 1/2	70,0 (0,070)	2 1/2

^A La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.

Tabla 2
Requisitos para los recipientes de medida

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared ^A	Espesor Adicional
Menos de 0,4 p ³	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 p ³ a 1,5 p ³ , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8 p ³ , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0 p ³ , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 113 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

^A El espesor adicional en la porción superior de la pared puede obtener por la colocación de una banda de refuerzo alrededor de la parte superior de la medida.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

MTC E 204 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 136 y AASHTO T 27, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

1.1 Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.

1.2 Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

1.3 La determinación exacta de materiales que pasan el tamiz de 75 μm (No. 200) no puede lograrse mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear será: "Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200)", norma MTC E202.

2. APARATOS

2.1 Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.

2.2 Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

2.3 Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110° \pm 5 °C (230° \pm 9 °F).

3. MUESTRA

3.1 Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

3.2 Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr .

3.3 Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos:

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas		Peso mínimo de la muestra de ensayo
mm	(Pulg)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35
75.0	(3)	60
90.0	(3 1/2)	100
100.0	(4)	150
112.0	(4 1/2)	200
125.0	(5)	300
150.0	(6)	500

3.4 Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y preparada de acuerdo con los numerales 3.2 y 3.3, respectivamente.

3.5 La cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se puede determinar por el método de ensayo MTC E202. (Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ mm (No. 200)).

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1 Séquese la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$), hasta obtener peso constante.

Nota 1. Cuando se deseen resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para este ensayo, debido a que el resultado se afecta poco por el contenido de humedad a menos que:

- El tamaño máximo nominal sea menor de 12.5 mm (1/2")
- El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menores de 4.75 mm (No. 4).
- El agregado grueso sea altamente absorbente (por ejemplo un agregado ligero).

También las muestras pueden secarse con las más altas temperaturas asociadas con el uso de planchas de calentamiento, sin que se afecten los resultados, pues se permiten escapes de vapores que no generan presiones suficientes para fracturar las partículas, ni temperaturas tan altas que causen rompimiento químico de los agregados.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

5.2 Límitese la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

El peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No. 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m^2 de superficie tamizada.

Para tamices de 4.75 mm (No. 4) y mayores, el peso en kg/m^2 por superficie de tamizado no excederá el producto de $2.5 \times$ abertura del tamiz (mm).

En ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz.

Nota N° 2 La cantidad de 7 kg/m^2 equivale a 200 g para el diámetro usual de 203 mm (8") de los marcos de los tamices. La cantidad de material en un tamiz puede regularse por:

- a) La introducción de un tamiz con abertura más grande antes éste.
- b) Probando la muestra en un número de incrementos.

5.3 Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente $1/6$ de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilícense tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

5.4 En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede distribuirse entre dos o más grupos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales.

5.5 Para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula.

Comiencese el ensayo con el tamiz más pequeño que va a ser usado. Rótense las partículas si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasarán a través de dicho tamiz; sin embargo, no deberán forzarse las partículas para que pasen a través de éste. Cuando sea necesario determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se ensayará primero la muestra de acuerdo con la norma citada. Se añade el porcentaje de material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) determinado por el mencionado método, al porcentaje tamizado sobre este mismo tamiz, determinado en el resto de la muestra, cuando se ensaye en seco mediante el presente método.

5.6 Determinése el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 2.1.

El peso total del material después del tamizado, debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

6. CÁLCULOS

6.1 Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

6.2 Si la muestra fue primero ensayada por el método MTC E202, inclúyase el peso del material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y úsese el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

6.3 Cuando sea requerido, calcular el modulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las siguientes mallas, dividiendo la suma por 100: 150 μm (Nº 100), 300 μm (Nº 50), 600 μm (Nº 30), 1,18 mm (Nº 16), 2,36 mm (Nº 8), 4,75 mm (Nº 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

7. INFORME

7.1 Dependiendo de las especificaciones para uso del material que está siendo ensayado, el informe deberá incluir:

- Porcentaje total de material que pasa cada tamiz, o
- Porcentaje total de material retenido en cada tamiz, o
- Porcentaje de material retenido entre dos tamices consecutivos.

7.2 El resultado de los porcentajes se expresa redondeando al entero más próximo, con excepción del porcentaje que pasa tamiz de 75 mm (No. 200), cuyo resultado será expresado con una aproximación de 0.1%.

7.3 Cuando es requerido, reportar el modulo de finura con aproximación al centésimo (0,01)

8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 136
AASHTO	T 27



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

MTC E 205 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 128 y AASHTO T 84, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

1.1 Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso específico aparente y real a 23/23 °C (73.4/73.4 °F) así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm (tamiz No. 4).

2. DEFINICIONES

2.1 Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se denomina "nominal".

2.2 Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3. APARATOS

3.1 Balanza, con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g.

3.2 Matraz aforado o picnómetro, en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de $\pm 0.1 \text{ cm}^3$. Su capacidad hasta el enrase será, como mínimo, un 50 por ciento mayor que el volumen ocupado por la muestra.

Para los tamaños de agregados más finos puede emplearse un matraz aforado de 500 cm^3 de capacidad, o un frasco de La Chatelier.

3.3 Molde cónico. Un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de $40 \pm 3 \text{ mm}$ del diámetro interior en su base menor, $90 \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interior en una base mayor y $75 \pm 3 \text{ mm}$ de altura.

3.4 Varilla para apisonado, metálica, recta, con un peso de 340 ± 15 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.

3.5 Bandejas de zinc, de tamaño apropiado.

3.6 Un dispositivo que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Después de homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No. 4), se selecciona, por cuarteo, una cantidad aproximada de 1 Kg., que se seca en el horno a $100 - 110$ °C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. A continuación se cubre la muestra completamente con agua y se la deja así sumergida durante 24 ± 4 horas.

Cuando los pesos específicos y la absorción vayan a utilizarse en el proyecto de mezclas de concretos hidráulicos, en las que los agregados son utilizados normalmente en estado húmedo, puede prescindirse del secado previo hasta peso constante. Además, si los agregados se han mantenido previamente con su superficie continuamente mojada, se puede igualmente omitir el periodo de 24 h de inmersión. Los valores que se obtienen para la absorción y el peso específico aparente saturado con superficie seca, pueden ser significativamente más altos si se omite el secado previo antes del periodo de inmersión, por lo cual deberá consignarse siempre en los resultados cualquier alteración introducida en el proceso general.

4.2 Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente.

4.3 Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde. Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca. El procedimiento descrito anteriormente solamente es válido cuando el desmoronamiento superficial no se produce en la primera prueba, por

la falta de seguridad en el estado de humedad superficial que ello comportaría. En este caso, deberán añadirse al agregado algunos centímetros cúbicos de agua, mezclar completamente toda la muestra y dejarla tapada para evitar la evaporación durante una media hora. A continuación se repiten de nuevo los procesos de secado y pruebas del cono, explicados en los numerales 4.2. y 4.3., hasta determinar el estado correcto de saturado con superficie seca.

4.4 Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino, preparado como se ha descrito anteriormente, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, introduciéndolo seguidamente en un baño de agua a una temperatura entre 21° y 25°C durante 1 hora, transcurrida la cual se enrasa con agua a igual temperatura, se saca del baño, se seca rápidamente su superficie y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua), con una aproximación de 0.1 g.

Pueden emplearse cantidades de muestra inferiores a los 500 g especificados en el procedimiento general (aunque nunca menos de 50 g). En los casos en que se utilice una cantidad inferior a 500 g, los límites de exactitud para las pesadas y medidas deberán reducirse en las proporciones correspondientes.

Si se desea, el peso de agua necesaria para el enrase final del picnómetro aforado puede determinarse volumétricamente con una bureta que aproxime 0.1 cm³. En estos casos, el peso total del picnómetro enrasado será:

$$C = 0.9975.Va + S + M$$

en la cual:

C = Peso total del picnómetro con muestra y agua hasta el enrase, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca, en gramos.

Va = Volumen de agua añadida, en cm³.

M = Peso del picnómetro vacío, en gramos.

Tomándose el valor 0.9975 como promedio del peso específico del agua en el intervalo de temperaturas utilizado.

4.5 Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110 °C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-½ horas y se determina finalmente su peso seco.

4.6 Si no se conoce, se determinará el peso del picnómetro aforado lleno de agua hasta el enrase, sumergiéndolo en un baño de agua a la temperatura de ensayo y siguiendo en su determinación un procedimiento paralelo, respecto a tiempos de inmersión y pesadas, al descrito en el numeral 4.4.

5. RESULTADOS

5.1 Llamando:

A = Peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.

S = Peso de la muestra saturada, con superficie seca en g.

Se calculan los pesos específicos aparente a 23/23 °C (73.4/73.4 °F), saturado superficie seca así como la absorción, por las siguientes expresiones (se expresarán siempre las temperaturas a las cuales se hayan realizado las medidas):

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Nota S.S.S. = Saturado con Superficie Seca.

5.2 Cuando se usa el frasco de Le Chatelier:

Llamando:

R1 = Lectura inicial del nivel del agua en el frasco.

R2 = Lectura final del nivel del agua en el frasco.

S1 = Peso de la muestra saturada con superficie seca empleando el frasco de Le Chatelier (g)

Se tiene:

$$\text{Peso específico aparente a } 23/23 \text{ }^\circ\text{C} = \frac{S_1 \left(1 \left[\frac{S-A}{A} \right] \right)}{0.9975 (R_2 - R_1)}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.) a } 23/23 \text{ }^\circ\text{C} = \frac{S_1}{0.9975 (R_2 - R_1)}$$

6. PRECISIÓN

6.1 Se puede aplicar el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados con un 95 por ciento de probabilidad.

Los ensayos por duplicado, realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren en más de las siguientes cantidades:

para los pesos específicos	:	0.03
para la absorción (un solo operador)	:	0.45

Los ensayos realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren de su valor medio en más de las siguientes cantidades:

para los pesos específicos	:	± 0.02
para la absorción (un solo operador)	:	± 0.31

Para muestras diferentes, aún con idéntico origen, los límites de precisión pueden ser superiores.

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 128
AASHTO	T 84



PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

MTC E 206 – 2000

NTP 400.021

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 127 y AASHTO T 85, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz No. 4).

2. DEFINICIONES

2.1 Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se denomina "nominal".

2.2 Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3. APARATOS

3.1 Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g, según el tamaño máximo de la muestra para ensayo (véase Tabla 1), con sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta de 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra, para pesos superiores.

3.2 Canastillas metálicas, como recipientes para las muestras en las pesadas sumergidas. Se dispondrá de dos tipos de canastillas metálicas, de aproximadamente igual base y altura, fabricadas con armazón de suficiente rigidez y paredes de tela metálica con malla de 3 mm. Para agregados con tamaño máximo inferior a 38 mm (1 ½") se utilizarán canastillas con capacidades de 4 a 7 dm³ y para tamaños superiores canastillas con capacidades de 8 a 16 dm³ (litros).

3.3 Dispositivo de suspensión. Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida.

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1 Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos a continuación, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. Las cantidades mínimas para ensayo se indican en la Tabla 1, en función del tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla 1

Tamaño máximo nominal		Cantidad mínima de muestra
mm	(pulg)	Kg
Hasta 12,5	½	2
19,0	¾	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25

4.2 Si se desea, puede fraccionarse la muestra y ensayar separadamente cada una de las fracciones; cuando la muestra contenga más de un 15 por ciento retenido en el tamiz de 38.10 mm (1 ½ "), se separará entonces siempre por este tamiz al menos en dos fracciones.

Cuando se fracciona la muestra, las cantidades mínimas para ensayo de cada fracción se ajustarán, según su tamaño máximo particular, a lo indicado en la Tabla 1.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas; se seca a continuación en una estufa a 100° - 110 °C y se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante, y se sumerge en agua, también a temperatura ambiente, durante 24 ± 4 horas.

Cuando se vayan a utilizar los valores de la absorción y pesos específicos en concretos hidráulicos con agregados normalmente empleados en estado húmedo, se puede prescindir del secado hasta

peso constante. Además, si los agregados se han mantenido con su superficie continuamente mojada hasta el ensayo, pueden también suprimirse las 24 horas de inmersión en agua. Los valores obtenidos para la absorción y el peso específico aparente con agregados en el estado de saturados con superficie seca, pueden ser significativamente mas altos si antes de mojarlos se ha omitido el secado previo indicado en el numeral 5.1, por lo cual deberá consignarse en los resultados cualquier alteración que se introduzca en el procedimiento general.

5.2 Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, secando individualmente los fragmentos mayores. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar cualquier evaporación de la superficie de los agregados. A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.). Estas y todas las pesadas subsiguientes se realizarán con una aproximación de 0.5 g para pesos hasta 5000 g y de 0.0001 veces el peso de la muestra para pesos superiores.

5.3 A continuación, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a la temperatura entre 21° y 25 °C y un peso unitario de $0.997 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando convenientemente. La canastilla y la muestra deberán quedar completamente sumergidas durante la pesada y el hilo de suspensión será lo más delgado posible para que su inmersión no afecte a las pesadas.

5.4 Se seca entonces la muestra en horno a 100° - 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante.

6. RESULTADOS

6.1 Llamando:

A = Peso en el aire de la muestra seca en gramos

B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal así como la absorción, por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

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

Nota S.S.S. = Saturado con Superficie Seca.

Se expresarán siempre las temperaturas a las que se hayan determinado los pesos.

6.2 Cuando se divide la muestra total para ensayo en fracciones más pequeñas como se indica en el numeral 4.2, se ensayarán por separado cada una de las fracciones, calculándose sus respectivos pesos específicos y absorción a partir de las expresiones del numeral 6.1.

Para obtener el verdadero valor, tanto del peso específico como de la absorción, correspondientes a la mezcla total (n fracciones), se aplican las expresiones:

$$G_{pr} = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \frac{P_n}{100G_n}}$$

$$A = \frac{P_1A_1}{100} + \frac{P_2A_2}{100} + \frac{P_nA_n}{100}$$

Donde:

- P_1, P_2, \dots, P_n = Porcentajes respectivos del peso de cada fracción con respecto al peso total de la muestra.
- G_1, G_2, \dots, G_n = Pesos específicos (aparente, saturado con superficie seca o real, el que se esté calculando) de cada fracción de la muestra total.
- A_1, A_2, \dots, A_n = Porcentajes de absorción de cada fracción de la muestra total.
- G_p = Verdadero valor del peso específico correspondiente (aparente, saturado superficie seca o real) a la muestra total.
- A = Valor del porcentaje de absorción de la muestra total.

7. PRECISIÓN

7.1 Puede seguirse el siguiente criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados con un 95 % de probabilidad.

Los ensayos por duplicado realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren en más de las siguientes cantidades:

para los Pesos Específicos	0.01
para la Absorción	0.13

Los ensayos realizados en un mismo laboratorio sobre una misma muestra, se considerarán satisfactorios si no difieren de su valor medio en más de las siguientes cantidades:

para los Pesos Específicos	± 0.01
para la Absorción	± 0.09

Para muestras diferentes, aún con idéntico origen, los límites de precisión deberán ser superiores.

8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 127
AASHTO	T 85

ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½")

MTC E 207 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 131, AASHTO T 96 y ASTM C 535, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5 mm (1 ½") por medio de la máquina de Los Ángeles.

1.2 El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

1.3 Para la abrasión de agregados gruesos. Ver anexo.

2. APARATOS Y MATERIALES

2.1 Balanza, que permita la determinación del peso con aproximación de 1 g.

2.2 Estufa, que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.3 Tamices.

2.4 Máquina de Los Ángeles: la máquina para el ensayo de desgaste de Los Ángeles tendrá las características que se indican en la Figura 1. Consiste en un cilindro hueco, de acero, con una longitud interior de 508 ± 5 mm (20 ± 0.2 ") y un diámetro, también interior, de 711 ± 5 mm (28 ± 0.2 ").

Dicho cilindro lleva sus extremos cerrados y en el centro de cada extremo un eje, que no penetra en su interior, quedando el cilindro montado de modo que pueda girar en posición horizontal alrededor de este eje. El cilindro estará provisto de una abertura, para introducir la muestra que se desea ensayar, y un entrepaño, para conseguir la rotación de la mezcla y de la carga abrasiva. La abertura podrá cerrarse por medio de una tapa con empaquetadura que impida la salida del polvo, fijada por medio de pernos.

La tapa se diseñará de manera tal que se mantenga el contorno cilíndrico interior. El entrepaño se coloca de modo que la carga no caiga sobre la tapa durante el ensayo, ni se ponga en contacto con

ella en ningún momento. El entrepaño será desmontable, de acero, ocupando longitudinalmente toda una generatriz del cilindro y se proyectará radialmente, y hacia el centro de la sección circular del cilindro, en longitud de 89 ± 2 mm ($3,5 \pm 0,1$ "). Tendrá un espesor tal que permita montarlo por medio de pernos u otro medio apropiado, de forma que quede instalado de un modo firme y rígido. La distancia del entrepaño a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia del cilindro y en el sentido de la rotación, será mayor de 1.27 m (50").

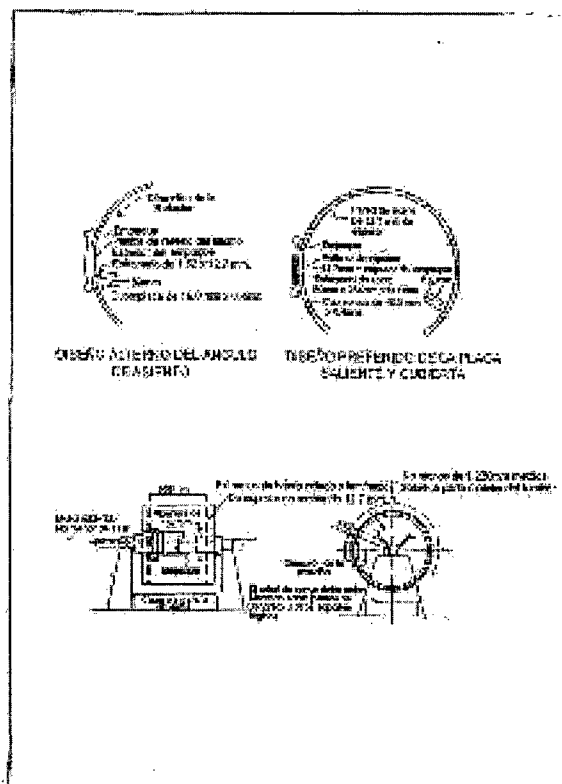


Figura 1. Máquina del ensayo de abrasión Los Angeles.

Nota 1. Es preferible el empleo de un entrepaño de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montado independientemente de la tapa. No obstante, puede usarse una sección angular montada adecuadamente en la parte interior de la tapa, teniendo en cuenta la dirección de rotación para la que la carga sea recogida por la cara exterior del ángulo.

La superficie del entrepaño de la máquina de Los Ángeles está sometida a un fuerte desgaste y al impacto de las bolas, originándose en ella un relieve a una distancia aproximadamente de 32 mm (1 ¼") desde la unión del entrepaño con la superficie interior del cilindro. Si el entrepaño está echo de una sección angular, no solamente puede formarse este relieve, sino que aquél se puede llegar a doblar longitudinal o transversalmente y con respecto a su correcta disposición, por lo cual debe ser revisado periódicamente. Si se observa alguno de estos defectos, el entrepaño debe ser reparado o reemplazado antes de realizar nuevos ensayos. La influencia de todos estos factores sobre los

resultados del ensayo no es conocida; sin embargo, para uniformar las condiciones de ensayo se recomienda eliminar el relieve formado cuando su altura sea superior a 2 mm (0.1").

La máquina será accionada y contrabalanceada en forma tal, que debe mantener la velocidad periférica básicamente uniforme.

La pérdida de velocidad y el deslizamiento del mecanismo de transmisión son causa frecuente de que los resultados del ensayo no coincidan con los obtenidos en otra máquina de desgaste de Los Ángeles con velocidad periférica constante.

2.5 Carga abrasiva. La carga abrasiva consistirá en esferas de acero o de fundición, de un diámetro entre 46.38 mm (1 13/16") y 47.63 mm (1 7/8") y un peso comprendido entre 390 g y 445 g.

La carga abrasiva dependerá de la granulometría de ensayo, A, B, C o D, según se indica en el numeral 3.2, de acuerdo con la Tabla 1 siguiente:

Tabla 1

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Peso Total (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 La muestra consistirá en agregado limpio por lavado y secado en horno a una temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C (221 a 230°F), separada por fracciones de cada tamaño y recombinadas con una de las granulometrías indicadas en la Tabla 2. La granulometría o granulometrías elegidas serán representativas del agregado tal y como va a ser utilizado en la obra. La muestra antes de ensayada deberá ser pesada con aproximación de 1 g.

Tabla 2

Granulometría de la muestra de agregado para ensayo

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	-25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	-19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	-12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	-9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	-6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	-4,75	(N° 4)			2500 ± 10	
4,75	(N° 4)	-2,36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

3.2 Cuando se triture la muestra en el laboratorio, se hará constar esto en el informe, debido a la influencia que tiene la forma de las partículas en el resultado del ensayo.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Ejecución del ensayo. La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500. La máquina deberá girar de manera uniforme para mantener una velocidad periférica prácticamente constante. Una vez cumplido el número de vueltas prescrito, se descarga el material del cilindro y se procede con una separación preliminar de la muestra ensayada, en el tamiz # 12. La fracción fina que pasa, se tamiza a continuación empleando el tamiz de 1.70 mm (No. 12). El material más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12) se lava, se seca en el horno, a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C (221 a 230 °F), hasta peso constante, y se pesa con precisión de 1 g.

4.2 Cuando el agregado esté libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia del lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior, rara vez reducirá la pérdida medida, en más del 0.2% del peso de la muestra original.

5. RESULTADOS

5.1 El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.

5.2 El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Calcúlese tal valor así:

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo.

P2 = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

6. PRECISIÓN

6.1 Para agregados con tamaño máximo nominal de 19 mm (¾"), con porcentajes de pérdida entre 10 y 45%, el coeficiente de variación entre resultados de varios laboratorios, es del 4.5%. Entonces, resultados de dos ensayos bien ejecutados, por dos laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo agregado grueso, no deberán diferir el uno del otro en más del 12.7% de su promedio.

El coeficiente de variación de operadores individuales, se encontró que es del 2%. Entonces, los resultados de dos ensayos bien ejecutados sobre el mismo agregado grueso, no deberán diferir, el uno del otro, en más del 5.7% de su promedio.

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 131
AASHTO	T 96

ANEXO

RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19 mm (3 /4") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos, de tamaños mayores de 19 mm (3 /4"), mediante la máquina de Los Angeles.

2. APARATOS

2.1 Balanzas, que midan el peso con una aproximación de 1 g.

2.2 Horno, que pueda mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.3 Tamices.

2.4 Máquina de Los Angeles, la cual debe cumplir con los requisitos establecidos.

2.5 Carga abrasiva. La carga abrasiva estará formada por 12 esferas de fundición o de acero, con un diámetro entre 46.038 mm (1 13 /16") y 47.625 mm (1 7 /8"), y con un peso entre 390 y 445 g cada una. El peso total deberá ser de 5000 ± 25 g.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 La muestra destinada al ensayo se obtendrá separando mediante tamizado las distintas fracciones del agregado.

3.2 Se lavarán separadamente las fracciones y luego se introducirán en un horno, a una temperatura entre 105 y 110 °C (221 y 230 °F), hasta que su peso sea constante.

3.3 Se elegirá en la Tabla 1 la gradación más parecida al agregado que se va a usar en la obra. Se tomarán los pesos de las fracciones indicadas en dicha tabla, de acuerdo con la granulometría elegida, hasta completar aproximadamente 10000 g de muestra y se mezclarán.

3.4 Cuando se triture la muestra en el laboratorio se hará constar esto en el informe, debido a la influencia que tiene la forma de las partículas en el resultado del ensayo.

Tabla 1

Tamaño del tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para el ensayo (g)		
Pasa	Retiene	E	F	G
75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	2500 ± 50		
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	2500 ± 50		
50 mm (2")	37,5 mm (1 1/2")	5000 ± 50		
37,5 mm (1 1/2")	25 mm (1")		5000 ± 50	5000 ± 25
25 mm (1")	19 mm (3/4")		5000 ± 25	5000 ± 25
		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Se pesan aproximadamente 10000 g de muestra seca, preparada como se indica en la Tabla 1, con una precisión de 5 g y se colocan junto con la carga abrasiva dentro del cilindro, haciéndolo girar con una velocidad entre 30 y 33 rpm (188 y 208 rad/min), hasta completar 1000 vueltas. La velocidad angular debe ser constante.

4.2 Se descarga el material de la máquina y se hace una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz más grueso que el de 1.7 mm (N° 12). Se tamiza la porción más fina conforme a lo establecido en la norma MTC E207. El material más grueso se lava y se seca a temperatura de 105 a 110 °C (221 a 230 °F) hasta peso constante, con aproximación a 5 g.

Si el agregado está libre de costras o de polvo, puede eliminarse la exigencia de lavarlo antes y después del ensayo. La eliminación del lavado posterior rara vez reducirá la pérdida medida en más de 0.2% del peso de la muestra original.

4.3 Se puede obtener una valiosa información sobre la uniformidad de la muestra que se está ensayando, determinando la pérdida después de 200 revoluciones. Al efectuar esta determinación no se debe lavar el material retenido en el tamiz de 1.7 mm (N° 12). La relación de pérdida después de 200 revoluciones a pérdida después de 1000 revoluciones, no debería exceder en más de 0.20 para materiales de dureza uniforme. Cuando se realice esta determinación se procurará evitar toda pérdida de muestra; la muestra total, incluido el polvo producido por el desgaste, se vuelve a introducir en la máquina hasta completar las 1000 revoluciones requeridas para terminar el ensayo.

5. RESULTADOS

La diferencia entre el peso inicial de la muestra seca y el peso del material seco retenido en el tamiz de 1.70 mm (N° 12), expresada como porcentaje del peso inicial, será el desgaste de la muestra.

6. PRECISION

Para agregados con tamaño máximo nominal de 19 mm (3/4"), con porcentajes de pérdida entre 10 y 45%, el coeficiente de variación entre resultados de varios laboratorios, es del 4.5%. Entonces, resultados de dos ensayos bien ejecutados, por dos laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo agregado grueso, no deberán diferir el uno del otro en más de 12.7% de su promedio.

El coeficiente de variación de operadores individuales, se encontró que es del 2%. Entonces, los resultados de dos ensayos bien ejecutados sobre el mismo agregado grueso, no deberán diferir, el uno del otro en más del 5.7% de su promedio.

7. CORRESPONDENCIA EN OTRAS NORMAS

ASTM	C 535
------	-------

INDICE DE FORMA Y DE TEXTURA DE AGREGADOS

MTC E 208 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 3398, el mismo que se ha adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

Determinar el índice de partículas de agregado como una medida general de sus características de forma y textura.

Nota 1. Se sugiere este procedimiento para ensayar agregados con un tamaño máximo de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "). Cuando se ensayen agregados con partículas superiores a este tamaño, deberá usarse un molde más grande, con la misma relación entre el diámetro y la altura y aplicarse una energía de compactación por capa apisonada aumentada proporcionalmente al incremento del área transversal del molde.

2. USO Y SIGNIFICADO

El método proporciona un valor índice para las características relativas de forma y textura de las partículas del agregado. Este valor es una medida cuantitativa de aquellas características de forma y de textura que pueden afectar el desempeño de mezclas para vías y pavimentos. El método ha sido usado exitosamente para indicar los efectos de estas características sobre la compactación y la resistencia de las mezclas de suelo-agregado y de concreto asfáltico.

3. APARATOS

3.1 Molde cilíndrico, con un diámetro interior de 152.40 ± 0.13 mm (6.0 ± 0.005 ") y una altura interior de 177.80 ± 0.13 mm (7.0 ± 0.005 "), como se muestra en la Figura 1. El molde debe ser metálico, con un espesor mínimo de pared de 6.1 mm (0.24") y debe tener suficiente rigidez para conservar su forma bajo trabajo pesado.

Nota 2. El molde especificado en el método D de la norma MTC E132 (CBR de laboratorio), tiene el mismo tamaño.

Nota 3. Para el ensayo de fracciones finas del agregado, por debajo del tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede, en ciertas circunstancias, ser apropiado usar un molde más pequeño, con una relación similar de diámetro-altura y una energía de compactación por capa, disminuida proporcionalmente al área transversal del molde

3.2 Varilla apisonadora, recta, de acero, de sección circular con un diámetro de 15.88 ± 0.25 mm ($0.5/85 \pm 0.010$ ") y con una longitud de aproximadamente 610 mm (24"). Uno de sus extremos deberá ser semiesférico.

3.3 Balanza de al menos 15 kg de capacidad, con sensibilidad de 2 g o menos.

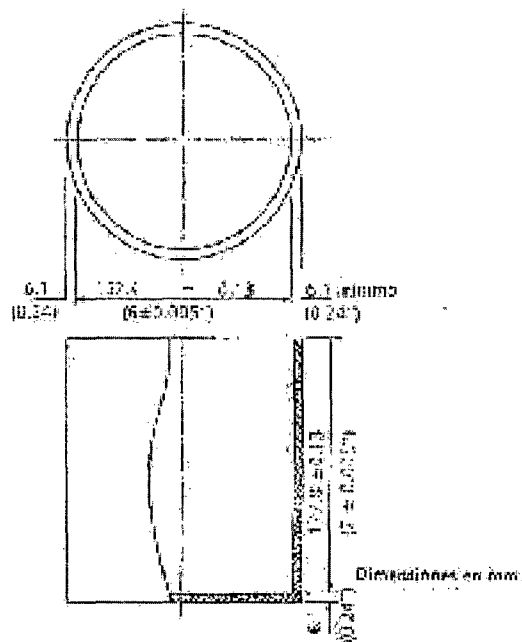


Figura 1. Molde cilíndrico.

4. CALIBRACIÓN DEL MOLDE

4.1 Determinese el volumen del molde en ml, como se describe en los numerales siguientes, al menos dos veces para usar el promedio, en los cálculos del porcentaje de vacíos del numeral 7.2.

4.2 Llene el molde con agua a la temperatura ambiente y cúbralo con una placa de vidrio, de tal manera que se eliminen las burbujas y el agua de exceso.

4.3 Determine el peso neto del agua en el molde, con una precisión de 4 g o menos.

4.4 Mida la temperatura del agua y determine el volumen del molde multiplicando el peso neto del agua por el volumen específico de agua, dado en la Tabla 1 para la temperatura medida.

Tabla 1

Volumen específico del agua a diferentes temperaturas

Temperatura °C (°F)	Volumen específico ml/g
12 (54)	1.0005
14 (57)	1.0007
16 (61)	1.0010
18 (64)	1.0014
20 (68)	1.0018
22 (72)	1.0022
24 (75)	1.0027
26 (79)	1.0032
28 (82)	1.0038
30 (86)	1.0044
32 (90)	1.0050

5. MUESTREO

Tome la muestra de ensayo del agregado de acuerdo con la norma MTC E201 "Muestreo de materiales", y redúzcalo hasta un tamaño apropiado.

6. PREPARACION ESPECÍMENES DE ENSAYO

6.1 Obténgase una muestra, de tamaño tal que proporcione por lo menos 6 kg (13 lb) de cada uno de los tamaños de agregado, como se describe en el numeral 6.2, que estén presentes dentro de la gradación del agregado en un porcentaje superior al 10%. No se ensayarán aquellos grupos que estén presentes en un porcentaje inferior, a menos que sea expresamente ordenado.

Nota 4: Para los tamaños pequeños del agregado (fino), si se usa un molde más pequeño como se mencionó en la Nota 3, se necesita menos material fino y el tamaño de la muestra puede ser ajustado de conformidad.

6.2 Lávese la muestra de agregado mediante decantación del agua de lavado a través del tamiz de 75 µm (No. 200) o a través de un tamiz que sea por lo menos un tamaño inferior de aquél que sería el límite inferior de las fracciones que efectivamente van a ser ensayadas. Continúe el proceso de

lavado por decantación hasta que el agua de lavado salga limpia. Devuelva entonces, también mediante lavado, el agregado retenido en el tamiz, al lugar donde se encuentra el agregado; séquese la muestra hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$), y tamice el material, de acuerdo con la norma MTC E204, para lograr las siguientes fracciones.

Pasa Tamiz		Retenida en Tamiz	
19,0 mm	(3/4")	12,5 mm	(1/2")
12,5 mm	(1/2")	9,5 mm	(3/8")
9,50 mm	(3/8")	4,75 mm	(N° 4)
4,75 mm	(N° 4)	2,36mm	(N° 8)
2,36mm	(N° 8)	1,18 mm	(N° 16)
1,18 mm	(N° 16)	600 μm	(N° 30)
600 μm	(N° 30)	300 μm	(N° 50)
300 μm	(N° 50)	150 μm	(N° 100)
150 μm	(N° 100)	75 μm	(N° 200)

No es necesario incluir en el análisis granulométrico tamices que estén por debajo del tamaño más pequeño que se encuentre en una cantidad superior al 10%.

6.3 Después de que la cantidad de material requerida haya sido tamizada, para cada fracción que se va a ensayar, determine el peso específico aparente seco, de acuerdo con las normas MTC E205 y E206 (Gravedad específica y absorción de los agregados finos y gruesos respectivamente), la que sea aplicable, excepto que cuando se llegue a la condición de superficie saturada, y superficie seca en los agregados finos, deberán usarse toallas de papel ordinario para secar las partículas hasta que no haya evidencia de humedad sobre las toallas.

Nota 5. El procedimiento del molde estándar para la determinación de la condición saturada, superficie seca del agregado fino, no funciona bien con estas fracciones uniformes de agregado. Por ejemplo, agregados redondeados con índices de partículas pequeños, no retendrán la forma del molde cónico a cualquier contenido de agua.

7. DETERMINACION PORCENTAJE DE VACÍOS

7.1 Usando muestras secadas al horno para cada fracción, determine el porcentaje de vacíos en cada uno de los dos niveles de compactación, logrados mediante los procedimientos descritos en este numeral. Háganse primero dos ensayos sobre la muestra, para cada uno de los tamaños, aplicando 10 golpes de varilla por capa.

Luego, usando las mismas muestras para cada tamaño, llénese el molde dos veces, usando 50 golpes de varilla por capa como esfuerzo de compactación.

7.2 Colóquese el molde cilíndrico sobre una base sólida y uniforme. Llénese el molde en tres capas, viértase el agregado desde la menor altura posible, hasta que el molde se encuentre lleno a un tercio de su capacidad. Nivélense la superficie con los dedos y compáctese la capa usando 10 golpes de varilla apisonadora, distribuidos uniformemente sobre la superficie. Aplíquese cada golpe sosteniendo la varilla verticalmente con su extremo redondeado aproximadamente a 50 mm (2") por encima de la superficie del agregado y soltándola de manera que caiga libremente.

Colóquese una segunda capa en el molde usando el mismo procedimiento, llenándolo hasta dos tercios de su capacidad. Como antes, nivélense la superficie y aplíquense 10 golpes de varilla. Llénese el espacio remanente con una tercera capa y una vez más nivélense la superficie y aplíquese el mismo esfuerzo de compactación, (10 golpes de varilla). Después de que la última capa se ha compactado, añádanse piezas individuales de agregado para nivelar la superficie del agregado con el plano del borde del molde, sin salientes por encima de él. Determínese el peso neto del agregado en el molde con una precisión de 1 g.

Nota 6. La altura de caída del agregado puede regularse visualmente con ayuda de una regla, una marca, o con un dispositivo adecuado.

7.3 Repita el llenado del molde usando la misma muestra y el mismo nivel de compactación. Hágase una segunda determinación del peso neto del agregado en el molde como se describió antes. Use el promedio de las dos determinaciones para calcular el porcentaje de vacíos, para cada fracción, con 10 golpes de compactación.

Nota 7. Los pesos obtenidos en las dos determinaciones deberán coincidir, con una aproximación del 5%.

Para el nivel de compactación superior, deberá procederse idénticamente como se describió para el nivel de 10 golpes, pero usando 50 golpes de la varilla apisonadora para la compactación de cada capa. Igualmente, el porcentaje de vacíos para cada capa, con 50 golpes de compactación, se calculará a partir del promedio de dos determinaciones del peso neto del agregado.

7.4 Calcule el porcentaje de vacíos en cada fracción de tamaños del agregado, con 10 y 50 golpes por capa, respectivamente, mediante las siguientes relaciones:

$$V_{10} = \left[1 - \left(\frac{W_{10}}{SV} \right) \right] \times 100 \qquad V_{50} = \left[1 - \left(\frac{W_{50}}{SV} \right) \right] \times 100$$

Donde:

V_{10} = Vacíos en el agregado compactado con 10 golpes por capa, %

V_{50} = Vacíos en el agregado compactado con 50 golpes por capa, %

W_{10} = Peso neto promedio del agregado en el molde compactado con 10 golpes por capa, g

W_{50} = Peso neto promedio del agregado en el molde compactado con 50 golpes por capa, g

S = Peso específico aparente seco, de la fracción del tamaño de agregado

V = Volumen del molde, ml (cm^3)

8. INDICE DE PARTÍCULAS

8.1 Determine el índice de partículas (I_a), para cada fracción ensayada, con el nomograma de la Figura 2 o como sigue:

$$I_a = 1.25 V_{10} - 0.25 V_{50} - 32.0$$

8.2 Calcule el índice ponderado de las partículas de agregado que contenga varios tamaños, ponderando cada índice encontrado para una fracción con respecto a su porcentaje dentro de la gradación original, o preferiblemente respecto a la gradación promedio del material propuesto para ser usado en el trabajo.

La Tabla 2 es un ejemplo que ilustra una forma de calcular el índice y reportar los datos.

Para aquellos tamaños que no fueron incluidos dentro del ensayo por estar presentes en cantidades inferiores al 10%, calcúlese su índice promediando el índice de la fracción inmediatamente superior con el índice de la fracción inmediatamente inferior, o adóptese uno de estos dos, si el otro no está disponible.

9. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 3398
------	--------

Tabla 2

Ejemplo de cálculo de un índice ponderado de las partículas de un agregado

Fracción				Gradación del agregado % (1)	I_a	Ponderación (1) x (2) / 100
19,00 mm	(3/4")	12,5	(1/2")	3	17.2 ^A	0,5
12,50 mm	(1/2")	9,5	(3/8")	42	17.2 ^B	7,2
9,50 mm	(3/8")	4,75	(Nº 4)	36	15.8 ^B	5,7
4,75 mm	(Nº 4)	2,36	(Nº 8)	7	15.2 ^C	1,1
2,36 mm	(Nº 8)	1,18	(Nº 16)	10	14.6 ^B	1,5
1,18 mm	(Nº 16)	600 µm	(Nº 30)	2	14.6 ^A	0,3
				100		16,3

- A Use el índice de partículas de la fracción próxima
- B Índice de partículas efectivamente calculado.
- C Use el promedio de los índices de partículas de las fracciones superior e inferior.
(No. 8 a No. 16 y 3/8" a No. 4).

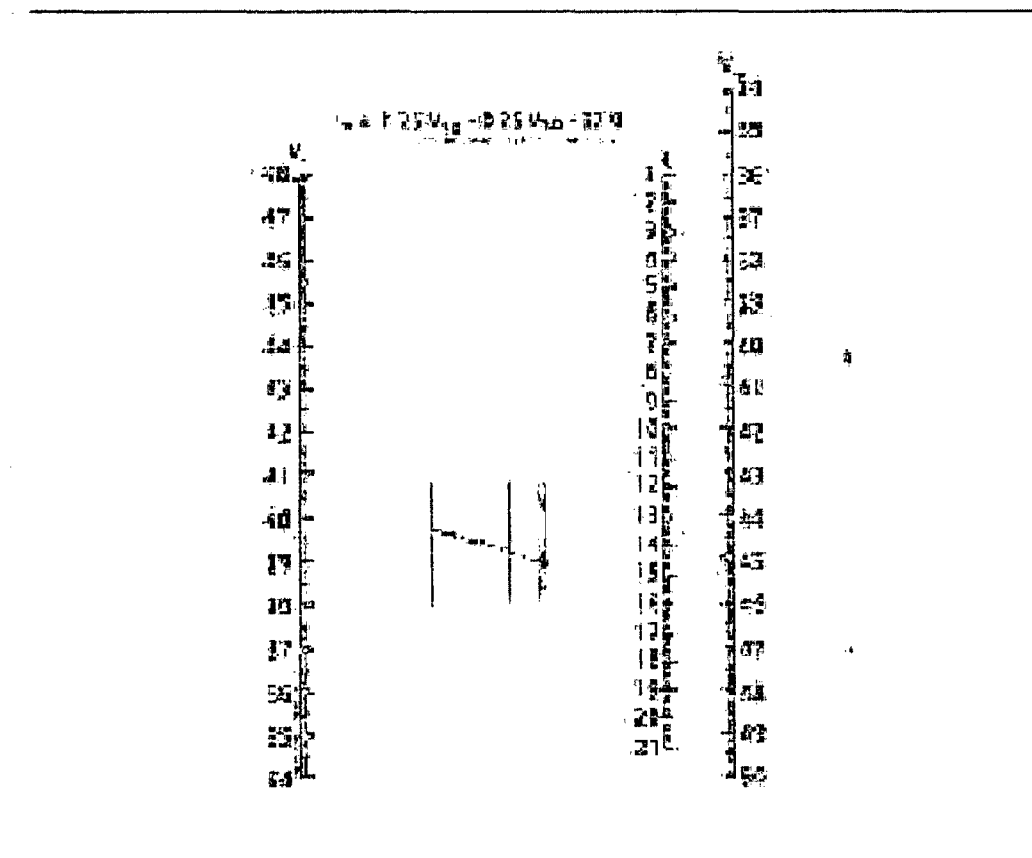


Figura 2. Tabla para determinar el índice de partículas.



DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO

MTC E 209 – 2000

NTP 400.016

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 88 y AASHTO T 104, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

1.2 Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

Con él se puede hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usarán para la fabricación de Concreto de Cemento Portland u otros propósitos.

1.3 Se advierte el hecho que los resultados que se obtengan varían según la sal que se emplee; y que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo. Dado que su precisión es limitada, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes, no puede darse únicamente con él; se deben confirmar con resultados de otros ensayos más ligados a las características del material.

1.4 Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles, resultantes de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos.

2. APARATOS

2.1 Los tamices necesarios, de acuerdo con los numerales 4.1 y 4.2 son los siguientes:

TAMICES SERIE FINA		TAMICES SERIE GRUESA	
150 mm	(No. 100)	8,0 mm	(5/16")
300 mm	(No. 50)	9,5 mm	(3/8")
600 mm	(No. 30)	12,5 mm	(1/2")
1,18 mm	(No. 16)	16 mm	(5/8")
2,36 mm	(No. 8)	19 mm	(3/4")
4,00 mm	(No. 5)	25 mm	(1")
4,75 mm	(No. 4)	31,5 mm	(1 1/4")
		37,5 mm	(1 1/2")

TAMICES SERIE FINA	TAMICES SERIE GRUESA
	500 mm (2")
	63 mm (2 1/2")
	Tamices mayores, de tamaños obtenidos cada 12,5 mm (1/2")

2.2 Recipientes para la inmersión de las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y que haya el drenaje de la misma, sin que se produzca pérdida de partículas del agregado. El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

- Se considera que son recipientes adecuados para utilizar en este ensayo, las canastas hechas de tela metálica, o de lámina perforada, con una abertura apropiada para el tamaño de las partículas de la fracción que van a contener.

2.3 Regulación de la temperatura. Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el periodo de inmersión.

2.4 Balanzas, una con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0.1 g, para pesar el agregado fino, y otra con capacidad de 5 kg y sensibilidad mínima de 1 g, para pesar el agregado grueso.

2.5 Estufa, provista con dispositivo de circulación forzada de aire, y capaz de mantener la temperatura a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y a una rata de evaporación para esta temperatura de 25 g/h, durante 4 horas, periodo en el cual deberá permanecer cerrada la puerta del horno. Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua, en vasos de forma baja de 1 dm³ de capacidad, que contengan inicialmente cada uno 500 g de agua a la temperatura de 21 ± 2 °C (70 ± 3 °F), colocados en cada rincón y en el centro de cada bandeja del horno, durante el citado período de 4 horas. Esta comprobación se efectúa estando ocupado el horno solamente por los vasos con agua.

3. SOLUCIONES NECESARIAS

3.1 Solución de sulfato de sodio. La solución saturada de sulfato de sodio, se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30°C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (Na_2SO_4) o cristalizada ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a 21 ± 1 °C (140 ± 2 °F) y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien, inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico entre 1.151 y 1.174. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico.

Nota 1. La comprobación del peso específico debe hacerse frecuentemente, por lo menos para cada 50 kg de sal, o cuando esté la solución descolorida en cuyo caso habría que filtrarla o descartarse.

Para conseguir la saturación a 22 °C (71.6 °F) de 1 dm³ (Lt.) de agua, son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda como mínimo, el empleo de 350 g de la sal anhidra y 750 g de la sal hidratada.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

3.2 Solución de sulfato de magnesio. Se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo "comercial", en agua a la temperatura de 25 a 30 °C (77 a 86 °F). Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (MgSO_4) o cristalizada ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solamente que la solución esté saturada, sino también que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de 21 ± 1 °C (70 ± 2 °F), y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1.295 y 1.302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y debe volverse a comprobar su peso específico. (Véase Nota 1).

Para conseguir la saturación a 23 °C (73.4 °F) de 1 dm³ de agua, son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1230 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda el empleo de 1400 g, como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

Lo más económico es el empleo de sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

4. MUESTRAS

4.1 Agregado fino. La muestra del agregado fino debe pasar toda por el tamiz de 9.5 mm (3/8").

La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5%.

Fracciones			
Pasa tamiz		Retenido en tamiz	
9,5 mm	(3/8")	4,75 mm	(Nº 4)
4,75 mm	(Nº 4)	2,36 mm	(Nº 8)
2,36 mm	(Nº 8)	1,18 mm	(Nº 16)
1,18 mm	(Nº 16)	600 µm	(Nº 30)
600 µm	(Nº 30)	300 µm	(Nº 50)

4.2 Agregado grueso. La muestra del agregado grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores- al tamiz de 4.75 mm (No. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra debe tener, como mínimo, el peso suficiente para obtener de ella, las cantidades de, las fracciones indicadas en la Tabla 1, que estén presentes en cantidad de 5% como mínimo.

4.3 Si las muestras contienen menos del 5% de algunas de las fracciones indicadas en los numerales 4.1 y 4.2, no se ensayará esta fracción, pero para el cálculo de los resultados del ensayo se considerará que tienen la misma pérdida a la acción de los sulfatos, de sodio o magnesio, que la media de las fracciones, inferior y superior más próximas, o bien si una de estas fracciones falta, se considerará que tiene la misma pérdida que la fracción inferior o superior que esté presente. Cuando las fracciones de 9.5 a 19.0 mm, 19 a 37.5 mm o 37.5 mm a 63 mm indicadas en el numeral 4.2 no pueden prepararse debido a la falta de uno de los dos tamaños indicados, el tamaño del que se disponga en exceso se utilizará para preparar la fracción de ensayo de la que no había cantidad suficiente.

Tabla 1

Tamices mm (pulgadas)		Peso g	
Compuesto de material:			
de 4.75 mm a 9.5 mm	(N° 4 a 3/8")		300 ± 5
de 9.5 mm a 19.0 mm	(3/8" a 3/4")		1000 ± 10
Compuesto de material:			
de 9.5 mm a 12.5 mm	(3/8" a 3/4")	33%	330 ± 5
de 12.5 mm a 19.0 mm	(1/2" a 3/4")	67%	670 ± 10
de 19.0 mm a 37.5 mm	(3/4" a 1 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 19.0 mm a 25.0 mm	(3/4" a 1")	33%	500 ± 30
de 25.0 mm a 37.5 mm	(1" a 1/2")	67%	1000 ± 50
de 37.5 mm a 63 mm	(1 1/2" a 2 1/2")		5000 ± 300
Compuesto de material:			
de 37.5 mm a 50 mm	(1 1/2" a 2")	40%	2000 ± 200
de 50 mm a 63 mm	(3/8" a 3/4")	40%	3000 ± 300
Tamices mayores obtenidos en			
Incrementos de 25 mm (1")			7000 ± 1000

5. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

5.1 Agregado fino. La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300 μm (No. 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados en el numeral 4.1. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g). Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

5.2 Agregado grueso. La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm (3/4"), se cuenta también el número de partículas. Cuando son rocas

deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se pesaran 100 gr, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 gr. \pm 2%. La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Inmersión de las muestras en la solución. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$), durante todo el tiempo de inmersión.

6.2 Secado de las muestras, posterior a la inmersión. Después de 6.1, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Se secan las muestras hasta obtener un peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0.1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1.0 g en el caso del agregado grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución, como se indica en el numeral 6.1.

6.3 Número de ciclos. El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

7. EXAMEN CUANTITATIVO

7.1 Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con Cloruro Bórico (BaCl_2).

Nota 2 Durante el lavado se debe evitar someter las partículas a impactos y frotamientos que puedan facilitar su fracturamiento o desgaste.

7.2 Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta obtener un peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

Tamaño del Agregado		Tamiz empleado	
63 mm – 37,5 mm	(2 1/2" – 1 1/2")	3.15 mm	(1 1/4")
37,5 mm – 19,0 mm	(1 1/2" – 3/4")	16.0 mm	(5/8")
19,0 mm – 9,5 mm	(3/4" – 3/8")	8.0 mm	(5/16")
9,5 mm – 4.75 mm	(3/8" – N° 4)	4.00 mm	(N° 5)

Nota 3. Como complemento al proceso descrito en los numerales 7.1 y 7.2, adicionalmente puede conseguirse más información examinando visualmente cada fracción, para observar si hay o no un excesivo cuarteamiento de las partículas. También puede ser de interés, después de haber pesado cada fracción como se indica en el numeral 7.1, juntar todas las fracciones, incluidos los desperdicios de cada una de ellas, y determinar la granulometría total, con los tamices necesarios para hallar el módulo de finura de la muestra total. El resultado del análisis granulométrico se dará en tanto por ciento acumulativo retenido por cada tamiz.

8. EXAMEN CUALITATIVO

8.1 Las fracciones de la muestra con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4") se examinan cualitativamente después de cada inmersión.

8.2 El examen cualitativo constará de dos partes: 1) la observación del efecto que produce la acción del sulfato de sodio o de magnesio y la naturaleza de esta acción, y 2) el recuento del número de partículas afectadas.

La acción del sulfato puede manifestarse de muy diversas maneras; en general, podrá clasificarse como desintegración, resquebrajamiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lascas, descascaramiento, etc. Aunque sólo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 19.0 mm (3/4"), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores, para observar si se produce un resquebrajamiento excesivo.

9. INFORME

9.1 El informe comprenderá los siguientes datos:

- Peso de cada fracción de la muestra antes del ensayo.
- Material de cada fracción, más fino que el tamiz especificado en el numeral 7.2, en el cual quedó retenido el material después del ensayo, expresado como tanto por ciento con respecto al peso total de la fracción original.

- Pérdida media, calculada por medio del tanto por ciento de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría del material tal como se recibe en el laboratorio, o mejor, teniendo en cuenta la granulometría media del material del cual se obtuvo la muestra enviada al laboratorio. En estos cálculos, los tamaños inferiores al tamiz de 300 μm (N° 50) se supone que no tienen pérdida.
- En el caso de partículas con tamaño superior a 19.0 mm (3/4"), antes del ensayo:

Número de partículas de cada fracción antes del ensayo.
Número de partículas afectadas, clasificadas según la acción en la siguiente forma: agrietadas, partidas, escamosas, desintegradas, vueltas lajas, etc.
- Tipo de solución (sulfato de sodio o sulfato de magnesio).

9.2 Los resultados del ensayo se deben presentar entonces, en forma similar a como se indica en el ejemplo de las páginas siguientes, dado en forma de tablas.

10. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C88
AASHTO	T 104

Tabla 2

Inalterabilidad del agregado grueso: análisis cuantitativo

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida corregida %	N° de partículas
63 mm (2 1/2")	50 mm (2 ")	16.4	2770	18	2058	25,7	4,21	8
50 mm (2 ")	37,5 mm (1 1/2")	29.3	1825	14	1251	31,4	9,20	17
37,5 mm (1 1/2")	25 mm (1 ")	19.4	1005	22	745	25,9	5,02	26
25 mm (1 ")	19 mm (3/4")	9.6	495	36	372	24,8	2,38	
19 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	11.7	665		418	37,1	4,34	
12,5 mm (1/2 ")	9,5 mm (3/8")	7.7	335		255	23,9	1,84	
9,5 mm (3/8 ")	4,75 mm (N° 4)	5.9	305		249	18,4	1,08	
TOTALES		100,0	7400		5348		28,07	

(2) Fracciones pesadas de acuerdo con límites de la tabla 1 .

(3) Contadas antes del ensayo.

(4) Fracciones pesadas después del ensayo.

$$(5) = \frac{(2) - (4)}{(2)} \times 100$$

$$(6) = \frac{(1) \times (5)}{(100)}$$

(7) Se cuentan todas aquellas no desintegradas después del ensayo.

Tabla 3

Inalterabilidad del agregado fino: análisis cuantitativo

Fracción		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total %	Pérdida Corregida %
9,5 mm (3/8")	4,75 mm (Nº 4)	4.6**	-	-	21	0,97
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	1.08	100*	79	21	2,27
2,36 mm (Nº 8)	1,18 mm (Nº 16)	17.0	100*	81	19	3,23
1,18 mm (Nº 16)	600 µm (Nº 30)	25.2	100*	83	17	4,28
600 µm (Nº 30)	300 µm (Nº 50)	26.0	100*	80	20	5,2
300 µm (Nº 50)	150 µm (Nº 100)	11.4	100*	86	14	1,60
150 µm (Nº 100)		5.0	-	-	-	-
TOTALES		100,0	500	409		17,55

(*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.

(**) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original < 5%.

(2) Fracciones pesadas con límites de la Tabla 1.

(3) Fracciones pesadas después del ensayo

$$(4) = \frac{(2) - (3)}{(2)} \times 100$$

$$(5) = \frac{(4) - (1)}{(100)}$$

Tabla 4

Análisis Cualitativo		Número de partículas después del ensayo					
Ciclo	Fracción	N° de Partículas preensayo	En buen estado	Agrietadas	Partidas	Escamosas	Desintegradas
I	1	18	17	1			
	2	14	12	1		1	
	3	22	21		1		
	4	36	31		1	2	2
II	1		16	1	1		
	2		10		2	1	1
	3		15	2	1	2	2
	4		29	1	1	2	3
III	1		15	1		1	1
	2		7	3	1	1	2
	3		12	2	2	3	3
	4		25	4		3	4
IV	1		12	1		2	3
	2		6	1	1	2	4
	3		10	4	2	2	4
	4		22	5	1	2	6
V	1		9	2		3	4
	2		5	1		2	6
	3		8	3	2	4	5
	4		20	2	1	3	10

Fracción 1: 63 mm - 50 mm

Fracción 2: 50 mm - 37.5 mm

Fracción 3: 37.5 mm - 25.0 mm

Fracción 4: 25.0 mm - 19 mm

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS**MTC E-210-2000**

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 5821, el mismo que se ha adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en peso, del material que presente una, dos o más caras fracturadas de las muestras de agregados pétreos.

2. APARATOS

2.1 Balanza, de 5000 g de capacidad y aproximación de 1 g.

2.2 Tamices, de 37.5, 25.0, 19.0, 12.5 y 9.5 mm (1 1/2", 1", 3/4" y 1/2" y 3/8").

2.3 Cuarteador, para la obtención de muestras representativas.

2.4 Espátula, para separar los agregados.

3. MUESTRA

3.1 La muestra para ensayo deberá ser representativa y se obtendrá mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida. Hágase el análisis granulométrico de la muestra cuarteada.

3.2 Sepárese por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 3 7.5 mm y 9.5 mm (1 1/2" y 3/8"). Descártese el resto.

3.3 El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado así:

Tamaño del agregado	Peso en g
37.5 a 25.0 mm (1 1/2" a 1")	2000
25.4 a 19.0 mm (1" a 3/4")	1500
19.0 a 12.5 mm (3/4" a 1/2")	1200
12.5 a 9.5 mm (1/2" a 3/8")	300

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Extiéndase la muestra en un área grande, para inspeccionar cada partícula. Si es necesario lávese el agregado sucio. Esto facilitará la inspección y detección de las partículas fracturadas.

4.2 Prepare tres recipientes: sepárense con una espátula, las partículas redondeadas y las que tengan una, o más de dos caras fracturadas. Si una partícula de agregado redondeada presenta una fractura muy pequeña, no se clasificará como "partícula fracturada". Una partícula se considerará como fracturada cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada. Las fracturas deben ser únicamente las recientes, aquellas que no han sido producidas por la naturaleza, sino por procedimientos mecánicos.

4.3 Péseense los dos recipientes con las partículas fracturadas y anótese este valor. Tenga en cuenta la suma del peso de los dos recipientes, cuando determine las partículas con una sola cara fracturada.

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS

5.1 Para llevar a cabo los cálculos, sígase el formato que se muestra en la Figura 1. El procedimiento de cálculo es como se describe en los numerales siguientes.

5.2 Anótese en la columna A el peso exacto de las porciones de la muestra tomadas para el ensayo, comprendidas entre los tamaños especificados, y teniendo en cuenta el numeral 3.3.

5.3 En la columna B anótese el peso del material con una cara fracturada para cada tamaño.

5.4 La columna C representa el porcentaje de material con una cara fracturada para cada tamaño:

$$C = (B/A) \times 100.$$

5.5 Regístrese en la columna D los valores correspondientes del análisis granulométrico de la muestra original (numeral 3.1).

5.6 Después de calcular la columna E = C x D y sumar los valores de cada Columna, el porcentaje de caras fracturadas se calcula así, expresándolo con aproximación del 1%:

$$\text{Porcentaje de caras fracturas} = \frac{\text{Suma de \% de caras Fracturadas ponderados según gradación original}}{\text{Muestra de ensayo como \% del material original}} = \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$$



PARTÍCULAS LIVIANAS EN LOS AGREGADOS

MTC E 211 – 2000

NTP 400.023

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 123 y AASHTO T 113, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

Tiene por objeto establecer el método para determinar el porcentaje de partículas livianas en los agregados pétreos, mediante separación por suspensión, en un líquido de peso específico elevado.

2. APARATOS

2.1 Balanzas, una con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0.1 g para agregados finos, y otra con capacidad mínima de 5000 g y sensibilidad de 1 g para agregados gruesos.

2.2 Recipientes, adecuados para secar las muestras y contener el líquido de alta densidad, durante la separación por suspensión.

2.3 Tamices, con abertura de 4.75 mm (No. 4) y 300 mm (No. 50).

2.4 Estufa, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.5 Colador, dispositivo hecho de malla de alambre, de tejido cuadrado correspondiente al tamiz de 300 mm (No. 50), con forma y tamaño adaptados para separar las partículas flotantes del líquido pesado.

2.6 Reactivos. Líquido de elevado peso específico, el cual debe consistir en una mezcla de tetracloruro de carbono y 1.1.2.2 tetrabromoetano; o bromoformo y monobromobenceno; o bromoformo y benceno, en tal proporción, que su peso específico sea de 2.00; puede usarse bromotriclorometano si su peso unitario es de 2.00 g/cm^3 . El peso específico no debe variar durante el ensayo en ± 0.01 del valor especificado. La mezcla resultante es tóxica recomendándose no tomar contacto con ella e inhalar los reactivos.

Los volúmenes de los compuestos, que deben mezclarse para obtener el líquido del peso específico requerido, pueden ser calculados mediante la Tabla 1.

Tabla 1
Peso específico de los compuestos de base para los reactivos del Ensayo (1)

Reactivo	Peso específico
1.1.2.2 Tetrabromoetano	2.97
Benceno	0.88
Bromoformo	2.88
Tetracloruro de carbono	1.58
Monobromobenceno	1.49

(1) Altamente tóxicos. Evitar instalación y contacto con la piel.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Dispóngase una cantidad de muestra para el ensayo, cuyo peso esté de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2
Peso mínimo de la muestra de Ensayo

Tamaño máximo del agregado	Peso mínimo de la muestra
4.75 mm (No. 4) ⁽¹⁾	200 g
19.00 mm (3/4")	3000 g
37.50 mm (1 1/2")	5000 g
75.00 mm (3")	10,000 g

(1) Agregado fino

3.2 Seque la muestra a una temperatura entre 105 ± 5 °C, (230 ± 9 °F), hasta peso constante.

3.3 Agregado fino. Deje enfriar la muestra a la temperatura ambiente, y pásese por el tamiz de 300 mm (No. 50), hasta cuando menos del 1% del material retenido pase, después de un minuto de tamizado continuo.

Pese el material retenido en el tamiz de 300 mm (No. 50), con una aproximación de 0.1 g y sométase al proceso descrito en la norma MTC E-205, hasta cuando el agregado alcance la condición de saturado con superficie seca (S.S.S).

3.4 Agregado grueso. Debe enfriarse la muestra a temperatura ambiente y pásese sobre el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

Pese el material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4), con una aproximación de 1 g y sométase al proceso descrito en la norma MTC E-206, hasta cuando el agregado alcance la condición de saturado con superficie seca (S.S.S).

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Agregado fino. Colóquese la muestra dentro del recipiente con el líquido de peso específico alto, cuyo volumen mínimo debe ser tres veces el del agregado.

Viérta el líquido que rebosa en un segundo recipiente, pasándolo a través del tamiz, y teniendo el cuidado de que solamente las partículas que floten, se viertan en el tamiz. Devuelva el líquido recogido en el segundo recipiente al primero; después de agitar la muestra vigorosamente, repita la operación anterior, hasta cuando la muestra esté libre de partículas flotantes.

Lave con tetracloruro de carbono, las partículas retenidas en el tamiz, hasta remover de ellas el líquido de peso específico alto, y deje secar. Por sí solas las partículas se secan rápidamente, pero si se desea, se pueden colocar dentro de un horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) por unos pocos minutos. Pese el material retenido en el colador, con aproximación de 0.1 g.

4.2 Agregado grueso. Coloque la muestra dentro del recipiente con el líquido de peso específico alto, cuyo volumen mínimo debe ser tres veces el del agregado. Retire las partículas que suban a la superficie, usando el colador y colóquelo en otro recipiente. Agite la muestra repetidamente y retire las partículas que flotan, hasta cuando ninguna suba a la superficie del líquido. Lave las partículas retiradas con tetracloruro de carbono hasta remover de ellas el líquido de peso específico alto; deje secar y péselo con una aproximación de 1 g.

5. CÁLCULOS

El porcentaje de partículas livianas en los agregados se calcula mediante las siguientes fórmulas:

5.1 Agregado fino

$$L = (M_1 / M_2) \times 100$$

Donde:

L = Porcentaje de partículas livianas.

M₁ = Peso seco de las partículas retenidas en el colador.

M₂ = Peso de la muestra seca retenida en el tamiz de 300 mm (No. 50)

5.2 Agregado grueso



$$L = (M_1 / M_3) \times 100$$

Donde:

L = Porcentaje de partículas livianas.

M₁ = Peso seco de las partículas retenidas en el colador.

M₃ = Peso de la muestra seca retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 123
AASHTO	T 113

ARCILLA EN TERRONES Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES (FRIABLES) EN AGREGADOS

MTC E 212 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 142 y AASHTO T 112, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Se refiere a la determinación aproximada de los terrones de arcilla y de las partículas desmenuzables (friables) en los agregados.

2. APARATOS

2.1 Báscula o balanza, con aproximación del 0.1 % del peso de la muestra de ensayo.

2.2 Recipientes, resistentes a la oxidación, de tamaño y forma que permitan que la muestra se extienda en el fondo en una capa delgada.

2.3 Tamices

2.4 Estufa para secado, que permita libre circulación de aire y que pueda mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

3. MUESTRA

3.1 Los agregados para este ensayo estarán constituidos por el material que quede después de la conclusión del ensayo para la determinación de los materiales más finos que el tamiz 75 μ m (No. 200), según el método MTC E202. Para obtener las cantidades a que se refieren los numerales 4.3 y 4.4, puede ser necesario combinar material de más de un ensayo efectuado por el método mencionado.

3.2 El agregado deberá secarse, hasta obtener peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

3.3 La muestra para el ensayo del agregado fino deberá consistir de partículas más gruesas que el tamiz de 1.18 mm (No. 16) y no deberá pesar menos de 25 g.

3.4 Las muestras para el ensayo del agregado grueso, deberán separarse en diferentes tamaños, empleando los siguientes tamices: 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8"), 19.0 mm (3/4"), y 37.5 mm (1 1/2"). Para el ensayo no deberá pesar menos de lo que se indica en el cuadro siguiente:

Tamaño de las partículas entre los tamices de:	Peso mínimo de la muestra de ensayo, g.
4.75 - 9.5 mm (No. 4 – 3/8")	1000
9.5 - 19.0 mm (3/8" – 3/4")	2000
19.0 – 37,5 mm (3/4" – 1 1/2")	3000
Mayores – 37,5 mm (1 1/2")	5000

3.5 En el caso de mezclas de agregados finos y gruesos, el material deberá separarse por el tamiz de 4.75 mm (No. 4), y las muestras correspondientes deberán prepararse de acuerdo con los numerales 3.3 y 3.4

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Pesar la muestra de ensayo con la precisión especificada en el numeral 3.1 y extiéndase en una capa delgada sobre el fondo del recipiente. Cúbrase con agua destilada y deje remojar durante 24 ± 4 h.

Ruédese y apriétese individualmente las partículas, entre el pulgar y el índice, para tratar de romperlas en tamaños más pequeños. No deberán emplearse las uñas para romper las partículas, ni presionarlas una contra la otra o contra una superficie dura. Las partículas que puedan romperse con los dedos, en finos removibles mediante tamizado en húmedo, se clasificarán como terrones de arcilla, o partículas desmenuzables. Después de que todas las partículas identificables como terrones de arcilla y partículas deleznablezables hayan sido rotas, sepárese el desperdicio de la parte restante, mediante tamizado en húmedo, sobre el tamiz que se indica en la tabla siguiente:

Intervalos de tamaños de las partículas que forman la muestra	Tamaño del tamiz para remover el residuo de terrones de arcilla y partículas desmenuzables
Agregado fino retenido sobre el tamiz de 1.18 mm (No. 16)	8.50 Mm (No. 20)
4.75 - 9.5 mm (No. 4 - 3/8")	2.36 mm (No. 8)
9.5 19.0 mm (3/8" - 3/4")	4.75 mm (No. 4)
19,0 37.5 mm (3/4" - 1 1/2")	4.75 mm (No. 4)
Mayor de 37.5 mm (1 1/2")	4.75 mm (No. 4)

Efectúe el tamizado en húmedo haciendo circular agua sobre la muestra (a través del tamiz), mientras se agita manualmente el tamiz, hasta que haya sido removido todo el material más pequeño.

4.2 Remover cuidadosamente del tamiz las partículas retenidas, séquese hasta obtener peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), deje enfriar y péselo con aproximación al 0.1 % del peso de la muestra de ensayo, definida en los numerales 3.3 y 3.4.

5. CÁLCULOS

5.1 Calcúlese el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas deleznable, en los agregados finos, o de los tamaños individuales de agregados gruesos, en la siguiente forma:

$$P = [(W-R)/ W] \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables (Friables).

W = Peso de la muestra de ensayo. En los agregados finos, el peso de la porción más gruesa que el tamiz de 1.18 mm (No. 16), como se describe en el numeral 3.3. En los agregados gruesos, el peso de la fracción respectiva.

R = Peso de las partículas retenidas sobre el tamiz designado, determinada de acuerdo con el numeral 4.2.

5.2 Para agregados gruesos, el porcentaje de terrones de arcilla y de partículas desmenuzables, deberá ser un promedio basado en el porcentaje promedio de terrones de arcilla y de partículas deleznales, en cada fracción, de acuerdo con la granulometría de la muestra original antes de la separación o preferiblemente, de la granulometría promedio del suministro que la muestra represente. Si el agregado contiene menos del 5% de cualquiera de los tamaños especificados en el numeral 4.1, no deberá ensayarse dicho tamaño sino que, para fines del cálculo del promedio ponderado, deberá considerarse que contiene el mismo porcentaje de terrones de arcilla y de partículas friables que el tamaño mayor siguiente o que el anterior, cualquiera que sea el que se halle presente.

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 142
AASHTO	T 112

IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO

MTC E 213 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 40 y AASHTO T 21, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

Tiene por objeto establecer el procedimiento que debe seguirse para determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino usado en la preparación de morteros o concretos de cemento hidráulico.

2. APARATO Y MATERIALES

2.1 Frascos de vidrio incoloro, de unos 350 ml, con tapas.

2.2 Reactivos.

Solución de hidróxido de sodio (3%). Se disuelven 3 partes en peso de hidróxido de sodio (Na OH) en 97 partes de agua destilada.

Solución normal de referencia. Se disuelve bicromato de potasio ($K_2 Cr_2 O_7$) en ácido sulfúrico concentrado (peso unitario de $1.84 g/cm^3$), en la relación de 0.250 g de bicromato de potasio por cada 100 ml de ácido sulfúrico concentrado, empleando calor, si fuere necesario, para efectuar la solución.

3. MUESTREO

De la muestra enviada para el ensayo secada únicamente al aire, se toman unos 500 g, por el método de cuarteo manual o mecánico.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Se coloca el agregado fino en el frasco hasta completar un volumen aproximado de 130 ml.

4.2 Se añade la solución de hidróxido de sodio, hasta que el volumen del agregado fino y el líquido después de agitado, sea igual a 200 ml. aproximadamente.

4.3 Se tapa el frasco, se agita vigorosamente y se deja reposar por 24 horas.

5. DETERMINACIÓN DEL COLOR

5.1 Procedimiento estándar. Al final del periodo de 24 horas de reposo, se llena un frasco con la solución normal de referencia, la cual debe haber sido preparada dentro de las dos horas anteriores a la comparación, hasta completar un volumen aproximado de 75 ml, y se compara su color con el del líquido que sobrenada en la solución que contiene el agregado fino. La comparación de colores se hace poniendo juntos, el frasco que contiene la muestra y el que contiene la solución normal de referencia, y mirando a través de ellos contra un fondo claro. Se nota si el color de la solución que sobrenada es o no, más claro que el color de comparación.

5.2 Procedimiento alternativo. Para definir más precisamente el color del líquido de la muestra de ensayo, puede ser utilizado los 5 vidrios de color estándar utilizando los siguientes colores.

COLOR GARDNER ESTÁNDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

5.3 Interpretación de los resultados. Se considera que el agregado fino contiene componentes orgánicos posiblemente perjudiciales, cuando el color que sobrenada por encima de la muestra de ensayo es más oscuro que el color normal de referencia. En tal caso, se deben efectuar ensayos complementarios, antes de aprobar el agregado fino para su utilización en la fabricación de concreto hidráulico.

Por tratarse de ensayos cualitativos y no cuantitativos, no se requiere establecer la precisión de los resultados.

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 21
ASTM	C 40

INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS

MTC E 214 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 3744 y AASHTO T 210, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Determinar la durabilidad de agregados. El índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica que se describen.

2. RESUMEN DEL MÉTODO

2.1 Fue desarrollado para permitir la precalificación de los agregados, propuestos para uso en la construcción de vías. Básicamente, el ensayo establece una resistencia de los agregados a generar finos, cuando son agitados en presencia de agua. Procedimientos de ensayo separados y diferentes son usados para evaluar las porciones gruesa y fina del material.

2.2 Una muestra de agregado grueso es preparada con una gradación específica y luego es lavada en un agitador mecánico durante 2 min. Después de secado y descartado el material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4), la muestra de ensayo lavada es preparada a la gradación final del ensayo.

2.3 La muestra de agregado grueso es entonces agitada en el vaso mecánico de lavado, por un período de 10 min. El agua de lavado resultante, junto con los finos que pasan el tamiz de 75 μ m (No. 200), son unidos y mezclados con una solución de cloruro de calcio y depositados en un cilindro plástico. Después de un tiempo de sedimentación de 20 minutos, se lee el nivel de la columna de sedimentación. La altura del valor de sedimentación es usada entonces para calcular el índice de durabilidad del agregado grueso (Dc).

2.4 La muestra de agregado fino se prepara lavando una cantidad específica de material en el vaso mecánico de lavado por un período de 2 min. Todo el material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) mediante operación de lavado, es descartado. La porción que no pasa dicho tamiz es secada y tamizada por 20 min. Todos los tamaños del tamizado, incluyendo, aquella fracción recogida en el depósito final, son recombinados. La muestra final de ensayo se prepara a partir de este material lavado, secado y recombinado.

2.5 La muestra de agregado se ensaya según la norma MTC E114 (Equivalente de arena), excepto por una modificación a la duración del tiempo de agitación. Se requiere el método de agitación mecánica y se usa un tiempo de agitación de 10 min en vez de 45 s.

2.6 Este método incluye procedimientos de ensayo para agregados que exhiben una amplia variación en su gravedad específica, incluyendo agregados gruesos livianos y porosos y también procedimientos para ensayar agregados de tamaños máximos que en realidad son muy pequeños para ser considerados agregados gruesos y muy grandes para ser considerados agregados finos.

2.7 El índice de durabilidad para agregados gruesos (Dc) o para agregados finos (Df) se calcula, según el caso, con ecuaciones apropiadas presentadas en el método. El índice de durabilidad de un agregado bien gradado, que contenga ambas fracciones (fina y gruesa) se define como el menor de los dos valores Dc o Df, obtenidos de este ensayo. Este debe ser el valor que controle para propósitos de especificación.

3. USO Y SIGNIFICADO

3.1 Este ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y comportamiento arcilloso del material que puede ser generado en un agregado cuando se somete a degradación mecánica.

3.2 Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un agregado, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso.

3.3 Este método provee un ensayo rápido de evaluaciones de la calidad de una nueva fuente de agregados. Investigaciones han indicado que puede también usarse, en cambio del ensayo de durabilidad frente a la acción de una solución de sulfato de sodio, para evaluar la durabilidad del agregado fino de uso en el concreto, reduciendo así el consumo de tiempo y los costos incurridos en el ensayo de durabilidad.

3.4 Aunque la aplicación de este método se ha restringido a agregados para usos específicos de construcción, puede expandirse a otras áreas, como mezclas bituminosas de pavimento y concretos.

4. APARATOS

4.1 Vaso mecánico de lavado, cilíndrico, de paredes rectas y fondo plano, conforme con las especificaciones y dimensiones de la Figura 1.

4.2 Recipiente colector o fondo de mallas, circular, de al menos 254 mm (1.0") de diámetro y de aproximadamente 102 mm (4") de profundidad, para recoger el agua resultante del lavado de la muestra. Tiene paredes verticales o casi verticales y está equipado con lo necesario para acoplar un tamiz, de tal forma que la malla del tamiz quede por lo menos a 76.2 mm (-3") del fondo del recipiente. Puede usarse un adaptador, que evite la pérdida de finos y de agua de lavado, acoplando el tamiz y el recipiente, o puede colocarse un tamiz en blanco (sin malla) bajo el otro tamiz, que repose directamente en el fondo del recipiente.

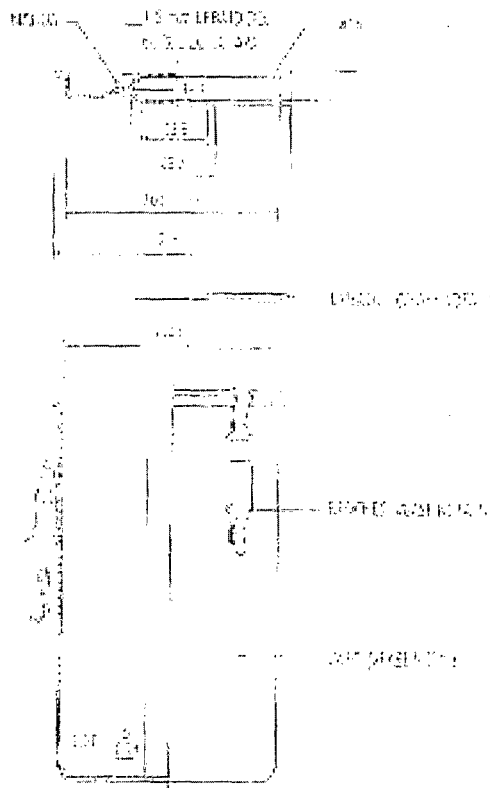


Fig. 4.2 - Recipiente colector de lavado

DIMENSIONES

Pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
9 17/32	242.1	7 27/32	199.2	9/16	14.3
8 5/8	219.1	7 5/8	193.7	1/4	6.4
8 33/64	216.3	3 1/2	88.9	1/16	1.6
7 29/32	200.8	2 1/2	63.5	1/32	0.79
7 7/8	200.0	3/4	19.0	1/64	0.40

Nota 1. La empaquetadura debe ser de caucho de neopreno de 3.2 mm (1/8") de espesor, con diámetro interior de 199.2 ± 0.4 mm ($7 \frac{27}{32}'' \pm 1/64''$) y diámetro exterior de 216.3 ± 0.4 mm ($8 \frac{33}{64}'' \pm 1/64''$).

Nota 2. El vaso debe ser de fondo plano, paredes rectas, cilíndrico de 7.6 dm^3 (2 galones) de capacidad aprox. su extremo superior debe ser extendido hacia afuera para dar asiento al empaque y a la tapa.

Nota 3. Se requieren 3 broches que deben estar equitativamente espaciados. Deben estar unidos al vaso mediante remaches o soldaduras que no permitan el paso del agua. Cuando se ajusten la tapa y la empaquetadura con los broches, el vaso debe quedar sellado herméticamente.

Nota 4. El vaso debe ser de acero inoxidable y tener una tolerancia de ± 0.8 mm (1/32") en las dimensiones mostradas, a menos que se especifique otra cosa.

4.3 Sacudidor portátil tipo Tyler de tamices, modificado y ajustado para operar a 285 ± 10 ciclos completos por minuto. Los dos periodos de agitación, especificados en los numerales 10, 11, 12 y 13, se llevan a cabo con este agitador modificado.

Nota 1: Otros tipos de agitadores de tamices pueden ser usados, siempre y cuando todos sus factores sean ajustados para obtener los mismos resultados que con el agitador de Tyler.

4.4 Todo el equipo utilizado en la norma MTC E114 (Equivalente de arena).

4.5 Tamices

4.6 Balanza, con capacidad mínima de 500 g y precisión de 1 g.

5. MATERIALES Y REACTIVOS

5.1 Soluciones de stock y de trabajo, de cloruro de calcio, con los requisitos de la norma MTC E114, "Equivalente de arena".

5.2 Agua destilada y, o, agua desmineralizada, pues los resultados del ensayo pueden ser afectados por ciertos minerales disueltos en el agua. Sin embargo, si se demuestra que el agua usualmente disponible no afecta los resultados, se puede utilizar dicha agua, excepto en aquellas partes del procedimiento en las que se ordene usar expresamente agua destilada o desmineralizada. Para ensayos con propósitos de referencia, en todos los pasos del ensayo se debe usar agua destilada o desmineralizada.

6. CONTROL DE TEMPERATURA

6.1 Este ensayo puede efectuarse normalmente sin control de temperatura; sin embargo, para propósitos de referencia, ensáyese de nuevo el material, con la temperatura del agua destilada o desmineralizada y de la solución de trabajo de cloruro de calcio a 22 ± 3 °C (72 ± 5 °F).

7. MUESTREO

7.1 Obténganse las muestras del agregado a ser ensayado de acuerdo con la norma MTC E201.

8. PREPARACIÓN INICIAL DE LA MUESTRA

8.1 Séquense suficientemente las muestras de agregados, para permitir su completa separación de tamaños mediante el tamiz de 4.75 mm (No. 4), y para desarrollar una condición de fluidez o libre movimiento de los agregados cuando pasan a través del tamiz.

El secado puede efectuarse por cualquier método, siempre y cuando no se excedan los 60 °C (140 °F) y no se degraden las partículas. Los métodos de secado más usados son el secado al sol, al horno y el uso de corrientes de aire caliente.

8.2 Si la muestra contiene una cantidad apreciable de arcilla, dense vueltas al agregado a medida que se seca, para obtener un secado uniforme y evitar la formación de terrones duros de arcilla.

8.3 Rómpanse los terrones duros y elimínense los finos que cubren los agregados gruesos, por cualquier método que no reduzca apreciablemente el tamaño natural de las partículas.

8.4 Determínese la gradación de la muestra por tamizado, de acuerdo con la norma MTC E107, con los tamices de 19.0, 12.5, 8.5, 4.75, 2.36 y 1.18 mm ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No. 4, No. 8, No. 16). Descártese cualquier material que sea retenido en el tamiz de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ ").

8.5 Determinense los procedimientos de ensayo que se usarán para establecer el índice de durabilidad del agregado, basándose en la gradación obtenida en el numeral 8.4:

- Si menos del 10% pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4), ensáyese solamente el agregado grueso (procedimiento A).
- Si menos del 10% del agregado es de tamaño mayor que el tamiz de 4.75 mm (No. 4), ensáyese únicamente el agregado fino (procedimiento B).
- Cuando ambas fracciones del agregado, grueso y fino, están presentes en cantidades iguales o mayores al 10%, y el porcentaje que pasa el tamiz de 1.18 mm (No. 16) es mayor del 10%, úsense ambos procedimientos, A y B, a las fracciones correspondientes.

Si el porcentaje que pasa el tamiz de 1.18 mm (No. 16) es menor o igual al 10%, úsense el procedimiento A o el procedimiento C.

- Si la mayoría del agregado (75 a 80%) se encuentra entre los tamices de 9.5 mm (3/8") y 1.18 mm (No. 16), úsense únicamente el procedimiento C.

PROCEDIMIENTO A - AGREGADO GRUESO

9. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

9.1 Prepárese una muestra preliminar de ensayo, de 2550 ± 25 g, secada al aire, usando la siguiente gradación:

Tamaño del agregado	Peso seco al aire, g
19.0 a 12.5 mm ($\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ")	1070 \pm 10
12.5 a 9.5 mm ($\frac{1}{2}$ " a 3/8")	570 \pm 10
9.5 a 4.75 mm (3/8" a No. 4)	910 \pm 5
	2550 \pm 25

Séquese esta muestra preliminar, a peso constante, a 1-ula temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F); déjese enfriar y pése. Regístrese el peso resultante W.

Nota 2. Si no se requiere un ajuste al peso del espécimen o al volumen del agua de lavado y de ensayo, o a ambos, no es necesario secar la muestra al horno antes del lavado inicial.

9.2 Deposítese la muestra preliminar de ensayo dentro de vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 ml de agua destilada o desmineralizada, ajústese la tapa del vaso y asegúrese el vaso en el agitador.

9.3 Debido a la baja gravedad específica o a la alta rata de absorción de ciertos agregados, las proporciones de agregado y agua pueden no permitir la fricción deseada entre las partículas. El ensayo de estos materiales requerirá un ajuste al peso del espécimen de ensayo o al volumen del agua, tanto de lavado como de ensayo, o a ambos:

- Lávense todos los materiales que no se inundan completamente cuando se agregan 1000 ml de agua a la muestra de ensayo, y ensáyese con ajuste a los pesos del espécimen y a los volúmenes de agua.
- Determinese el peso específico del agregado secado al horno y su porcentaje de absorción, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E206.
- Calcúlese el peso total de la muestra de ensayo usando la siguiente ecuación:

$$\text{Peso calculado de la muestra} = \frac{\text{Peso específico del agregado}}{2,65} \times W$$

Calcúlese el peso del material en cada tamaño proporcionalmente a los pesos especificados en el numeral 9.7.

- Ajústese el volumen del agua de ensayo usando la siguiente ecuación:

$$\text{Agua ajustada} = 1000 + (A \times W) - 50$$

Donde:

A = Absorción del agregado, %

W = Peso de la muestra de ensayo secada al horno, g.

9.4 Después de 60 ± 10 segundos de haber introducido el agua de lavado, agítese el vaso en el agitador de tamices, por un tiempo de 120 ± 5 segundos.

9.5 Al terminar el periodo de 2 min de agitación, rémuévase el vaso del agitador, destápese y cuélese su contenido por el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Lávense los finos remanentes en el vaso con la ayuda de una manguera, de forma tal que el agua de lavado pase por el tamiz y caiga en el mismo recipiente de los agregados que lo atravesaron, hasta que salga limpia el agua.

9.6 Séquese la fracción retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y pésese. Si la pérdida de peso debida al lavado efectuado según los numerales 9.2 a 9.5 es igual o menor a 75 g, una muestra para ensayos adicionales debe ser preparada y los procedimientos de los numerales 9.7 a 9.12 deben ser omitidos. Si la pérdida de peso excede los 75 g, la muestra preliminar de ensayo puede conservarse y ser usada, siempre y cuando una segunda muestra se lave mediante el mismo procedimiento y las dos muestras sean combinadas de acuerdo con los pesos especificados para proveer la muestra de ensayo deseada.

9.7 Determinése la gradación a ser usada en la preparación de la muestra de ensayo preliminar como sigue:

- Si cada uno de los tamaños de agregado listados en la siguiente tabla representa el 10% o más de la porción comprendida entre los tamices de 19.0 mm ($3/4$ ") y 4.75 mm (N° 4), como se determinó en los pesos registrados en el numeral 8.4, úsense los pesos del material (secado al horno) especificado en seguida, para preparar la muestra de ensayo preliminar.

Tamaño del agregado		Peso seco al horno, g
19.0 a 12.5 mm	($3/4$ " a $1/2$ ")	1050 ± 10
12.5 a 9.5 mm	($1/2$ " a $3/8$ ")	550 ± 10
9.5 a 4.75 mm	($3/8$ " a No. 4)	900 ± 5
		2500 ± 25

9.8 Prepárense 2500 g de muestra de ensayo preliminar usando la gradación prescrita. Séquese esta muestra hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

9.9 Lávese mecánicamente la muestra preliminar de la misma manera como se describió en los numerales 9.2 a 9.5.

9.10 Repítanse las secciones 9.8 y 9.9, si es necesario, para obtener suficiente material que dé una muestra de ensayo lavada de 2500 ± 25 g, numeral 9.7.

9.11 Después de permitir que se enfríe el material secado al horno, sepárese el agregado grueso lavado, en los tamices de 12.5, 9.5 y 4.75 mm ($1/2$ ", $3/8$ ", No. 4). Descártese el material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

9.12 Prepárese la muestra de ensayo lavada usando los pesos especificados en el numeral 9.7, a partir de porciones representativas de cada tamaño del material lavado. Ocasionalmente, puede ser necesario lavar una tercera muestra preliminar de ensayo para obtener el peso requerido en un tamaño específico de material.

10. PROCEDIMIENTO PARA EL AGREGADO GRUESO

10.1 Colóquese el cilindro plástico (el mismo requerido en la norma MTC E114 para obtención del equivalente de arena) sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Viértanse 7 ml (0.24 onzas) de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Colóquense los tamices de 4.75 mm (No. 4) y de 75 μ m (No. 200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de 4.75 mm (No. 4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de 75 μ m (No. 200).

10.2 Colóquese la muestra de ensayo lavada (como se preparó en el numeral 9) en el vaso mecánico de lavado. Añádase luego la cantidad de agua destilada o desmineralizada, determinada en el numeral 9.3; ajústese la tapa y colóquese el vaso en el agitador. Comiencese la agitación después de 60 segundos de haber vertido el agua de lavado. Agítese el vaso por 600 ± 015 segundos.

10.3 Inmediatamente después de agitado, retírese el vaso del agitador y quítesele la tapa. Agítese el contenido del vaso sostenido verticalmente, en forma vigorosa, con movimientos horizontales - circulares, cinco o seis veces, para, poner los finos en suspensión e inmediatamente viértase este contenido en el recipiente colector de agua de lavado con los tamices mencionados en el numeral 10.1. Descártese el material retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Recójase toda el agua de lavado y material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en el recipiente colector. Para asegurar que el material de tamaño inferior al del tamiz de 75 μ m (No. 200) ciertamente pasa por dicho tamiz, deben seguirse los siguientes pasos:

- A medida que se cuela el material por el tamiz de 75 μ m (No. 200), debe golpearse repetidamente el lado del tamiz con la mano.
- Si aún queda una concentración retenida en el tamiz, debe reciclarse el agua de lavado. Para ello debe primero dejarse reposar el agua del colector permitiendo que asienten las partículas mayores. Luego, el agua un poco más clara de la parte superior puede depositarse en otro recipiente y volverse a verter sobre los tamices, para caer de nuevo en el recipiente colector, lavando así las partículas remanentes. Debe repetirse este reciclaje hasta que todas las partículas que deben pasar por el tamiz de 75 μ m efectivamente pasen y se junten en el recipiente colector.

10.4 Añádase agua destilada o desmineralizada, hasta dar el volumen de 1000 ± 5 ml de agua sucia. Transfírase el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido.

10.5 Colóquese un embudo en el cilindro plástico graduado. Agítese manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Estando aún en turbulencia, viértase el agua de lavado dentro del cilindro graduado, en cantidad tal, que llegue el nivel del agua a la marca de 381 mm (15").

10.6 Remuévase el embudo, colóquese el tapón en el extremo del cilindro y prepárese para mezclar el contenido inmediatamente.

10.7 Mézclase el contenido mediante movimientos alternados de agitación hacia arriba y hacia abajo a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente.

10.8 Completándose el proceso de mezclado, colóquese el cilindro sobre la mesa de trabajo y remuévase el tapón. Déjese reposar el contenido del cilindro por 1200 ± 15 segundos cuidando de no perturbarlo. Exactamente al final de este tiempo léase y regístrese la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2.5 mm (0.1").

Nota 3. Existen dos condiciones no usuales que pueden ser encontradas en esta fase del procedimiento de ensayo. Una es que puede no formarse una línea de demarcación claramente definida entre el sedimento y el líquido sobre él, al finalizar los 20 minutos especificados. Si esto ocurre en un ensayo donde se usó agua destilada o desmineralizada, déjese sedimentar aún más hasta que se forme la línea de demarcación, midase la altura y regístrese el tiempo. Si en cambio el ensayo se hizo con agua común, debe descontinuarse el ensayo y repetirse usando una parte de la muestra que no esté ensayada, y usando agua desmineralizada. La segunda condición no usual es que el líquido que está sobre la línea de demarcación puede verse aún oscuro y turbio al final de los 20 minutos de sedimentación, viéndose como si la línea de demarcación estuviese dentro de la misma columna de sedimentación. Al igual que la primera condición, si se ha usado agua común, debe volver a hacerse el ensayo con una nueva muestra y con agua destilada y desmineralizada; en caso contrario, puede leerse y registrarse esta línea de demarcación al final del tiempo de sedimentación de 20 minutos.

PROCEDIMIENTO B - AGREGADO FINO

11. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO

11.1 Cuartéese una porción representativa del material que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No. 4), en cantidad suficiente para obtener un peso secado al horno de 500 ± 025 g.

11.2 Séquese la muestra preliminar de ensayo a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 09 °F). Enfriese a la temperatura ambiente.

11.3 Colóquese la muestra de ensayo en el vaso mecánico de lavado, añádanse 1000 ± 5 ml de agua destilada y desmineralizada, y tápese el vaso. Asegúrese el vaso en el agitador con suficiente tiempo para comenzar la agitación después de 600 ± 30 segundos de haber introducido el agua de lavado. Agítese el vaso por un periodo de 120 ± 5 segundos.

11.4 Después de completar el periodo de agitación por 2 minutos, retírese el vaso del agitador, destápese y cuélese cuidadosamente su contenido a través del tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No. 200), protegido con el tamiz de 4.75 mm (No. 4), como se describió en el numeral 10.1. Enjuáguese el vaso y el tamiz con ayuda de una manguera, de manera que el agua de lavado caiga en el mismo recipiente de los agregados que pasaron el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No. 200), hasta que el agua que pasa por el tamiz salga clara.

11.5 Puede ser necesario fluidificar aquellas muestras que sean arcillosas o limosas, antes de verterlas sobre el tamiz, para prevenir el taponamiento del tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No. 200). Se hace esto añadiendo agua al vaso después del período de agitación. La fluidificación repetida puede ser necesaria en casos extremos, antes de que el contenido del vaso sea vertido en el tamiz.

11.6 Después del lavado, transfírase el material retenido en el tamiz aun recipiente desecado y séquese hasta peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Es necesario lavar el material retenido en el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No. 200) para transferirlo al recipiente de secado. Déjese el recipiente en una posición inclinada, hasta que el agua libre que drena por el lado más bajo sea clara. Luego desalójese esta agua clara. Úsense recipientes grandes para extender la muestra y alimentar la velocidad de secado.

11.7 Después de permitir que el material secado al horno se enfríe, tamícese la muestra de ensayo, por 20 minutos, usando los siguientes tamices: 2.36 y 1.18 mm, 600, 300, 150 y $75 \mu\text{m}$ (Nos. 8, 16, 30, 50, 100 y 200).

Nota 4. El agitador descrito en el numeral 4.3 no es aconsejable si se decide calcular la gradación del material. Cualquier agitador mecánico puede ser usado para la separación de tamaños en vez del agitador especificado. No es esencial efectuar el análisis granulométrico para llevar a cabo el ensayo de durabilidad para los agregados finos. Si no se desea hacer el análisis granulométrico, este paso se puede omitir.

11.8 Después de averiguar la granulometría de la muestra de ensayo lavada, recombinese todo el material retenido en los diferentes tamaños, con el material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) que fue colectado en el recipiente colector.

11.9 Cuartéese una cantidad suficiente del material lavado y tamizado, para llenar la lata de medida de 85 ml (3 oz) hasta el borde. Mientras se llena la lata, golpéese su fondo sobre otra superficie dura para causar la consolidación del material y permitir que quepa la mayor cantidad de material en la lata. Téngase especial cuidado en este procedimiento para lograr una muestra verdaderamente representativa.

Nota 5. Es preferible el uso de un cuarteador que cumpla con los requisitos de la norma MTC E105.

12. PROCEDIMIENTO PARA EL AGREGADO FINO

12.1 Hágase un ensayo de equivalente de arena de acuerdo con la norma MTC E114, con la excepción de que se debe usar un agitador mecánico para agitar continuamente el cilindro y su contenido por un tiempo de 600 ± 15 segundos.

PROCEDIMIENTO C - AGREGADOS MUY FINOS PARA SER ENSAYADOS COMO AGREGADOS GRUESOS Y MUY GRUESOS PARA SER ENSAYADOS COMO AGREGADOS FINOS

13. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

13.1 El procedimiento C ha sido desarrollado para ensayar agregados que están contenidos principalmente entre los tamices de 9.5 mm y 1.18 mm (3/8" y No. 16) (gravilla, confitillo). Estos agregados son muy finos para ser ensayados como agregados gruesos y muy gruesos para ser ensayados como arena.

13.2 Prepárese la muestra de ensayo de la misma forma que la especificada en el numeral 11, exceptuando que se elimina el procedimiento de tamizado y de recombinación del material seco como se requería en los numerales 11.7 y 11.8.

14. PROCEDIMIENTO

14.1 Llénese el cilindro plástico hasta el nivel de 102 ± 2.5 mm (4 ± 0.1 "") con agua destilada o desmineralizada. Viértase el espécimen de ensayo preparado dentro del cilindro mediante un embudo para evitar derramamiento. Golpéese súbitamente el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar cualquier burbuja y ayudar al humedecimiento total del espécimen. Déjese reposar el cilindro por 10 ± 1 minutos.

14.2 Tápese el cilindro, remuévase el material del fondo, y colóquese el cilindro en el agitador mecánico del equivalente de arena. Actívese el cronómetro y permítase que la máquina agite el cilindro y su contenido por 30 ± 1 minutos.

14.3 Al final del periodo de agitación, sáquese el cilindro del agitador y transfírase el agua y el material que pasa el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No. 200) a un segundo cilindro que contiene 7 ml (0.24 oz) de solución base de cloruro de calcio. Para ello, deben ensamblarse los tamices de 2.36 mm y de $75 \mu\text{m}$ (No. 8 y No. 200) con un embudo que descarga al segundo cilindro, debe golpearse el fondo del primer cilindro (aún tapado) y agitarse para aflojar su contenido, luego invertirlo sobre el embudo con los tamices, quitar el tapón y dejar que se cuele el contenido a través de los tamices y que descargue el material que pase, en el segundo cilindro. Luego añádase suficiente agua fresca destilada, hasta que el nivel del líquido en el segundo cilindro sea de 380 mm (15").

Tápese el segundo cilindro y mézclase su contenido invirtiéndolo 20 veces en 35 segundos.

14.4 Permítase que el cilindro repose no disturbado, por 1200 ± 15 segundos (20 minutos) desde el momento de haber completado la operación de mezcla; luego léase la marca de la suspensión arcillosa con precisión de 2.5 mm (0.1").

CÁLCULOS

15. PROCEDIMIENTO A - AGREGADO GRUESO

15.1 Calcúlese el índice de durabilidad del agregado grueso, aproximándolo al entero mas cercano, usando la siguiente ecuación:

$$D_c = 30.3 + 20.8 \cot (0.29 + 0.0059 H)$$

Donde:

D_c = Índice de durabilidad

H = Altura de sedimentación, en mm, y la cantidad $(0.29 + 0.0059 H)$ en radianes.

15.2 La Tabla 1 muestra soluciones a esta ecuación.

16. PROCEDIMIENTO B - AGREGADO FINO

16.1 Calcúlese el índice de durabilidad del agregado fino, aproximándolo al entero inmediatamente superior, usando la siguiente ecuación:

$$D_f = \frac{\text{Lectura de la arena}}{\text{Lectura de la arcilla}} \times 100$$

16.2 Si se desea calcular el índice como el promedio de varios índices, cada índice se calcula al entero superior y el promedio de ellos también se aproxima al entero superior.

17. PROCEDIMIENTO C - AGREGADOS MUY FINOS PARA SER ENSAYADOS COMO AGREGADOS GRUESOS Y MUY GRUESOS PARA SER ENSAYADOS COMO AGREGADOS FINOS

17.1 Calcúlese el índice de durabilidad de acuerdo con el numeral 15.

Tabla 1
Indice de durabilidad del agregado grueso
($D_c = 30.3 + 20.8 \cot(0.29 + 0.0059 H)$)^(A)

Altura de sedimento		D _c	Altura de Sedimento		D _c	Altura de sedimento		D _c	Altura de Sedimento		D _c	Altura de sedimento		D _c
Pulg.	Mm		Pulg.	Mm		Pulg.	Mm		Pulg.	Mm		Pulg.	Mm	
0,0	0,0	100	3,0	76,2	53	6,0	152,4	39	9,0	228,6	29	12,0	304,8	18
0,1	2,5	96	3,1	78,7	52	6,1	154,9	38	9,1	231,1	29	12,1	307,0	18
0,2	5,1	93	3,2	81,3	52	6,2	157,5	38	9,2	233,7	28	12,2	309,9	18
0,3	7,6	90	3,3	83,8	51	6,3	160,0	38	9,3	236,2	28	12,3	312,4	17
0,4	10,2	87	3,4	86,4	51	6,4	162,6	37	9,4	238,8	28	12,4	315,0	17
0,5	12,7	85	3,5	88,4	50	6,5	165,1	37	9,5	241,3	27	12,5	317,5	16
0,6	15,2	82	3,6	91,4	49	6,6	167,6	37	9,6	243,8	27	12,6	320,0	16
0,7	17,8	80	3,7	94,0	49	6,7	170,2	36	9,7	246,4	27	12,7	322,6	15
0,8	20,3	78	3,8	96,5	48	6,8	172,7	36	9,8	248,9	26	12,8	325,1	15
0,9	22,9	76	3,9	99,1	48	6,9	175,3	36	9,9	251,5	26	12,9	327,7	14
1,0	25,4	74	4,0	101,6	47	7,0	177,8	35	10,0	254,0	26	13,0	330,2	14
1,1	27,9	73	4,1	104,1	47	7,1	180,3	35	10,1	256,5	25	13,1	332,7	13
1,2	30,5	71	4,2	106,7	46	7,2	182,9	35	10,2	259,1	25	13,2	335,3	13
1,3	33,0	70	4,3	109,2	46	7,3	185,4	34	10,3	261,6	25	13,3	337,8	12
1,4	35,6	68	4,4	111,8	45	7,4	188,0	34	10,4	264,2	24	13,4	340,4	12
1,5	38,1	67	4,5	114,3	45	7,5	190,5	34	10,5	266,7	24	13,5	342,9	11
1,6	40,6	66	4,6	116,8	44	7,6	193,0	33	10,6	269,2	24	13,6	345,4	11
1,7	43,2	65	4,7	119,4	44	7,7	195,6	33	10,7	271,8	23	13,7	348,0	10
1,8	45,7	63	4,8	121,9	43	7,8	198,1	33	10,8	274,3	23	13,8	350,5	9
1,9	48,3	62	4,9	124,5	43	7,9	200,7	32	10,9	276,9	23	13,9	353,1	9
2,0	50,8	61	5,0	127,0	43	8,0	203,2	32	11,0	279,4	22	14,0	355,6	8
2,1	55,4	60	5,1	129,5	42	8,1	205,7	32	11,1	281,9	22	14,1	358,1	7
2,2	55,9	59	5,2	132,1	42	8,2	208,3	31	11,2	284,5	22	14,2	360,7	7
2,3	58,9	59	5,3	134,6	41	8,3	210,8	31	11,3	287,0	21	14,3	363,2	6
2,4	61,0	58	5,4	137,2	41	8,4	213,4	31	11,4	289,6	21	14,4	365,8	5
2,5	63,5	57	5,5	139,7	40	8,5	215,9	30	11,5	292,1	20	14,5	368,3	4
2,6	66,0	56	5,6	142,2	40	8,6	218,4	30	11,6	294,6	20	14,6	370,8	4
2,7	68,0	55	5,7	144,8	40	8,7	221,0	30	11,7	297,2	20	14,7	373,4	3
2,8	71,1	54	5,8	147,3	39	8,8	223,5	29	11,8	299,7	19	14,8	375,9	2
2,9	73,7	54	5,9	149,9	39	8,9	226,1	29	11,9	302,3	19	14,9	378,5	1
												15,0	381,0	0

PRECAUCIONES

18. PRECAUCIONES

18.1 Hágase el ensayo en un lugar libre de vibraciones, ya que puede ocurrir que el material suspendido se asiente a una mayor velocidad que la normal.

18.2 No deben exponer se los cilindros plásticos al sol por un tiempo mayor al necesario.

18.3 Revisese frecuentemente el juego entre la excéntrica y la cama del agitador Tyler. Si existe tal juego, debe reemplazarse una de ellas o ambas.

18.4 Lubríquese el agitador al menos una vez cada tres meses.

INFORME

19. INFORME

19.1 Infórmese la gradación del material a ensayar tal como fue recibido, la gradación de la muestra de agregado grueso usada y la de agregado fino usada (análisis de mallas). Infórmese el índice de durabilidad calculado (D_c ó D_f) con la indicación del procedimiento usado (A, B o C).

19.2 Infórmese si hubo control de temperatura y si se usó agua común, destilada o desmineralizada.

PRECISIÓN Y EXACTITUD

20. PRECISIÓN Y EXACTITUD

20.1 Resultados de dos (2) ensayos efectuados por el mismo operador, sobre el mismo material, no deben diferir entre si en más de 10.1.

20.2 Resultados de dos (2) ensayos efectuados en laboratorios diferentes, sobre el mismo material, no deben diferir entre si en más de 14.4.

21. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 210
ASTM	D 3744

METODO NORMAL DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE CARBON Y LIGNITO EN ARENA

MTC E 215 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM C 123 - 44 y AASHTO T 113 - 45, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETO

1.1 Se refiere al procedimiento para la determinación aproximada de carbón y lignito en el análisis rutinario de laboratorio de arenas. Este método separa junto con el carbón y lignito otras partículas de bajo peso específico, como pedazos pequeños de madera, material vegetal, etc.

2. APARATOS

- a) *Una balanza*, con una capacidad por los menos de 200 grs. y sensible a 0.01 gr. Puede usarse una balanza menor para pesar la muestra húmeda.
- b) *Un recipiente* adecuado para sacar la muestra de arena.
- c) *Dos beakers* rebordeados de forma alargada de 400mls.
- d) *Gasa de alambre o un tamiz* pequeño que tenga aproximadamente 30 aberturas por pulgada. Un pedazo de gasa de alambre probablemente sería más adecuada que un tamiz.
- e) *Plancha o Estufa*

3. PROCEDIMIENTOS

3.1 Debe secarse una cantidad de más de 200 grs. de arena (muestra húmeda) a peso constante a una temperatura aproximadamente de 105° C. Una muestra de 200 grs. de arena seca se pesa luego con aproximación de 0.01 gr. La muestra se vacía luego lentamente dentro de 250 mls. de un líquido que tenga un peso específico de 2.0 contenido en uno de los beakers de 400 mls. El líquido se debe vaciar luego en el segundo beaker pasándolo a través de la gasa o tamiz. Debe tenerse cuidado para que solamente las partículas que flotan se vacíen con el líquido sin que la arena se decante dentro de la gasa o tamiz.

El líquido recogido en el segundo beaker debe regresar luego al beaker que contiene la arena, después de agitar nuevamente la muestra se repite el proceso de decantación descrito antes, hasta

que la muestra quede libre de partículas flotantes. Las partículas decantadas contenidas sobre la gasa o tamiz deben lavarse en tetracloruro de carbono hasta que se retire el líquido flotante. Las partículas se secarán muy rápidamente, pero si se requiere pueden colocarse en un horno a 105° C por unos pocos minutos. Las partículas decantadas deben cepillarse luego de la gasa o tamiz en el platillo de la balanza y pesarse exactamente con aproximación de 0.01 gr.

El líquido citado atrás puede prepararse de una mezcla apropiada de tetracloruro de carbono y tetrabromuro de acetileno o bromoformo y monobromobenceno.

4. CALCULO

4.1 El porcentaje aproximado de carbón y lignito debe calcularse de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{Carbón y Lignito, \%} = \frac{\text{Peso de partículas decantadas}}{\text{Peso de la muestra (200grs)}} \times 100$$

5. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO Designation	T 113 - 45
ASTM Designation	C 123 - 44

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL RELLENO MINERAL

MTC E 216 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 546 y AASHTO T 37, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Tiene por objeto efectuar el análisis granulométrico, del relleno mineral, utilizado como material de construcción, en mezclas para bases y pavimentos. Se utiliza también como relleno en las mezclas bituminosas.

2. APARATOS

2.1 Balanza, con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.05 g.

2.2 Tamices, de tamaños 75 μm (No. 200), 300 μm (No. 50) y 600 μm (No. 30).

2.3 Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener temperatura uniforme de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

3. MUESTRAS

3.1 Las muestras para este ensayo se obtienen por los procedimientos descritos en la norma MTC E105, con el fin de que sean representativas del material que vaya a ser ensayado. Se debe utilizar un mínimo de 100 g de material seco.

3.2 La muestra se debe secar a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), a peso constante.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Pésese la muestra seca, con aproximación de 0.05 g y colóquese sobre el tamiz de 600 μm (No. 30), el cual estará encajado encima de los tamices de 300 μm (No. 50) y de 75 μm (No. 200). Lávese el material por medio de un chorro de agua de un caño (Nota 1). Continúese el lavado hasta que el agua salga clara (Nota 2). Séquese el residuo de cada tamiz a temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), hasta peso constante.

4.2 Calcúlese el peso de material retenido en cada tamiz, como porcentaje del peso de la muestra original.

Nota 1. Una boquilla esparcidora, o una pieza tubular de caucho colocada en el caño, puede servir para el lavado. La velocidad del agua no deberá ser tan alta como para causar la salida del material por salpicaduras.

Nota 2. Se debe cuidar que el agua no se acumule sobre el tamiz No. 200, porque puede formarse un espejo de agua en la superficie, que impida que el tamizado pueda hacerse dentro de un periodo razonable.

5. INFORME

Repórtense los resultados del tamizado como el porcentaje total que pasa cada tamiz, expresado con aproximación al 0.5%.

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 546
AASHTO	T 37

DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD AGREGADO / ALCALI (MÉTODO QUÍMICO)

MTC E 217 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM C 289, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Establecer un método para determinar la posible reactividad de los agregados con los álcalis del cemento, y se basa en la reacción del agregado con una solución valorada de hidróxido sódico. Es de aplicación a los agregados empleados en la fabricación de concretos.

2. APARATOS

- *Balanza.* Se dispondrá de una que permita pesar una carga de 2.000 gramos con precisión de ± 2 gramos y otra analítica de precisión cuya sensibilidad sea de ± 0.0005 gramos.
- *Equipo de trituración y molienda.* Se utiliza cualquier equipo que permita preparar unos 4 kg de muestra, de acuerdo con lo que se indica en el apartado 2.2.
- *Tamices 320 mm (No. 50) y 160 mm (No. 100).*
- *Estufa de desecación,* capaz de mantener una temperatura de 80 ± 1 °C.
- *Recipientes de reacción,* fabricados con acero inoxidable o con cualquier otro material que resista la corrosión.

El resto de los aparatos serán los de uso corriente en los laboratorios químicos.

3. REACTIVOS

- Disolución patrón de hidróxido sódico 1 ± 0.010 N, que se valora utilizando una disolución patrón de ftalato ácido de potasio. En la preparación de la disolución se emplea agua destilada hervida con el fin de eliminar el anhídrido carbónico.

- Disolución patrón de ácido clorhídrico 0.05 N. Se prepara una disolución de ácido clorhídrico aproximadamente 0.05 N que se valorará en el momento de su utilización hasta ± 0.0001 N utilizando NaOH 0.05 N.
- Disolución alcohólica de fenolftaleína. Se prepara disolviendo 1 gramo de fenolftaleína en 100 cm³ de etanol 1:1.
- Disolución de anaranjado de metilo. Se prepara disolviendo 0.1 gramo de anaranjado de metilo en 100 cm³ de agua, que se filtrará si es necesario.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Preparación de la muestra Se pulveriza para que pase por el tamiz 320 μm (No. 50) y quede retenida en el 160 μm (No. 100), tomando las precauciones necesarias en el proceso de pulverización para que se reduzca al mínimo la fracción de finos que pasen a través del tamiz 160 μm (No. 100).

Es recomendable el siguiente método de trituración: utilizando una trituradora de mandíbula se tritura el agregado grueso hasta un tamaño máximo de 0.62 cm. Se tamiza el agregado grueso, así preparado, o la arena, en caso de tratarse de agregado fino, sobre el tamiz 320 μm , (No. 50), recogiendo la fracción que retiene el tamiz 160 μm (No. 100). Se pulveriza en un molino de discos y en varias pasadas sucesivas, el material retenido por el tamiz de 320 μm (No. 50), recogiendo la fracción que queda en el tamiz de 160 μm (No. 100).

Con objeto de asegurarse de que ha eliminado el material fino que pasa por el tamiz de 160 μm (No. 100), se lava la muestra sobre dicho tamiz. No debe realizarse este lavado empleando, de una vez, una cantidad de material superior a 100 gramos. Se seca la muestra lavada en estufa a 105 – 110 °C durante unas veinte horas, y una vez enfriada a temperatura ambiente, el material, se vuelve a tamizar por el tamiz de 160 μm (No. 100), reservando para el ensayo la parte retenida en dicho tamiz.

4.2 Ejecución del ensayo. Se pesan, separadamente, tres porciones de 25 ± 0.05 gramos de la fracción seca que se va a ensayar y se coloca cada una de estas porciones en un recipiente de reacción. Se añaden 25 cm³ de disolución de NaOH, 1.000 N y, en un recipiente aparte, se ponen 25 cm³ de la misma disolución de NaOH, para realizar un ensayo en blanco. Se cierran, perfectamente, los recipientes de reacción y se agitan con suavidad para desprender las burbujas de aire que pueden haber quedado ocluidas entre la arena.

Seguidamente se colocan los recipientes en la estufa a temperatura de 80 ± 1 °C. Pasadas veinticuatro horas se sacan los recipientes de la estufa y se enfrían, por debajo de 30 °C, con agua corriente durante 15 ± 2 minutos.

Después de enfriados los recipientes de reacción, se abren y se filtra el líquido que contienen, para lo cual se utiliza un crisol de placa filtrante colocando sobre la placa un disco de papel de filtro. La operación de filtrado se realiza a vacío, colocando dentro del kitasato un tubo de ensayo seco de 35 a 50 cm³ para recoger el líquido. Conectado el vacío se vierte sobre el papel de filtro una pequeña cantidad de líquido de la disolución decantada, con el fin de conseguir una mejor adaptación del papel al crisol. Sin quitar el contenido del recipiente, se vierte en el crisol el resto del líquido separado por decantación. Cuando la decantación del líquido es completa, se interrumpe la acción del vacío y se pasa al crisol la arena del recipiente. Se vuelve a aplicar el vacío, regulándolo de manera que la velocidad de filtración sea de una gota cada diez segundos. Se anota el tiempo de aplicación de vacío, para procurar que no varíe de una a otra muestra.

El líquido del ensayo en blanco se filtra de manera análoga a la indicada antes, ajustando el vacío de tal forma que dure el proceso un tiempo igual a la medida de los tiempos de filtración de las tres muestras consideradas.

Se toman con una bureta 10 ml de filtrado perfectamente, y se pasan a un matraz aforado de 200 ml, llenando luego el matraz hasta enrase, con agua destilada.

4.3 Determinación gravimétrica de sílice soluble. Se toman 10 ml de la solución diluida y se ponen en una cápsula, a ser posible de platino, con objeto de que sea más rápida la evaporación. Se añaden de 5 a 10 ml de HCl concentrado y se evapora a sequedad en baño de vapor. Al residuo se le añaden, nuevamente, de 5 a 10 ml de HCl y una cantidad igual de agua. Se pone a digestión sobre el baño de vapor durante diez minutos, cubriendo la cápsula con un vidrio de reloj.

Se diluye la disolución con 20 ml de agua destilada caliente; se filtra en caliente y se lava varias veces el anhídrido silícico formado con ácido clorhídrico diluido (1:99) y, por último, con agua hirviendo, hasta que las aguas de lavado no se enturbien cuando se añaden unas gotas de solución de nitrato de plata. El filtrado y las aguas de lavado se evaporan de nuevo hasta sequedad y, conseguido ello, se mete la cápsula en una estufa, manteniéndola una hora a 105-110 °C. Se saca y trata el residuo con 15 ml de ácido clorhídrico 1:1, se cubre con un vidrio de reloj y se mantiene en digestión durante diez minutos. Se diluye con 15 ml de agua destilada caliente, se filtra sobre otro filtro y se lava como la porción mayor de sílice separada anteriormente.

Se pasan a un crisol de platino los dos filtros que contienen la sílice; se secan y queman los papeles a baja temperatura hasta su total incineración y, luego se calcinan a 1110 °C- 1200 °C hasta peso constante.

Se humedece el residuo en el crisol de platino con unas gotas de agua y se añaden 10 ml de ácido fluorhídrico y una gota de ácido sulfúrico concentrado. Se evapora hasta sequedad en una vitrina con buen tiro. Se calcina el residuo durante cinco minutos en una mufla a temperatura comprendida entre 1110 y 1200 °C, se enfría y se pesa. La diferencia entre las dos últimas pesadas da el peso de la sílice soluble.

Para el ensayo en blanco se emplea la misma cantidad de disolución diluida y de reactivos, realizándose las mismas operaciones en condiciones idénticas a las expuestas en el ensayo de la muestra.

4.4 Determinación de la reducción en la alcalinidad, Con una pipeta se toman 20 ml de la disolución diluida y se ponen en un matraz Erlenmeyer de unos 125 ml de capacidad. Se añaden dos o tres gotas de fenolftaleína y se valora con HCl 0.05 N hasta la desaparición total del color rosa de la fenolftaleína. Se anota la cantidad total de ácido clorhídrico consumido en la valoración. Se añaden, a continuación, de dos a tres gotas de anaranjado de metilo y se continúa la valoración con el mismo ácido, hasta el viraje del indicador. Se anota la cantidad total, de ácido clorhídrico utilizado desde el principio de la valoración.

5. CÁLCULOS

5.1 Sílice soluble

La concentración de SiO₂ en la disolución de NaOH se expresa en ppm, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{SiO}_2 = (W_1 - W_2) \times 3330$$

Donde:

W₁ = son los gramos de SiO, hallados en 100 cm³ de solución diluida

W₂ = son los gramos de SiO, encontrados en el ensayo en blanco.

5.2 Reducción de la alcalinidad

Se calculará en milimoles por litro, mediante las siguientes expresiones:

$$V_2 - V_3 = 2P - T$$

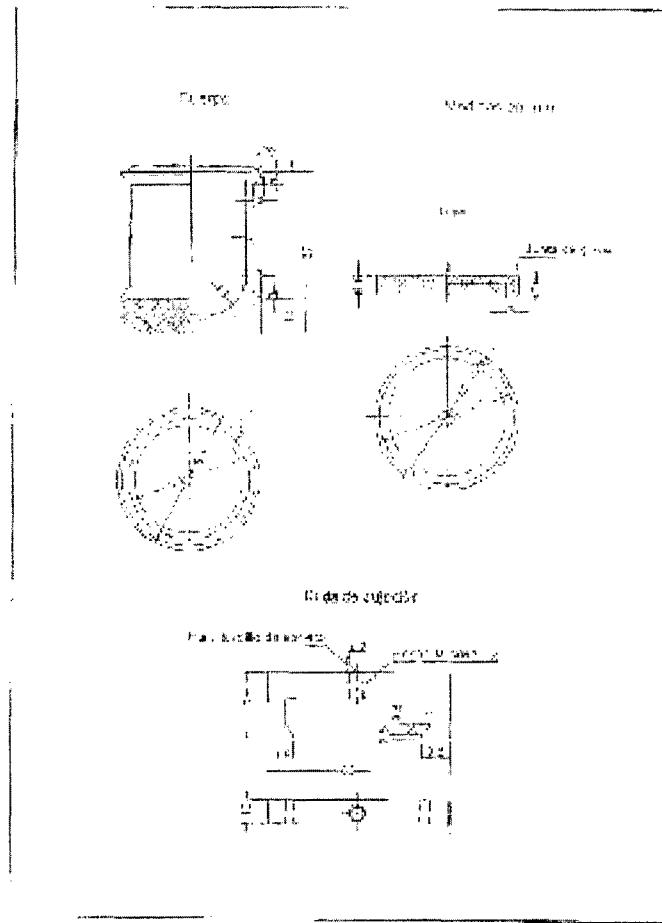
$$R_c = \frac{20N}{V_1} (V_3 - V_2) - 1000$$

Donde:

- V_1 = son los ml de la disolución diluida utilizados en el ensayo
- V_2 = son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ión hidróxilo en la muestra de ensayo
- V_3 = son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ión hidróxilo en el ensayo en blanco
- P = son los ml de HCl necesarios para lograr el viraje de fenolftaleína
- T = es la cantidad total de HCl utilizada desde el principio de la valoración y necesaria para lograr el viraje de anaranjado de metilo.
- N = es la normalidad del HCl utilizado en la valoración.

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	C 289
------	-------





DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE EN LOS AGREGADOS

MTC E 218 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma INX E 233, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

Tiene por objeto indicar un procedimiento para la determinación cuantitativa, en los agregados para concretos, de los compuestos de azufre que se encuentran en las formas tanto de sulfatos como sulfuros, atacables y no atacables por ácido clorhídrico.

La influencia en los resultados, debida a la cantidad eventual y muy pequeña de sulfitos, se considera despreciable.

2 APARATOS

- a) *Tamices: 75-37.5-19-9.5-4.75 y 1.18 mm y 320 y 75 mm (3" - 1 1/2" - 3/4" - 3/8" - No. 4, No. 16, No. 50 y No. 200)*
- b) *Una báscula de 100 Kg de capacidad mínima, con precisión de 50 g*
- c) *Una trituradora*
- d) *Un mortero de ágata o molino para finos*
- e) *Una estufa*
- f) *Una balanza con capacidad de 20 kg y precisión de 1 g*
- g) *Un divisor de muestra*

3. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

3.1 La toma de muestra bruta de los agregados debe hacerse de acuerdo con la norma MTC E-201.

De no venir ya clasificada por fracciones, la muestra de laboratorio se separa, mediante el empleo del tamiz de 4.75 mm (No. 4), en:

- Agregado grueso, y
- Agregado fino,

Teniendo en cuenta que es necesario obtener, según el tamaño máximo del agregado, las cantidades mínimas indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1

Si el tamaño máximo es de:	Separar una muestra	
	Mínima de:	recomendada de:
75 mm	40 kg	64 kg
37	20 kg	32 kg
19	10 kg	16 kg
9,5	5 kg	8 kg
4,75	2 kg	4 kg

Los agregados finos y gruesos se deben analizar independientemente para evitar cualquier pérdida de sulfuros, ya que por segregación éstos tienden a acumularse en los finos.

3.2 Árido grueso

Del agregado grueso, obtenido antes, se separa mediante cuarteo y en función del tamaño máximo del agregado la cantidad de muestra se indica en la Tabla 1.

Esta muestra se seca durante 24 h a 60 °C, en estufa con aireación, y a continuación se tritura hasta que toda ella pase por el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

Se homogeneiza y cuarteo para obtener una muestra de 2 kg, evitando cualquier pérdida de finos.

El total de esta muestra se tritura hasta que toda ella pase por el tamiz de 1.18 mm (No. 16), se homogeneiza y, por cuarteo, se obtiene una muestra de 250 g que se muele íntegramente hasta que pase por el tamiz de 320 μ m (No. 50). Se homogeneiza y cuarteo para obtener una nueva muestra de unos 60 g.

A continuación se muele hasta que la totalidad de la muestra pase por el tamiz de 75 mm (No. 200) y se homogeneiza para obtener la muestra final de 60 g, aproximadamente.

3.3 Agregado fino

Del agregado fino, obtenido según se indicó antes, se separa mediante cuarteo y en función del tamaño máximo del agregado, la cantidad de muestra indicada en la Tabla 1.

Esta muestra se seca durante 24 h, a 60 °C, en estufa con aireación, se homogeneiza y de ella se toma, utilizando el divisor de muestras, una cantidad de 2 kg. Se muele y se tamiza hasta que pase íntegramente por el tamiz 320 μm (No. 50). Se homogeneiza N divide para reducirla a unos 60 g. Esta cantidad se muele hasta que pase en su totalidad por el tamiz de 75 μm (No. 200) y se homogeneiza para obtener la muestra final de 60 g aproximadamente.

4. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE LOS COMPUESTOS DE AZUFRE TOTALES

4.1 Fundamentos del método

La muestra se disgrega por fusión alcalina oxidante. Se disuelve en medio oxidante y se pone en medio ácido clorhídrico. Se separa la sílice por evaporación a sequedad, se extraen en frío los iones solubles en ácido del residuo seco y se determinan en el filtrado los sulfatos por gravimetría. La separación de la sílice debe ser la máxima posible para evitar interferencia por coprecipitación durante la digestión.

4.2 Aparatos necesarios

- a) Una balanza analítica con precisión de 0.1 mg
- b) Estufa para desecación
- c) Mufla que alcance 1000 °C
- d) Desecador con llave de cierre hermético. Agente deshidratante: ácido sulfúrico ($d= 1.84$).
- e) Baño de agua hirviente
- f) Mecheros tipo Bunsen
- g) Cápsula de porcelana de 130 mm de diámetro y 50 mm de altura
- h) Vasos de precipitados, forma alta, de 500, 250 y 50 ml
- i) Crisol de hierro de las siguientes medidas aproximadas: 25 mm de diámetro de base y 45 mm de altura, provisto de tapa del mismo material
- j) Crisol de platino provisto de tapa del mismo material. Capacidad 10 ml (25 x 25 mm)
- k) Embudos de filtración
- l) Triángulos de tierra refractaria
- m) Epirradiador de 375 W, como mínimo
- n) Agitador magnético provisto de calefacción, y un índice magnético recubierto de politetrafluoretileno
- o) Termómetro de mercurio de hasta 250 °C, con precisión de 1 °C
- p) Pinzas de acero inoxidable
- q) Papel de filtro de porosidad fina y media
- r) Papel indicador de pH'
- s) Una varilla de acero inoxidable

4.3 Reactivos

- a) Hidróxido sódico de lentejas R.A.
- b) Peróxido sódico R.A.
- c) Agua destilada
- d) Ácido clorhídrico concentrado ($d= 1.19$)
- e) Ácido clorhídrico diluido (1:1),
- f) Ácido clorhídrico diluido (1:3)
- g) Ácido nítrico diluido (1:1)
- h) Ácido sulfúrico concentrado exento de SO_3 ($d= 1.84$)
- i) Ácido sulfúrico diluido (1:1)
- j) Anhídrido acético R.A.
- k) Disolución de cloruro bórico al 10%
- l) Disolución de nitrato de plata al 1.7%
- m) Disolución acuosa saturada de bromo
- n) Disolución al 5% de clorhidrato de hidroxilamina

4.4 Procedimiento

En un crisol de hierro, situado sobre un triángulo de tierra refractaria, se introducen 4 g de hidróxido sódico en lenteja. Se funden lentamente y evitándola producción de espuma, sobre un mechero Bunsen con poca llama hasta que la fusión sea lenta. Se añaden, poco a poco, otros 4 g más en las mismas condiciones.

Seguidamente se añade 1 g de peróxido de sodio y se deja enfriar este líquido disgregante hasta solidificación. Se añaden 4 ± 0.05 g con una precisión de ± 0.0001 g de muestra, previamente desecada a los $105^\circ C$ hasta peso constante. Se cubre el crisol con su tapa y se funde nuevamente su contenido a una temperatura que no sobrepase la del rojo sombra ($400^\circ C$).

Cuando el disgregante esté totalmente fundido, y con el crisol destapado, se incorpora la muestra lentamente en el seno de la masa fundida con la ayuda de una varilla de acero inoxidable, tratando de evitar tanto que se produzca cualquier proyección, como que queden restos de muestras sin atacar.

Cuando esto se ha conseguido, se cubre nuevamente y se continúa la disgregación durante unos 30 min.

Se deja enfriar el crisol y, con las pinzas, se introduce inclinado dentro de una cápsula de porcelana que contenga unos 80 ml de agua destilada, a $90^\circ C$. Luego se introduce en ella la tapa de crisol y la varilla auxiliar. Se mantiene la temperatura indicada hasta la disolución completa del producto disgregado.

Con las pinzas se toma primero la tapa, luego el crisol y la varilla, se lavan sobre la cápsula y se retiran. Se enfría la cápsula a una temperatura inferior a los 40 °C, se añaden 5 ml de disolución acuosa saturada de bromo y, poco a poco y con precaución, ácido clorhídrico (1:1) hasta acidez fuerte, que se comprueba con papel indicador. Después se añaden 20 ml más de ácido clorhídrico concentrado.

Para insolubilizar la sílice, el líquido de la cápsula se evapora bajo el epirradiador. El residuo seco se humedece con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado, se deshacen los grumos mediante una varilla de vidrio aplanada y de nuevo se lleva a sequedad bajo el epirradiador. Luego se deja la cápsula unos 30 min. bajo el epirradiador, de modo que la temperatura del residuo seco esté a 170 °C \pm 5 °C. Con un termómetro, cuyo bulbo esté en contacto con el fondo de la cápsula seca, se comprueba esta temperatura. Después se añaden 10 ml de anhídrido acético y se evapora nuevamente a sequedad a la misma temperatura. Se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

Para determinar los sulfatos del residuo seco, se extraen los iones solubles en frío, añadiendo 40 ml de ácido clorhídrico (1:3) frío y se espera unos 20 minutos. Durante este tiempo se deshacen, mediante una varilla de vidrio aplanada, los grumos formados, se filtra por un filtro de porosidad media sobre un vaso de precipitado de forma alta de 250 ml y se lava con agua fría. En estas condiciones, la sílice que queda disuelta es mínima.

Nota 1. En el caso de la presencia de cantidades considerables de hierro es necesario reducir el Fe^{+++} a Fe^{++} , antes de la precipitación de los sulfatos con lo ml de solución 5% de clorhidrato de hidroxilamina.

El filtrado contenido en el vaso de 250 ml se calienta a ebullición. Al mismo tiempo, en un vaso de precipitado de 50 ml se calientan a ebullición 15 ml de disolución de cloruro bórico al 10%. La disolución hirviendo de cloruro bórico se vierte sobre el filtrado, igualmente en ebullición, y ésta se mantiene durante unos 10 minutos. El vaso de 250 ml y su contenido se mantiene sobre el baño de agua hirviendo al menos durante 12 h y luego se enfría a temperatura ambiente.

Se filtra por un filtro de porosidad fina y se lava con agua, fría hasta eliminación de cloruros. (Comprobar con disolución de nitrato de plata).

Nota 2. Se comprueba, visualmente, que el sulfato bórico no haya pasado al filtrado. En caso de que pase, se debe repetir la filtración. Es inconveniente refiltrar la primera parte filtrada.

El filtro, con el precipitado, se introduce en el crisol de platino previamente tarado, se seca en la estufa y se incinera a baja temperatura, por debajo de la del rojo sombra (400 °C), hasta combustión total del papel a ceniza blanca. Se deja enfriar el crisol, se humedece el residuo con 2 gotas de ácido nítrico (1:1) y una gota de ácido sulfúrico (1:1). Se tapa el crisol y se evapora hasta eliminación de

humos calentando con un Bunsen con poca llama y a distancia para prevenir cualquier proyección. El crisol se coloca sobre un triángulo de tierra refractaria "limpio" y se calcina 30 minutos a 950 OC en una mufla. El crisol se enfría en el desecador con llave, cuyo cierre hermético será comprobado, y se pesa.

4.5 Cálculo y expresión de los resultados

La diferencia de pesos entre la tara de crisol y el crisol con el residuo de sulfato de bario, da el peso P1 de sulfato de bario. El resultado se expresa como ión sulfato SO₄, en tanto por ciento, según la ecuación:

$$\% \text{ de SO}_4 = \frac{P_1}{P_{m\text{BaSO}_4}} \cdot \frac{P_{m\text{SO}_4}}{m} = \frac{100}{m}$$

Donde:

- P₁ = es el peso de sulfato de bario, en gramos
- P_{m Ba SO₄} = 233.40 (peso molecular BaSO₄)
- P_{m SO₄} = 96.06 (Peso molecular SO₄)
- m = es el peso de la muestra seca, en gramos

El resultado obtenido es el contenido total de compuestos de azufre extraíbles por disgregación alcalina oxidante, expresados como SO₄ =%

4.6 Valores obtenidos de repetibilidad

La desviación típica de repetibilidad (R-1) es de 0.02

5. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS DE AZUFRE EN ESTADO DE SULFATOS

5.1 Fundamento del método

La muestra se disgrega por fusión alcalina en ausencia de oxidantes, se disuelve y se ataca en ácido clorhídrico, para eliminar todos los sulfuros presentes. Se separa la sílice por evaporación a sequedad del residuo seco, se extrae en frío y se determinan en el filtrado los sulfatos por gravimetría. La separación de la sílice debe ser la máxima posible para evitar interferencias por coprecipitación durante la digestión.

5.2 Aparatos necesarios



Los mismos que los indicados en el apartado 4.2.

5.3 Reactivos

Los mismos que los indicados en el apartado 4.3, excepto la disolución acuosa saturada de bromo y el peróxido de sodio.

5.4 Procedimiento operativo

Se sigue el apartado 4.4 en todos sus detalles, excepto que se suprimen los procesos emplea dos de oxidación, es decir, no se añaden ni peróxido de sodio, ni agua de bromo (se utiliza igualmente una muestra de 4 ± 0.05 g con una precisión de 0.0001 g, previamente desecada a 105 °C hasta peso constante).

5.5 Cálculos y expresión de resultados

La diferencia de pesos entre la tara de crisol y el crisol con el residuo de sulfato de bario, nos da el peso P₂ de sulfato de bario. El resultado se expresa como ión sulfato SO₄=, en tanto por ciento, según la ecuación:

$$\% \text{ de SO}_4 = \frac{P_2}{P_{m\text{BaSO}_4}} \cdot \frac{P_{m\text{SO}_4}}{m} = \frac{100}{m}$$

Donde:

P₂ = es el peso de sulfato de bario, en gramos
P_{m Ba SO₄} = 233.40 (peso molecular BaSO₄)
P_{m SO₄} = 96.06 (Peso molecular SO₄=)
m = es el peso de la muestra seca, en gramos

El resultado obtenido corresponde al contenido total de compuestos de azufre en estado de SO₄= extraíble por disgregación alcalina en ausencia de oxidantes.

6. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SULFUROS TOTALES

La diferencia entre el sulfato de bario, P₁, obtenido en el apartado 4.5, el sulfato de bario, P₂, obtenido en el apartado 5.5, da la cantidad de sulfato de bario correspondiente al azufre procedente de sulfuros contenidos en la muestra. El valor, expresado en tanto por ciento de S, se obtiene según la ecuación:

$$\% \text{ de SO}_4 = \frac{PaS}{PmBaSO_4} \left[\frac{P_1}{m_1} - \frac{P_2}{m_2} \right] 100 = 13.378 \left[\frac{P_1}{P_2} - \frac{P_2}{m_2} \right]$$

Donde:

- P_1 = es el peso de sulfato de bario, en gramos (del apartado 4.5)
 P_2 = es el peso de sulfato de bario, en gramos (del apartado 5.5)
 m_1 y m_2 = son los pesos de las muestras respectivas secas en gramos
 $Pa S$ = 32.06 (Peso atómico S)
 $Pm Ba SO_4$ = 233.40 (peso molecular $Ba SO_4$)

Este valor incluye la suma de sulfuros atacables y no atacables por ácido, así como la pequeña cantidad eventual de $SO_3=$, que se considera despreciable en cualquier caso.

Nota 3. Se obtienen los resultados deseados con igual precisión y mayor rapidez, cuando las masas de las muestras son distintas (m_1 y m_2).

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

INX	E 233
-----	-------

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

MTC E 219 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma LNY – 8 (Chile), la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

2. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

2.1 Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a ebullición, hasta la total de sales. La presencia de éstas, se detecta mediante reactivos químicos, los cuales, al menor indicio de sales forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado, se toma una parte alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

3. APARATOS, MATERIALES Y REACTIVOS

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo
- Mecheros
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Estufa
- Tubos de ensayo.

4. EXTRACCION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

4.1 La muestra se debe extraer y preparar previamente. La cantidad de muestra debe ajustarse a la siguiente tabla:

Agregado pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo (ml)
Grava 50 – 20 mm	1,000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 5 mm	100	500

5. PROCEDIMIENTO

- a) Secar la muestra en horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como A.
- b) Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.
- c) Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- d) Decantar mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasijar el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de Nitrato de Plata formándose un precipitado blanco de Cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.
- e) Repetir los pasos b) a d) hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobrenadantes.
- f) Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.
- g) Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogenizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C.
- h) Cristalizar la alícuota en un horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta masa constante y registrar dicha masa como D.

6. INFORME

6.1 Se informa el porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$



7. REFERENCIAS NORMATIVAS

LNY	8 (Chile)
-----	-----------

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

MTC E 219 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma LNY – 8 (Chile), la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Establece el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases mezclas bituminosas. Este método sirve para efectuar controles en obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación de la existencia de sales.

2. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

2.1 Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a ebullición, hasta la total de sales. La presencia de éstas, se detecta mediante reactivos químicos, los cuales, al menor indicio de sales forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado, se toma una parte alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

3. APARATOS, MATERIALES Y REACTIVOS

- Balanza sensibilidad 0,01 gramo
- Mecheros
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado
- Pipetas
- Solución de Nitrato de Plata
- Solución de Cloruro de Bario
- Agua destilada
- Estufa
- Tubos de ensayo.

4. EXTRACCION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

4.1 La muestra se debe extraer y preparar previamente. La cantidad de muestra debe ajustarse a la siguiente tabla:

Agregado pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo (ml)
Grava 50 – 20 mm	1,000	500
Grava 20 – 5 mm	500	500
Arena 5 mm	100	500

5. PROCEDIMIENTO

- a) Secar la muestra en horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante, aproximado a 0,01 gramo, registrando esta masa como A.
- b) Colocar la muestra en un vaso de precipitado, agregar agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y calentar hasta ebullición.
- c) Agitar durante 1 minuto. Repetir la agitación, a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un periodo de 10 minutos.
- d) Decantar mínimo 10 minutos hasta que el líquido se aprecie transparente, y trasvasijar el líquido sobrenadante a otro vaso. Determinar en forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. La presencia de cloruros se detecta con unas gotas de Nitrato de Plata formándose un precipitado blanco de Cloruro de Plata, la de sulfatos con unas gotas de cloruro de Bario dando un precipitado blanco de Sulfato de Bario.
- e) Repetir los pasos b) a d) hasta que no se detecte presencia de sales, juntando los líquidos sobrenadantes.
- f) Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez enfriados, se vacían a un matraz aforado y se enrasa con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentrar mediante evaporación. Registrar el aforo como B.
- g) Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml, de la muestra previamente homogenizada, del matraz aforado y registrar su volumen como C.
- h) Cristalizar la alícuota en un horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta masa constante y registrar dicha masa como D.

6. INFORME

6.1 Se informa el porcentaje de sales solubles, calculado mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Sales Solubles} = \frac{1}{C \times A} \times 100$$
$$D \times B$$



7. REFERENCIAS NORMATIVAS

LNY	8 (Chile)
-----	-----------

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL-WEBER)

MTC E 220 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma NLT 355/74, el mismo que se ha adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Este modo operativo describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos, arenas naturales o de machaqueo, de empleo en construcción de carreteras.

1.2 Este método puede aplicarse a todo tipo de ligante bituminoso, como betunes de penetración modificados o sin modificar, fluidificados, fluxados, emulsiones bituminosas y alquitranes.

1.3 El ensayo consiste en someter diferentes porciones de la muestra del árido envuelto con el ligante a la acción de soluciones de carbonato sódico de concentración molar creciente.

2. APARATOS Y MATERIAL

2.1 Tamices. Dos tamices, malla de tela metálica, luz de 630 μm y 200 μm , que corresponden a las mallas N° 30 y N° 70 respectivamente.

2.2 Balanza. Suficiente para determinar masas de 200 g, con precisión de 0,01 g.

2.3 Estufa. Adecuada para alcanzar y mantener la temperatura de $145 \pm 5^\circ\text{C}$. La estufa dispondrá de sistemas de ventilación forzada de aire y de regulación termostática.

2.4 Tubo de ensayo. Doce (12) tubos de ensayo de unos 200 mm de altura y 20 mm de diámetro interior.

2.5 Material auxiliar y general de laboratorio. Cuarteador de árido fino, cazos de porcelana, gradilla para los tubos de ensayo, vasos de cristal de unos 50 cm^3 de capacidad, pinza madera, varillas cristal, etc.

2.6 Disoluciones de carbonato sódico, de concentraciones molares crecientes, M/256 a M/1, preparadas como se refiere en el apartado 3, siguiente.

3. PREPARACION DE LAS DISOLUCIONES DE CARBONATO SODICO

3.1 Las disoluciones de carbonato sódico se preparan a partir de carbonato sódico, Na_2CO_3 puro, anhidro y agua, H_2O , destilada.

3.2 La disolución de concentración molar, M/1, se obtiene disolviendo 106 g (masa molecular) de carbonato sódico anhidro en agua destilada hasta totalizar un litro de disolución (carbonato más agua).

3.3 Las disoluciones de concentración molar M/2, M/4, M/8... M/256 se elaboran diluyendo, sucesivamente, la disolución molar M/1, prevenida según 3.2, o disolviendo las cantidades adecuadas de carbonato sódico anhidro en agua destilada hasta completar un litro de disolución. Las cantidades de carbonato sódico precisas se muestran en la siguiente tabla 1.

Molaridad	G de Na_2CO_3 /l disolución
M/256	0,414
M/128	0,828
M/64	1,656
M/32	3,312
M/16	6,625
M/8	13,25
M/4	26,5
M/2	53,0
M/1	106,0

Tabla 1. Soluciones de Ensayo.

Nota 1. Preferentemente las disoluciones se prepararán de nuevo para cada ensayo o tandas de ensayo a realizar, y no se utilizarán aquellas que lleven elaboradas más de 4 días.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Preparación del árido.

4.1.1 Si la muestra de árido recibido en el laboratorio procede de piedra de cantera o de "todo uno" de gravera, se efectúa el cuarteo y posterior machaqueo hasta obtener una arena de tal material.

4.1.2 Si la muestra de árido recibida es una arena natural o de machaqueo se separa por sucesivos cuarteos la cantidad necesaria del material para ensayo.

4.1.3. La cantidad de material, árido fino, necesaria, previa al ensayo, independientemente de su naturaleza, origen y distribución granulométrica del mismo (ver 4.1.1 y 4.1.2), es de unos 200 g.

4.1.4. Se tamizan los 200 g del árido fino, obtenidos anteriormente mediante cuarteo, por los tamices N° 30 y N° 70, desechando el material inferior a 0.2 mm y el superior a 630 μ m. El material retenido entre estos dos tamices constituye la muestra para ensayo.

4.1.5. La fracción de material así obtenido se lava sobre el tamiz N° 70 (aproximado) de 200 mm, con agua para eliminar totalmente el polvo que pueda estar adherido a las partículas del árido. Una vez lavada la muestra para ensayo, se seca ésta en la estufa a temperaturas de $145 \pm 5^\circ$ C durante 1 hora, aproximadamente, o hasta masa constante.

4.2 Preparación de la mezcla árido - ligante.

4.2.1. Si el ligante bituminoso a emplear en el ensayo es un betún asfáltico de penetración, fluidificado o fluxado, o un alquitrán, la mezcla árido – ligante se realiza mezclando 71 volúmenes del árido seco con 29 volúmenes de ligante (la relación correspondiente de masas se calcula a partir de las densidades respectivas). Alternativamente puede emplearse la proporción en peso de 71 y 29 de óxido y ligante respectivamente.

4.2.2. Si el ligante bituminoso para emplear en el ensayo es una emulsión bituminosa, la mezcla árido – ligante se efectúa mezclando 71 volúmenes del árido seco con 95 volúmenes de emulsión al 50%.

4.2.3. Las temperaturas de mezcla son las siguientes (orientativo):

Mezcla con	Temp. °C
betún	140 – 175
Betún fluidificado	25 – 110
Betún fluxado	50 – 110
Alquitran	70 – 110
Emulsión bituminosa	Ambiente

Nota 2. Esta viscosidad del ligante la que en última instancia determina la temperatura más adecuada para lograr una envuelta completa y uniforme del árido por el ligante.

4.2.4. Se mezclan el árido y el ligante, en las cantidades prescritas, a la temperatura requerida, en un cazo de porcelana, previamente calentado a una temperatura análoga a la de la mezcla. Se agitan los materiales con una varilla de vidrio hasta conseguir una masa y envuelta homogéneas. Una vez preparada la muestra se deja enfriar a temperatura ambiente, sin tapar el cazo, durante aproximadamente 1 hora. Si es el caso de una emulsión bituminosa, transcurrida esta hora, se decanta el líquido en exceso que acompaña a la mezcla y se deja en reposo durante otras 24 horas, sin tapar el cazo.

4.3 Realización del ensayo

4.3.1 De la mezcla, preparada como se indica en el apartado 4.2, se pesan en la balanza once (11) porciones de unos 0,50 g de la misma con una precisión de 0,01 g.

4.3.2 Cada una de las porciones de la mezcla se introducen en cada uno de los tubos de ensayo. Estos tubos de ensayo se enumeran del 0 al 10.

4.3.3 A continuación, en el tubo de ensayo marcado con el número 0 se vierten, sobre los 0,5 g de mezcla, 6 cm³ de agua destilada y se marca en el tubo el nivel que alcanza la superficie libre del agua en aquél. Se sujeta el tubo de ensayo con la pinza de madera y se calienta cuidadosamente, para evitar proyecciones, sobre la llama de un mechero de gas, hasta ebullición suave del agua, ebullición que se mantiene durante 1 minuto, aproximadamente.

4.3.4 Terminado el periodo de ebullición se restablece el volumen de líquido perdido por evaporación, añadiendo la cantidad de agua destilada bastante para que ésta alcance en el tubo de ensayo el nivel anterior, marcado previamente. Una vez realizado el ajuste del volumen, se agita el tubo de ensayo con su contenido, vigorosamente, durante diez (10) segundos.

4.3.5. En seguida, se procede a la observación visual del aspecto que ofrece la mezcla árido-ligante dentro del tubo de ensayo, juzgándolo con los siguientes criterios:

a) El desplazamiento entre el ligante y el árido se considera total cuando prácticamente todas las partículas del árido aparecen limpias; en esta situación las partículas están sueltas y si se hace rodar entre los dedos del tubo de ensayo, deslizan libre e individualmente por la superficie interior del mismo.

Nota 3. Se puede utilizar como prueba de referencia un tubo de ensayo con el árido sin ligante y 5 ó 6 cm³ de agua destilada y comparar el aspecto y el movimiento al rodar el tubo entre los dedos.

b) El desplazamiento entre el ligante y el árido se considera parcial cuando en las partículas del árido aparecen zonas limpias, aunque se mantiene una cierta cohesión entre ellas; en este caso las partículas del árido, todavía parcialmente envueltas por el ligante, permanecen aglomeradas en el fondo del tubo de ensayo.

c) Para la apreciación de la adhesividad de una mezcla árido-ligante, después de actuar sobre ella cada solución de ensayo, no se tendrá en cuenta el ligante que aparezca sobrenadando en la superficie del líquido durante la ebullición; solo se tendrá en cuenta el aspecto que ofrezca la masa de mezcla que queda en el fondo del tubo.

4.3.6 Si realizada la primera prueba, como se describe en los apartados 4.3.3, 4.3.4 y 4.3.5, se observa que la adhesividad de la mezcla ligante-árido es buena, es decir, que no hay desplazamiento del ligante por el agua destilada, se vuelve a repetir todo el proceso referido en los apartados anteriores, utilizando, ahora, el tubo de ensayo marcado con el número 1, añadiéndole 6 cm de la solución de carbonato sódico de concentración M/256. Se repiten las acciones especificadas en los apartados 4.3.3 y 4.3.4, y, finalmente, se comprueba si se ha producido o no desplazamiento total en la forma que se indica, en el apartado 4.3.5 a).

4.3.7 Si el desplazamiento es sólo parcial se vuelve a repetir todo el proceso, tal como se ha referido en los apartados precedentes, 4.3.3 a 4.3.6, pero utilizando ahora el tubo de ensayo marcado con el número 2. Se prosigue de esta forma, utilizando, sucesivamente, las soluciones de carbonato sódico de concentración-, -creciente, M/128, M/64, M/32.... y los tubos de ensayo marcados con los números 2, 3, 4..., que se les hace corresponder recíprocamente, hasta que consiga alcanzar el desplazamiento total de ligante.

5. RESULTADOS

5.1 Se define como índice de adhesividad Riedel-Weber, el número correspondiente a la disolución de concentración menor de las utilizadas que haya producido el desplazamiento total del ligante que recubre la superficie de las partículas del Arido muestra ensayado. La Tabla 2 relaciona las disoluciones de carbonato sódico de concentración molar creciente con los números asignados a cada una, y que determinaran, en cada caso, el mencionado índice de adhesividad.

Solución de Ensayo	Índice de adhesividad Riedel – Weber
Desplazamiento total con: Agua destilada	0
Carbonato sódico.	
M/256	1
M/128	2
M/64	3
M/32	4
M/16	5
M/8	6
M/4	7
M/2	8
M/1	9
Si no hay desplazamiento total con la solución M/1	10

5.2 Si se produjera un desplazamiento parcial (no total) del ligante con alguna de las disoluciones referidas en la Tabla 2, el índice de adhesividad Riedel Weber se podrá expresar con dos números: el correspondiente, a la concentración menor con la que se produce desplazamiento parcial y el correspondiente a la que produce el desplazamiento total.

5.3 Si se produjese desplazamiento total del ligante con solamente agua destilada, se asignará de acuerdo con la Tabla, el índice 0 de adhesividad.

5.4 Si la solución molar de carbonato sódico M/1 no produce desplazamiento del ligante bituminoso, el índice de adhesividad de la mezcla en estudio es 10.

6. REFERENCIAS NORMATIVAS

NLT	355/74
-----	--------



INDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS

MTC E 221 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas NLT 354/91, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

1.2 De acuerdo con este método, se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a $3/5$ de la dimensión media de la fracción.

1.3 Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que la forman cuya dimensión máxima (longitud) es superior a $9/5$ de la dimensión media de la fracción.

1.4 Este método no es aplicable a las fracciones del agregado con tamaño inferior a 6.3 mm (1/4").

2. APARATOS

2.1 *Calibradores metálicos*, uno de ranuras (calibrador de espesores) y otro de barras (calibrador de longitudes), cuyas dimensiones estarán de acuerdo con lo especificado en las figuras 1 y 2.

2.2 *Tamices*, indicados en la Tabla 1.

2.3 *Balanza*, con una sensibilidad de 0.1% el peso de la muestra de agregados que se ensaya.

2.4 *Equipo misceláneo*: cuarteador de agregados, bandejas, etc.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Del material recibido en el laboratorio, se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para la realización del ensayo.

3.2 Una vez así separada la muestra para ensayo, se procede a determinar su análisis granulométrico, de acuerdo con la norma MTC E204, usando los tamices indicados en la Tabla 1. El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina R_i , siendo i , el tamiz de abertura menor.

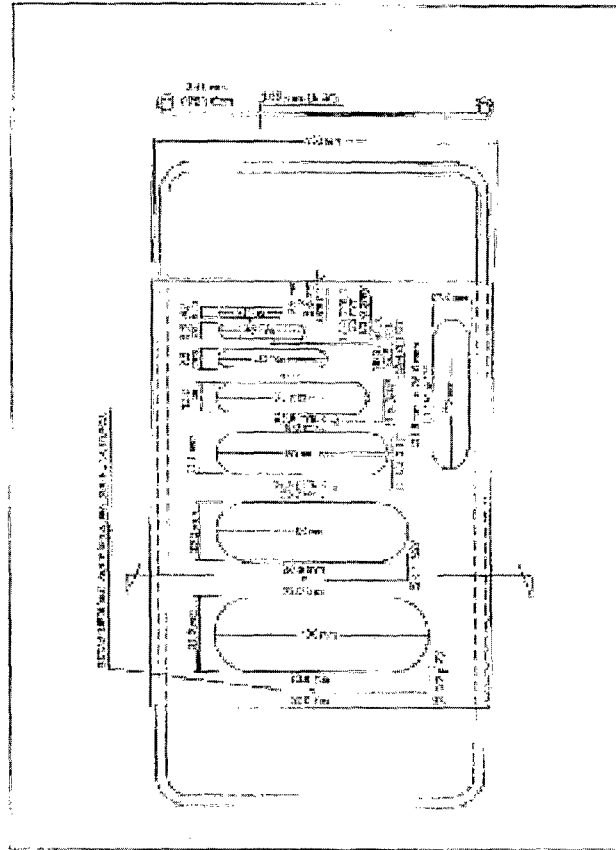


Fig. 501. - Configuración de tamices para el análisis granulométrico.

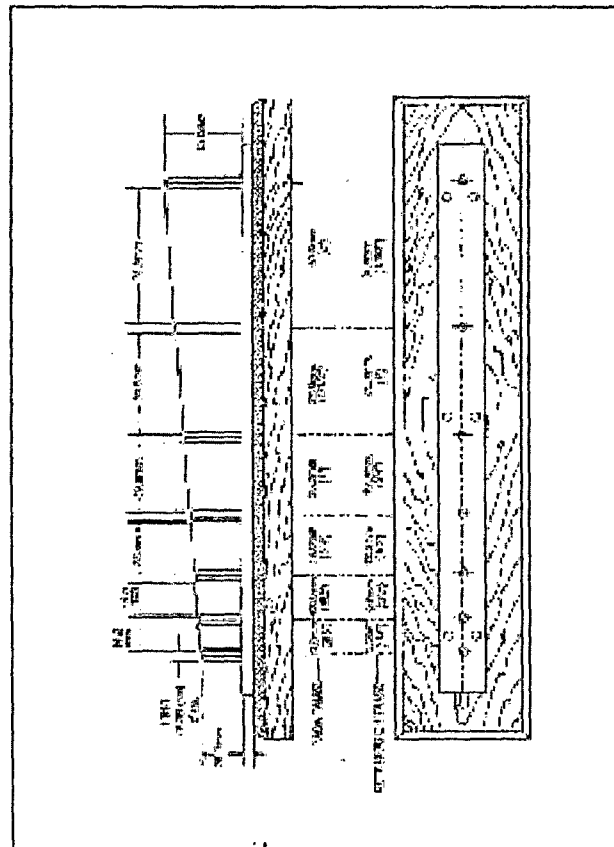


Figure 2. Calibrador de espesor y longitud.

Tabla 1

Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud

Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)	
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Alargamiento (Separación de las barras)(2)
mm	(pulg)	mm	(pulg)	Abertura de la ranura)(1)	
63	(2 1/2")	50	(2")	33,9	-----
50	(2")	37,5	(1 1/2")	26,3	78,8
37,5	(1 1/2")	25	(1")	18,8	56,3
25	(1")	19	(3/4")	13,2	39,6
19	(3/4")	12,5	(1/2")	9,5	28,4
12,5	(1/2")	9,5	(3/8")	6,6	19,8
9,5	(3/8")	6,3	(1/4")	4,7	14,2

3.3 A continuación, previo cuarteo, se separan por tamizado las distintas fracciones de la muestra, tal como se indica en la Tabla 1.

Las fracciones del agregado cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensayan.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje en la muestra este comprendido entre el 5% y el 15%, se tomará un mínimo de 100 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con aproximación del 0.1%.

De cada fracción del agregado cuyo porcentaje en la muestra sea superior al 15%, se tomará un mínimo de 200 partículas, determinando su peso, P_i , en la balanza con aproximación del 0.1%.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Para separar, el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el numeral 3.1, se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla 1.

4.2 La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (P_i) con aproximación del 0.1% del peso total de la muestra en ensayo.

4.3 Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indica en el numeral 3.1, se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla 1.

4.4 La cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes, se pesa (P_{ai}) con aproximación del 0.1% de la masa total de la muestra de ensayo.

5. CÁLCULOS

5.1 El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_i , que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i , de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción } (I_{ii}) = \frac{P_{ii}}{P_i} \times 100$$

5.2 El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{ai} , retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i , de dicha fracción:

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción } (I_{ai}) = \frac{P_{ai}}{P_i} \times 100$$

5.3 El valor obtenido para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de aplanamiento como del porcentaje de alargamiento, se redondeará al número entero mas próximo.

6. INFORME

6.1 Los resultados obtenidos mediante esta norma pueden expresarse para cada fracción ensayada o para el total de la muestra.

6.2 La expresión de los índices de aplanamiento y alargamiento de cada fracción serán los obtenidos directamente en el ensayo, según se indica en los numerales 5.1 y 5.2, indicando expresamente la fracción ensayada.

6.3 Para expresar los índices de aplanamiento y alargamiento totales se calcula el promedio ponderado de los respectivos índices de todas las fracciones ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos, R_i , e indicando la granulometría de la muestra.

Estos índices totales pueden obtenerse también aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\sum(I_{ai} \times R_i)}{\sum R_i} \quad \text{Índice de alargamiento} = \frac{\sum(L_{ai} \times R_i)}{\sum R_i}$$

siendo i las fracciones ensayadas.

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

NLT	354/91
-----	--------

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO ⁽¹⁾

MTC E 222 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma NATIONAL AGGREGATES ASSOCIATION, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y la angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia al ahuellamiento.

2. DEFINICIÓN

2.1 Se define como angularidad del agregado fino el porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2,36 mm, levemente compactados.

3. APARATOS Y MATERIAL

El equipo debe estar de acuerdo con los requerimientos dados en la Fig. 1

3.1 Cilindro metálico de volumen conocido.

3.2 Embudo metálico

3.3 Marco metálico

3.4 Tamices 2,36 mm (No 8) y 75 μ m (No. 200)

4. PROCEDIMIENTO

- La muestra será de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica.
- Se separa material que pase el tamiz 2,36 mm (No. 8) y sea retenido en el tamiz 75 μ m (No. 200).
- Se determinará la gravedad específica bruta del agregado seleccionado (Gsb)

- Se vierte la arena por el embudo hasta que rebose el cilindro de volumen conocido. Se enrasa y se pesa el material retenido en el cilindro.

⁽¹⁾Se utiliza en SUPERPAVE: Agregado Mineral.

5. CÁLCULOS

- Determinando el peso del agregado fino (w) que llena el cilindro de volumen conocido (v), el contenido de vacios puede calcularse como la diferencia entre el volumen del cilindro y el volumen del agregado fino en el cilindro así:

$$V - \frac{W}{G_{sb}} \times 100$$

6. La Tabla 1 muestra los valores mínimos requeridos para la angularidad del agregado fino en función del nivel del tránsito y la posición del pavimento.

Tabla 1

Tránsito en 10 ⁶ ESALS	Prof. desde superf. <100 mm	Prof. desde superf. >100 mm
< 0.3	----	----
< 1	40	----
< 3	40	40
< 10	45	40
< 30	45	40
< 100	45	45
≥ 100	45	45

7. REFERENCIAS NORMATIVAS

NATIONAL AGGREGATES ASSOCIATION

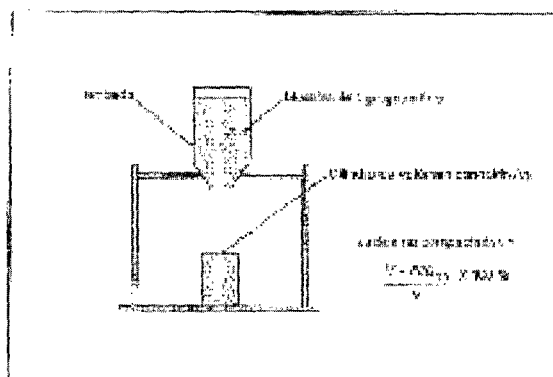


FIGURA 1. Modelo para medir la densidad del suelo en sus.