



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DEL AGREGADO GRUESO DE LAS
CANTERAS DE LOS SECTORES DE PICOAZÁ, CERRO GUAYABAL, EL
CHORRILLO QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MANTA Y SUS
INFLUENCIAS EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN”**

AUTORES

ALEX DAMIÁN MENOSCAL CEVALLOS

ROBERTO CARLOS LOOR ZAMBRANO

DIRECTOR

ING. JOSÉ MATUTE LUCIO

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2013

A la memoria de mi padre, quien siempre dijo que su mejor legado sería la educación de sus hijos.

A mi madre, por su inagotable paciencia.

A mi esposa, por su amor y apoyo que supo darme siempre, sobre todo en los momentos más difíciles.

A mis hijos, razón de mi vida, orgullo y motivo de esforzarme cada día.

A mis hermanos, por su confianza y buenos augurios.

Y a todos los que de alguna manera apoyaron para la consecución de este logro.

Alex D. Menoscal Cevallos.

Esta tesis está dedicada a DIOS en quien día a día me refugio, para salir adelante en mis propósitos y le agradezco infinitamente.

A mis regalos más grandes, mis Padres, Carlos y Mariana que con sus consejos, ayuda, protección y buenos valores son la guía de mi vida.

A mis catedráticos, que me han ilustrado en toda mi vida y me han brindado su apoyo sin esperar algo a cambio.

A todos mis amigos, entre ellos el Sr. Olman Chevez quien me ha enseñado que a pesar de todos los obstáculos que hay en la vida debo seguir en la lucha por alcanzar mis sueños, gracias a todos.

Roberto Carlos Loor Zambrano.

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo investigativo, fue realizado en su totalidad por los egresados de la Escuela de Ingeniería Civil, el Sr. ROBERTO CARLOS LOOR ZAMBRANO y el Sr. ALEX DAMIÁN MENOSCAL CEVALLOS, como requerimiento previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Manta, Abril del 2013

Ing. José Matute Lucio.

DIRECTOR DE TESIS

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, corresponden exclusivamente a los autores, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado corresponderá a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí”

Egdo. Roberto Loor Zambrano.

Egdo. Alex Menoscal Cevallos.

RESUMEN.

El desarrollo de este tema de tesis tiene su importancia en el campo de la investigación sobre el agregado grueso para el hormigón, ya que la mayoría de construcciones civiles lo utilizan como componente principal.

Si se estableciera la existencia de diferencia en la resistencia del hormigón, se podrá diseñar hormigones con mejores características, elaborados con un determinado agregado grueso.

Este análisis nos definirá si hay o no una diferencia significativa en la calidad del hormigón diseñados con agregados gruesos de diferentes canteras, y demostrarnos por qué en ocasiones no se llega a la resistencia de diseño.

Para producir un buen concreto estructural es necesario contar con una buena calidad de agregados. Usualmente se utilizan las normas más comunes como la ASTM, AASTHO, INEN que son las más recomendadas y utilizadas en los estudios para materiales de concreto.

Esta investigación nos guiará paso a paso en la valoración del agregado grueso mediante ensayos normados además del diseño de hormigones mediante el método ACI 211.

ÍNDICE.

Capítulo I

Marco Teórico

1.1 Conceptos Generales.	15
1.2 Tamaños y formas	16
1.3 Agregado grueso natural (grava natural).	18
1.4 Agregado grueso artificial (grava artificial).	19
1.5 Importancia para el hormigón.	19
1.5.1 Propiedades físicas.	19
1.5.2 Propiedades Resistentes.	20
1.5.3 Propiedades Térmicas.	21
1.6 Clasificación de las rocas.	22
1.6.1 Rocas Ígneas.	22
1.6.1.1 Rocas Plutónicas.	22
1.6.1.2 Rocas Volcánicas.	23
1.6.2 Rocas Sedimentarias.	23
1.6.2.1 Rocas de Origen Mecánico.	23
1.6.2.2 Rocas de Origen Químico.	23
1.6.2.3 Rocas de Origen Orgánico.	24
1.6.3 Rocas Metamórficas rocas transformadas.	24

1.7 Descripción de las Canteras.	24
1.7.1 Ubicación por Mapeo.	24
1.7.2 Proceso de obtención del Agregado Grueso.	28
1.8 Normas para el análisis del agregado grueso.	29
1.9 Muestreo de Agregados ASTM D75, AASTHO T2, NTE INEN 0695.	30
1.9.1 Muestreo de la descarga de agregado (recipiente de descarga)	31
1.9.2 Muestreo desde la banda de transporte o acarreo.	32
1.9.3 Muestreo desde el almacenaje o unidades de transportación.	32
1.10 Reducción de Tamaño de Muestras de Agregados para Ensayos ASTM C702, AASHTO T 248, NTE INEN 2566:2010.	32
1.11 Ensayos de Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.	34
1.11.1 Equipo a Utilizarse.	35
1.11.2 Procedimiento del Ensayo.	39
1.12 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860. (861 para agregados mayores a 19mm).	39
1.12.1 Equipos a Utilizarse.	40
1.12.2 Procedimiento del Ensayo.	42
1.13 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos ASTM C 127, ASSTHO T 85, NTE INEN 857	43
1.13.1 Equipos a Utilizarse.	46
1.13.2 Procedimiento del Ensayo.	48

1.14 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) para Agregado Grueso y Agregado fino, Porcentaje de Vacíos. ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T19/T19M, NTE INEN 0858:2010.	50
1.14.1 Equipos.	51
1.14.2 Procedimiento.	53
1.15 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO M 80, NTE INEN 696 2011. Módulo de finura.	55
1.16 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino. ASTM C 128, NTE INEN 856.	57
1.17 Contenido de humedad natural de los agregados (fino y grueso) ASTM D2216-98, ASSHTO T 265, NTE INEN 862.	60
1.18 Ensayo Determinación de la Estabilidad a la Disgregación de los Agregados Mediante el Uso del Sulfato de Sodio o del sulfato de Magnesio (resistencia a los sulfatos) ASTM T88, AASHTO T 104.	61
1.18.1 Equipo.	62
1.18.2 Procedimiento del Ensayo.	63
1.19 Ensayos Petrográficos del Agregado Grueso ASTM C 295, NTE INEN 870.	68
1.20 Diseño de hormigón.	70
1.20.1 Características de los materiales.	70
1.20.1.1 Cemento.	70
1.20.1.2 Agregados (arena y grava).	74
1.20.1.3 Agua.	76

1.20.1.4 Aditivos.	78
1.20.2 Especificaciones técnicas:	81
1.20.2.1 Resistencia.	81
1.20.2.2 Trabajabilidad Ensayo de Determinación del Asentamiento ASTM C143, ASSHTO T119, NTE INEN 1578.	82
1.20.2.3 Durabilidad.	85
1.20.3 Método ACI 211.	86
1.21 ASTM C 192/C 192M, ASSHTO T 126 NTE INEN 1576 Práctica estándar para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo.	91
1.22 Ensayo ASTM C39, ASSHTO T22, NTE INEN 1573 Resistencia a la Compresión Axial.	101

Capítulo II

Diseño De La Propuesta.

2.1 Antecedentes del problema.	103
2.2 Problema científico.	103
2.3 Objeto.	103
2.4 Campo.	103
2.5 Objetivo general.	104
2.6 Objetivos específicos.	104
2.6 Objetivos específicos.	104
2.7 Hipótesis.	104

2.8 Variables.	104
2.9 Métodos técnicas y procedimientos.	104
2.9.1 Muestreo de Agregados ASTM D75, AASTHO T2, NTE INEN 0695:2010.	105
2.9.2 Reducción de Tamaño de Muestras de Agregados para Ensayos ASTM C702, AASHTO T 248, NTE INEN 2566:2010.	105
2.9.3 Ensayos de Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.	105
2.9.4 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860. (861 para agregados mayores a 19mm).	105
2.9.5 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos ASTM C 127, ASSTHO T 85, NTE INEN 857.	106
2.9.6 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) para Agregado Grueso y Agregado Fino, Porcentaje de Vacíos. ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T19/T19M, NTE INEN 0858:2010.	106
2.9.7 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO M 80, NTE INEN 696 2011. Módulo de finura.	106
2.9.8 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino ASTM C 128, NTE INEN 856.	107
2.9.9 Contenido de Humedad Natural de los Agregados (Fino y Grueso) ASTM D2216-98, ASSHTO T 265, NTE INEN 862.NTE INEN 862.	107

2.9.10 Ensayo determinación de la estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio (resistencia a los sulfatos) ASTM T88, AASHTO T 104.	107
2.9.11 Ensayos Petrográficos del Agregado Grueso ASTM C 295, NTE INEN 870	108
2.9.12 Diseño de hormigón.	108
2.9.12.1 Cemento.	108
2.9.12.2 Agregados.	108
2.9.12.3 Agua.	109
2.9.12.4 Aditivos.	109
2.9.12.5 Método ACI 211.	109
2.9.13 Ensayo ASTM C192, AASHTO T 126, NTE INEN 1576 Elaboración y curados de probetas de hormigón.	109
2.9.14 Ensayo ASTM C39 Rotura de cilindros.	110

Capítulo III

Cálculos y Resultados de los Ensayos.

3.1 Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.	111
3.1.1 Granulometría Original.	111
3.1.2 Diseño de Granulometría.	113
3.2 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860	113
3.3 Resultado del Ensayo Normalizado para determinar la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de los Agregados Gruesos ASTM C 127, AASHTO T 85, NTE INEN 857	114

3.4 Resultados del Ensayo Normalizado para determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) del Agregado Grueso ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T 19, NTE INEN 858: 2010	117
3.4.1 Masa Unitaria Suelta.	117
3.4.2 Masa Unitaria Compactada.	118
3.4.3 Masa Unitaria (Peso Volumétrico) con la Granulometría Diseñada del Agregado Grueso.	119
3.5 Resultados del Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO T 80, NTE INEN 696 2011	120
3.5.1 Arena Homogenizada.	120
3.5.2 50% Arena de Mar + 50% Arena Homogenizada.	121
3.6 Resultados del Ensayo para determinar la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino ASTM C 128, NTE INEN 856.	122
3.7 Resultados del Ensayo Normalizado para determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) en Agregado Fino y Porcentaje de Vacíos ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T 19, NTE INEN 858: 2010.	123
3.8 Resultados del Ensayo de Resistencia a los Sulfatos ASTM C 88, AASHTO T 104.	124
3.9 Resultados del Estudio Petrográfico por el Método de Lámina Delgada ASTM C 295, NTE INEN 870.	126
3.9.1 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Uruzca	126
3.9.1.1 Análisis Macroscópico.	126
3.9.1.2 Estudio Microscópico.	126
3.9.2 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Holcim Picoazá	127

3.9.2.1	Análisis Macroscópico.	127
3.9.2.2	Estudio Microscópico.	127
3.9.3	Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Agresa	128
3.9.3.1	Análisis Macroscópico.	128
3.9.3.2	Estudio Microscópico.	128
3.9.4	Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Holcim Chorrillo.	130
3.9.4.1	Análisis Macroscópico.	130
3.9.4.2	Estudio Microscópico.	130
3.10	Diseños de Hormigón con Agregados Granulometría Original, Método ACI – 211.	132
3.10.1	Diseño de Hormigón Estructural Cantera Uruzca.	132
3.10.2	Diseño de Hormigón Estructural Cantera Holcim Picoazá.	135
3.10.3	Diseño de Hormigón Estructural Cantera Agresa Picoazá.	138
3.10.4	Diseño de Hormigón Estructural Cantera Holcim Chorrillo.	141
3.10.5	Diseño de Hormigo, Método ACI – 211 (Granulometría Diseñada).	144
3.11	Resultados de la Rotura de Cilindros Ensayo ASTM C39, ASSHTO T22, NTE INEN 1573 Resistencia a la Compresión Axial.	147
3.11.1	Cilindros Granulometría Original.	147
3.11.2	Cilindros Granulometría Diseñada.	148
3.11.3	Gráfica Lineal de Resultados de Rotura.	149
3.11.3.1	Rotura, Diseño con Granulometría Original.	149

3.11.3.2 Rotura con Granulometría Diseñada.	151
3.12 Análisis Comparativo	153
3.12.1 Comparación Gráfica de la Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.	153
3.12.2 Comparación Gráfica de la Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860.	156
3.12.3 Comparación Gráfica de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de los Agregados Gruesos ASTM C 127, AASHTO T 85, NTE INEN 857.	156
3.12.4 Comparación Gráfica de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO T 80, NTE INEN 696 2011.	157
3.12.5 Comparación Gráfica de Resistencia a los Sulfatos ASTM C 88, AASHTO T 104.	158
3.12.6 Características Petrográficas.	159
3.12.7 Comparación Gráfica de los Resultados de Rotura con Diseño Granulometría Original y Granulometría Diseñada.	159
3.12.8 Comparación gráfica de las resistencias de las cuatro canteras.	161

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones.

4.1 Conclusiones.	163
4.2 Recomendaciones.	165

ANEXOS.

BIBLIOGRAFÍA.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

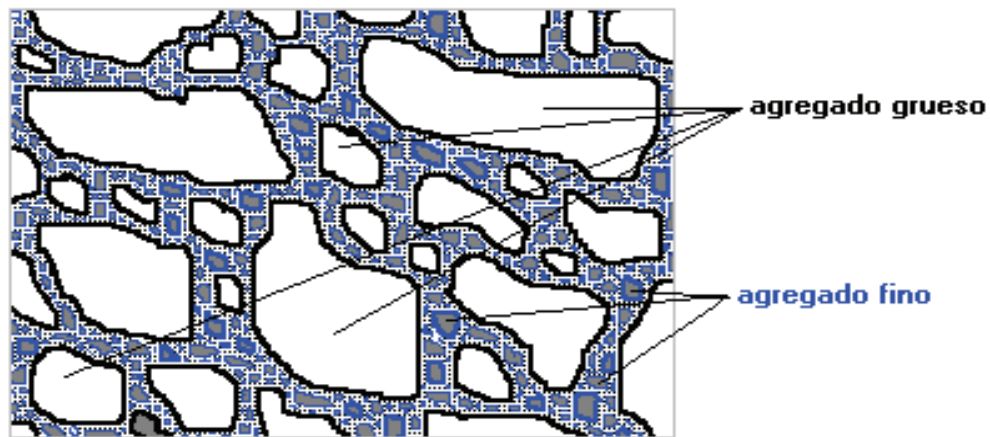
1.1 Conceptos Generales

En los hormigones estructurales, los áridos o agregados ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen total del hormigón; el volumen restante está constituido por pasta endurecida de cemento, agua sin combinar y burbujas de aire.

Mientras mayor sea el nivel de compactación del hormigón, mejor será su resistencia y más económica será su fabricación; por esta razón resulta importante cuidar la granulometría (tamaño de los granos y distribución estadística de esos tamaños de grano) de los agregados. También es importante que las características mecánicas de los áridos sean adecuadas y que los agregados estén libres de impurezas.

En términos generales los agregados dotan al hormigón de una estructura interna en la que los agregados más finos se intercalan entre los agregados más gruesos.

Figura (1.1)



Calidad.

En general, el agregado grueso cumplir con la norma ASTM C 33. Los porcentajes de sustancias dañinas en cada fracción del agregado grueso, en el momento de la descarga en la planta de concreto, no deberán exceder los siguientes límites:

Figura (1.1) <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>

Tabla (1.1)

Sustancia	Norma	Límite máximo (%)
Material que pasa por el tamiz No. 200	(ASTM C 117)	Máx. 0.5
Materiales ligeros	(ASTM C 123)	Máx. 1
Grumos de arcilla	(ASTM C 142)	Máx. 0.5
Otras sustancias dañinas	-	Máx. 1
Pérdida por intemperismo	(ASTM C 88, método Na ₂ SO ₄)	Máx. 12
Pérdida por abrasión en la máquina de Los Ángeles	ASTM C 131 y C 535	Máx. 40

Granulometría

El agregado grueso debe estar bien graduado entre los límites fino y grueso y debe llegar a la planta de concreto separado en tamaños estándares.

1.2 Tamaños y formas.

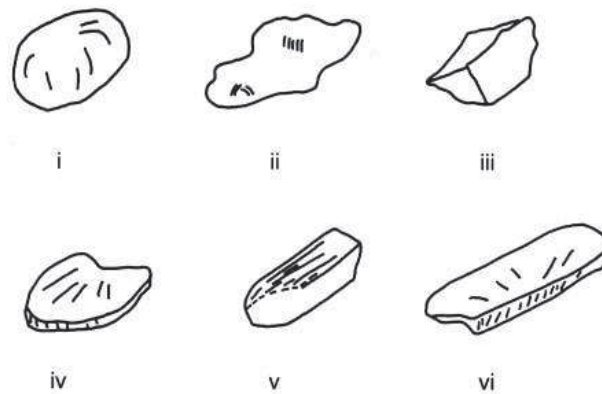
Los agregados finos o arenas pasan por el tamiz # 4. Los agregados gruesos no atraviesan el tamiz # 4 y se conocen como gravas (ripio en nuestro medio).

Según su forma, las partículas pueden clasificarse en redondeadas, irregulares, angulares, lajosas, alargadas y alargadas - lajosas.

Las lajosas y alargadas-lajosas (agujas), pueden romperse con facilidad durante la compactación, modificando con ello la granulometría del agregado inicial. Se deben imponer limitaciones en el contenido de partículas de mala forma.

Tabla (1.1) [http://es.wikipedia.org/wiki/Grava_\(hormig%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Grava_(hormig%C3%B3n))

Aparte de la forma de las partículas del agregado grueso, se debe tener en cuenta su angulosidad, que influye junto a la textura superficial de las partículas, en la resistencia del concreto, por su contribución al rozamiento interno. Figura (1.2)



Forma de las Partículas de Agregado Pétreo.

i. Redondeada, ii. Irregular, iii. Angular, iv. Lajosa, v. Alargada, vi. Alargada - Lajosa.

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, las gravas o ripio ocupan el siguiente lugar en el escalafón:

Granulometría Tabla (1.2)

Partícula	Tamaño
Limos	0,002-0,06 mm
Arenas	0,06-4 mm
Gravas	0,4-6 cm
Arcillas	< 0,002 mm
Canto rodado	6-25 cm
Bloques	>25 cm

Figura (1.2) <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf>

Tabla (1.2) http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_granulom%C3%A9trica

A menos que específicamente se indique lo contrario, el tamaño máximo del agregado que deberá usarse en las diferentes partes de la obra será:

Tabla (1.3)

Tamaño máximo	Uso general
51 mm (2")	Estructuras de concreto en masa: muros, losas y pilares de más de 1 m de espesor.
38 mm (1½")	Muros, losas, vigas, pilares, etc., de 30 cm a 1 m de espesor.
19 mm (¾")	Muros delgados, losas, alcantarillas, etc., de menos de 30 cm de espesor.

Los áridos gruesos presentan mejores propiedades de adherencia con la pasta de cemento cuando son triturados, lo que les dota de aristas (los áridos con superficie redondeada tienen menor adherencia).

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños. (Se entiende por partícula delgada, plana o alargada, aquélla cuya dimensión máxima es 5 veces mayor que su dimensión mínima).

1.3 Agregado grueso natural (grava natural).

La grava es el resultado de la fragmentación de rocas, que puede ser de manera natural. En el caso de las piedras naturalmente redondeadas por el movimiento en los ríos, se denominan “canto rodado”.

Tabla (1.3) <http://es.wikipedia.org/wiki/Grava>

Los lugares más comunes para extraer grava son los bancos de sedimentación, contruidos especialmente para recoger el material fino que arrastran los ríos. También se extraen desde los mismos lechos de los ríos en donde se acumulan las piedras. Otras zonas de extracción son los pozos secos, en donde alguna vez hubo un cuerpo de agua.

1.4 Agregado grueso artificial (grava artificial).

La grava se puede llamar “piedra partida” o “chancada” o “triturada”. En la fragmentación artificial, las rocas son chancadas o trituradas en lugares llamados plantas de áridos o agregados. Las rocas utilizadas para la grava son normalmente de caliza, granito, basalto, dolomita y cuarzo, entre otras, desde las canteras, en donde se explotan los mantos rocosos, generalmente de los cerros, por medio de detonaciones.

1.5 Importancia para el hormigón.

En la ejecución del hormigón o concreto, la grava también se suele llamar “agregado grueso”. En este caso, la calidad de la grava es de suma importancia, para lograr excelentes estructuras de concreto, con durabilidad y resistencia. El agregado grueso para concreto es extraído de lugares seleccionados y luego, es analizada en laboratorios para asegurarse de que tenga calidad.

1.5.1 Propiedades físicas.

Densidad.-Depende del peso específico 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.

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.

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 C29. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

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 norma ASTM C 29.

Humedad.-Es la cantidad de agua 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:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{Masa natural} - \text{Masa seca})}{\text{Masa seca}} \times 100$$

1.5.2 Propiedades Resistentes.

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

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

Tenacidad.-Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angulosidad y textura del material.

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.

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 y es muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara 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.

Tabla (1.4) de valores de módulos elásticos:

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

1.5.3 Propiedades Térmicas.

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.

Tabla (1.4) <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>

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 8.9×10^{-6} / °C.

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.

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 ó J/(s.°C·m).

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.

1.6 Clasificación de las rocas.

Son agregados naturales (sistemas homogéneos) que se presentan en nuestro planeta en masas de grandes dimensiones. Están formadas por uno o más minerales o mineraloides.

1.6.1 Rocas Ígneas

Formadas a partir del enfriamiento de rocas fundidas (magmas). Se clasifican en: plutónicas y volcánicas.

1.6.1.1 Rocas Plutónicas

Se forman cuando el magma solidifica lentamente en el interior de la Tierra. Como en el interior las temperaturas son elevadas, el enfriamiento de los magmas es muy lento. En estas condiciones los minerales disponen de mucho tiempo para crecer, por lo que estas rocas presentan cristales relativamente grandes (se ven bien a simple vista).

Como la presión del interior es también muy elevada, los minerales crecen estrechamente unidos formando rocas densas y sin huecos.

Los granitos son las rocas plutónicas más comunes. Están compuestos por una mezcla de los minerales cuarzo, feldespatos y micas.

El gabro es otra roca plutónica muy común, se reconoce por la ausencia de cuarzo y sus tonos oscuros.

1.6.1.2 Rocas Volcánicas

Se originan cuando los magmas enfrían rápidamente en la superficie terrestre, a temperaturas y presiones bajas.

En estas condiciones el enfriamiento es muy rápido con lo que los cristales disponen de muy poco tiempo para formarse y crecer. El resultado son rocas constituidas por una masa de cristales de pequeño tamaño o bien materia amorfa sin cristalizar. Al originarse en la superficie, donde la presión es baja, pueden adquirir un aspecto esponjoso.

Es común clasificar las rocas volcánicas en función de su composición química. Una roca muy frecuente y fácil de reconocer por sus tonos oscuros es el basalto. La riolita, por el contrario, presenta tonos claros.

1.6.2 Rocas Sedimentarias

Formadas en zonas superficiales de la corteza terrestre a partir de materiales que se depositan formando capas o estratos.

1.6.2.1 Rocas de Origen Mecánico

O detríticas son las formadas a partir de la sedimentación de trozos de otras rocas después de una fase de transporte. La clasificación de estas rocas se basa en los tamaños de los trozos que las componen. Las constituidas por trozos de tamaño grande son los conglomerados, las areniscas poseen granos de tamaño intermedio y los limos y arcillas poseen trozos muy pequeños.

1.6.2.2 Rocas de Origen Químico

Son las formadas a partir de la precipitación de determinados compuestos químicos en soluciones acuosas. Pueden originarse por precipitación de cementos calcáreos.

1.6.2.3 Rocas de Origen Orgánico

Formadas por acumulación de sustancias de origen orgánico. Un tipo muy común es la roca caliza, formada en su mayor parte por restos de organismos como corales, algas, etc.

1.6.3 Rocas Metamórficas rocas transformadas

Cualquier roca cuando se somete a intensas presiones y temperaturas sufre cambios en sus minerales y se transforma en un nuevo tipo que llamamos roca metamórfica.

El proceso metamórfico se realiza en estado sólido, es decir las transformaciones se producen sin que la roca llegue a fundirse. La mayoría de las rocas metamórficas se caracterizan por un aplastamiento general de sus minerales que hace que se presenten alineados.

1.7 Descripción de las Canteras.

1.7.1 Ubicación por Mapeo.

Cantera Uruzca, cerro El Guayabal carretera Manta-Portoviejo

1° 3.64'S 80° 33.987'O

Cantera Holcim Picoazá, vía Portoviejo-Picoazá 1° 1.205'S 80° 33.152'O

Cantera Agresa, vía Portoviejo-Picoazá 1° 2.280'S 80° 32.257'O

Cantera Holcim Chorrillo, carretera Manta-Montecristi vía a El Chorrillo

1° 2.647'S 80° 41.330'O

Figura (1.3)

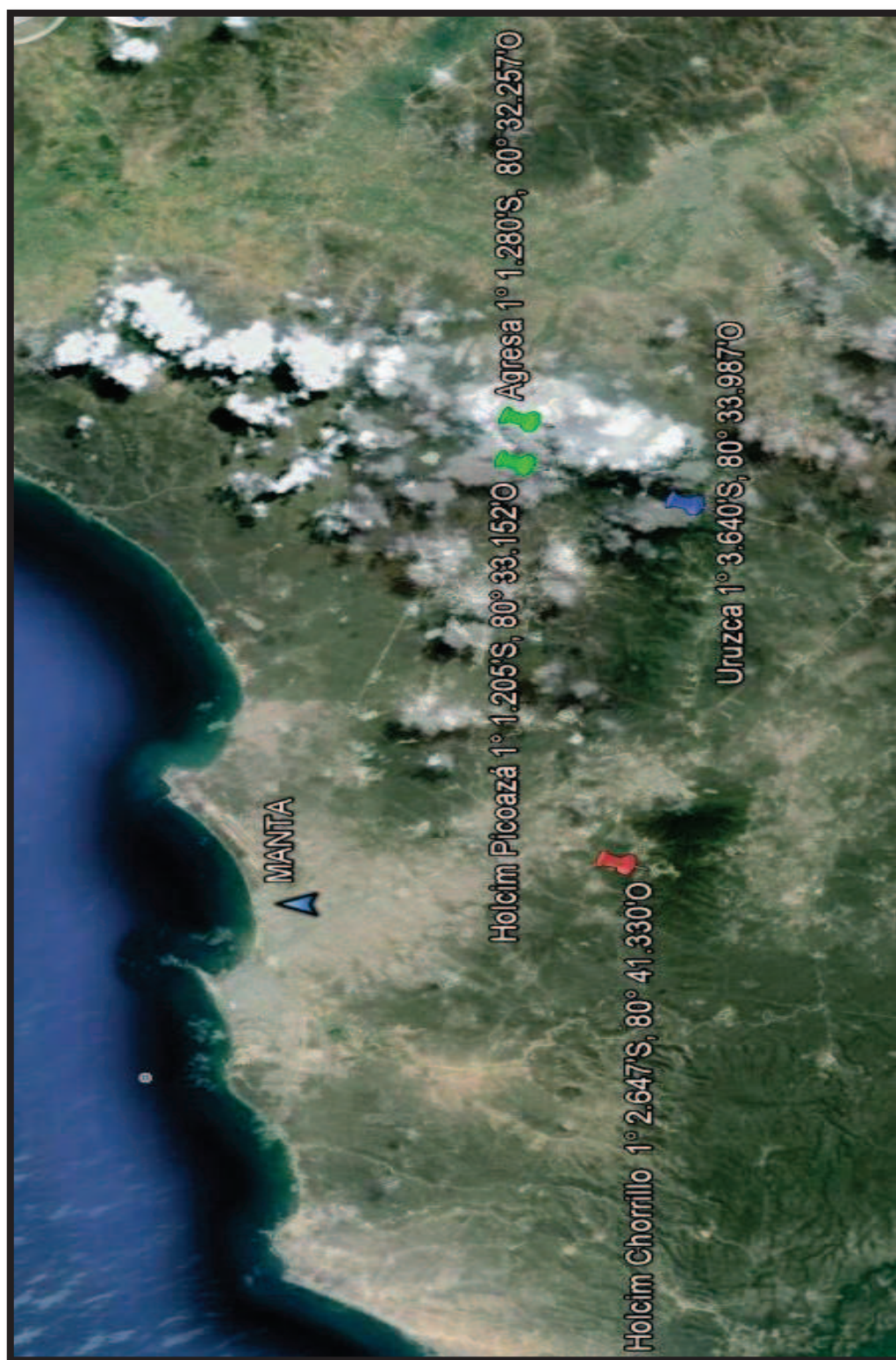


Figura (1.3) Google Earth

Figura (1.4)



Figura (1.5)

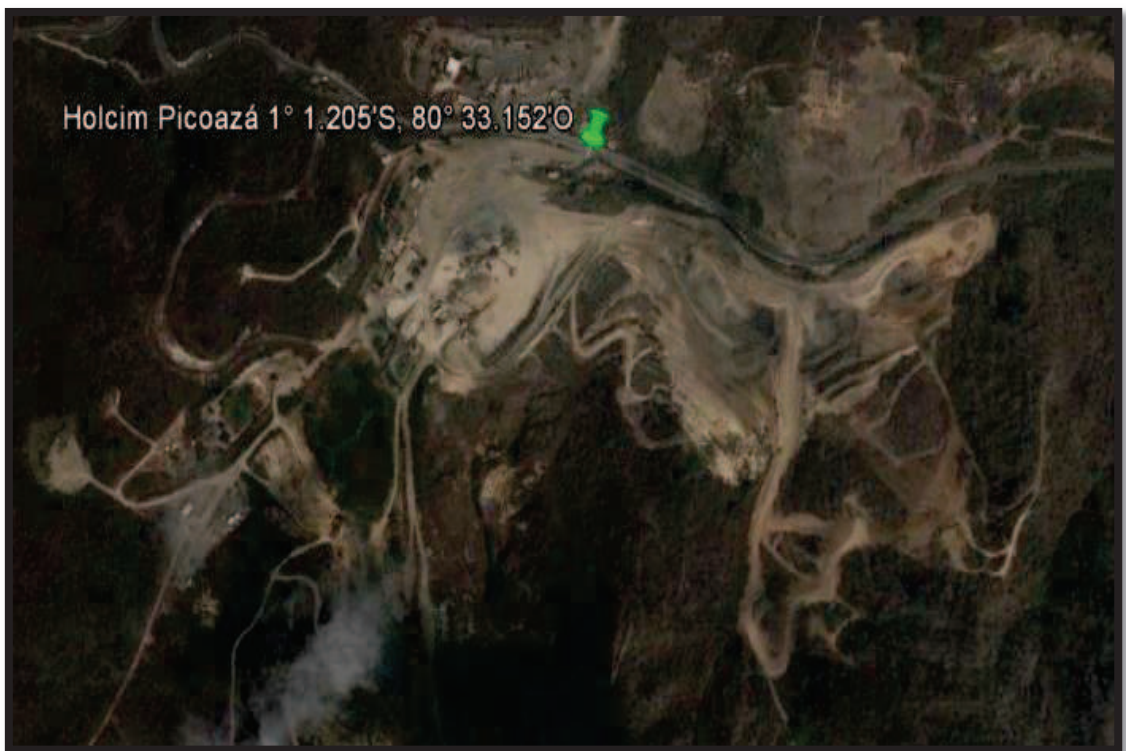


Figura (1.4 y 1. 5) Google Earth

Figura (1.6)



Figura (1.7)



Figura (1.6 y1.7) Google Earth

1.7.2 Proceso de obtención del Agregado Grueso¹.

En la provincia de Manabí tenemos algunas Canteras donde se explota y se procesa el agregado grueso, tienen básicamente el mismo método de procesar el material. Sin embargo, en Manabí no se encuentra basalto de buena calidad; es por ello que para algunas obras donde se requiere un hormigón con alto rendimiento se adquiere este material de otros lugares, haciendo más costoso el transporte y por ende el costo del proyecto.

Se define como cantera al lugar donde se extraen rocas o minerales procedentes de un macizo rocoso. Los materiales pétreos extraídos son generalmente para la industria de la construcción u obras civiles. La implantación de una cantera inicia con la disponibilidad del yacimiento pétreo del sitio por lo que se debe estudiar el mapa geológico de la región.

Una vez conocidos estos parámetros y seleccionado el lugar, se debe conseguir, luego, una autorización de la Administración Pública, para ello se debe elaborar un proyecto de explotación, donde se indique el proceso de extracción que se va a llevar a cabo, los planes de seguridad industrial, ocupacional, plan de contingencia, etc., y especialmente uno de restauración, en el que garantice la sostenibilidad del área explotada.

Los agregados son materias primas minerales, inertes, que se extraen en canteras, graveras o en los meandros de los ríos y se pueden clasificar según lo siguiente:

-Sistema de obtención.

-Estructura pétrea mineral.

-Tamaño.

Obtención por explotación por voladura.- El proceso de barrenado consiste en realizar perforaciones en el macizo rocoso que se desea demoler para alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores. En perforación tiene gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasión.

¹ Apuntes de clase Geología y Ensayo de Materiales/ Ing. Gustavo Mero Baque.

El taladro trabaja en los procesos de martillado y rotación del cilindro que ingresan los ejes de acero que penetran la roca hasta la profundidad del barreno deseado y a su vez se encarga también de extraer la roca demolida del agujero.

- Diámetro de Perforación: 3 pulgadas (76mm)
- Malla de Perforación: 3.0m x 3.0m

La voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de los barrenos en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

La trituración se da en diferentes etapas para reducir el tamaño de las piedras extraídas debido a que estas etapas de reducción están directamente relacionadas con la energía aplicada. Se divide en 2 etapas:

- Trituración Primaria.
- Trituración Secundaria.

Para la trituración primaria se utiliza una trituradora tipo mandíbula.

Para la trituración secundaria se usa una trituradora tipo cono.

Luego de ser triturado el material este se aloja sobre una banda transportadora que posteriormente llegara a una zaranda vibratoria compuesta de tamices. 1", $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, #4.

1.8 Normas para el análisis del agregado grueso.

ASTM.

Sigla de la *American Society for Testing and Materials*, fundada en 1898. Es la mayor organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios.

Los estándares A.S.T.M. cubren una amplia gama de cuestiones: desde la metalurgia al papel, desde los materiales de construcción a los lubricantes y productos petrolíferos en general. La función desarrollada por la asociación ha consistido en

establecer métodos de ensayo y sus límites de aceptación. La dirección de la sociedad en EE.UU. es: 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19013.

AASHTO.

Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte o por sus siglas en inglés AASHTO de *American Association of State Highway and Transportation Officials*, es un órgano que establece normas que publica especificaciones, hace pruebas de protocolos y guías usadas en diseños de autopistas y construcción de ellas en todo los Estados Unidos. A pesar de su nombre, la asociación representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte por aire, ferrocarril, agua y transporte público.

INEN.

Es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, la certificación y la metrología.

Política de calidad

Satisfacer la necesidades y los requerimientos de los usuarios, mediante la entrega de los servicios de Normalización, Reglamentación y Metrología; utilizando recurso humano calificado y continuamente informado, cumpliendo los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma NTE INEN ISO 9001 y las disposiciones legales vigentes.

1.9 Muestreo de Agregados ASTM D75, AASTHO T2, NTE INEN 0695:2010.

Esta práctica cubre el muestreo de agregados gruesos y finos para los siguientes propósitos: investigación preliminar de los recursos de almacenamiento, control de los productos de los recursos de almacenaje, control de las operaciones en el sitio de uso, y aceptación o rechazo de los materiales.

Obtención de las muestras.

Donde se practique, el muestreo debe ser realizado y obtenido del producto final. Las muestras del producto final que serán probadas a la abrasión no deben ser sometidas a aplastamiento o reducción manual del tamaño de las partículas en la preparación

para la prueba de la abrasión a menos que el tamaño del producto final sea tal, que requiera una reducción de la muestra de ensayo.

Transporte de muestras.

Transportar los agregados en sacos u otros recipientes contruidos para prevenirla pérdida o contaminación de alguna parte de la muestra o daño durante el despacho. Se deben facilitar los siguientes informes: los recipientes de transporte para muestras deberán tener una adecuada identificación individual, pegado y este deben estar adjunto al reporte de campo, informe de campo, informe de laboratorio, e informe del ensayo. Tabla (1.5)

Tamaño de muestras	
Tamaño del agregado (mm)	Masa de la muestra del campo, mínimo (Kg)
Agregado fino	
2.3	10
4.75	10
Agregado grueso	
9.5	10
12.5	15
19	25
25	50
37.5	75
50	100
63	125
75	150
90	175

1.9.1 Muestreo de la descarga de agregado (recipiente de descarga)

- Obtener al menos tres incrementos aproximadamente iguales.
- Se debe tomar cada incremento de la sección de material tal como ésta es descargada.
- Es necesario un dispositivo especial construido para cada planta particular.
- Interceptar la sección entera del chorro de descarga sin que se desborde, mediante un dispositivo que consiste en una cacerola de tamaño suficiente.

Tabla (1.5) <http://www.inen.gob.ec>

1.9.2 Muestreo desde la banda de transporte o acarreo.

- Obtener al menos tres incrementos aproximadamente iguales.
- Parar la banda de transporte o acarreo mientras los incrementos de la muestra son obtenidos.
- Insertar dos plantillas en la banda de tal manera que produzcan el incremento de la masa requerida.
- Toda la muestra debe ser removida al recipiente.

1.9.3 Muestreo desde el almacenaje o unidades de transportación.

- Para agregado grueso, obtener tres incrementos, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo de la pila.
- Para agregado fino, es necesario tomar la muestra que se encuentra bajo el material segregado, en tres lugares aleatorios.
- Para muestrear de las unidades de transportación es necesario cavar trincheras de 0.3m de espesor, y de profundidad bajo la superficie. Se deben tomar tres incrementos mínimos a lo largo de cada trinchera.

1.10 Reducción de Tamaño de Muestras de Agregados para Ensayos ASTM C702, AASHTO T 248, NTE INEN 2566:2010.

A fin de garantizar el agregado a utilizar, una variedad de pruebas se deben realizar. Estas muestras deben ser representativas del agregado seleccionado para su uso y debe ser obtenido por métodos adecuados como se describe en AASHTO T 2. Las muestras de campo de agregado generalmente debe ser reducido a un tamaño adecuado para los ensayos para determinar las características físicas, tales como, granulometría, solidez, dureza, etc., métodos descritos en este texto pretenden minimizar las variaciones en el agregado.

Varios métodos de reducción de la muestra se describirán. El técnico debe asegurarse de utilizar la técnica apropiada dependiendo de factores tales como el tamaño de los agregados y el contenido de humedad. Los métodos de reducción incluyen:

Método A.- Cuarteador Mecánico. Colocar la muestra original en el depósito de alimentación y distribuirlo uniformemente, con el fin de que el material fluya en cantidades aproximadamente iguales a través de cada ducto, quedando de esta forma la muestra dividida en dos porciones que se depositan en los depósitos laterales a la salida de los dos grupos de ductos lo cual constituye el primer cuarteo. Si la cantidad de material obtenida en uno de los depósitos, es mayor que la que se requiere para la prueba, reintroduzca el material cuantas veces sea necesario para reducir la muestra.

Figura (1.8)



Cuarteador Mecánico

Método B.- Cuarteo Manual. Coloque la muestra en una superficie dura, limpia y nivelada dónde no haya pérdida de material, ni el aumento accidental de material extraño. Mezcle el material removiendo la muestra por lo menos tres veces. Con los últimos movimientos, forme con la pala un montón cónico, depositando cada palada en el vértice del mismo, para que se acomode por sí solo y procurando a que la distribución sea uniforme.

Cuidadosamente aplane el montón cónico a un espesor y diámetro uniforme, apretando hacia abajo el vértice con una pala. El diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Divida la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala o paleta y elimine dos cuartos opuestos diagonalmente incluso todo el material fino. Cepille y limpie los espacios aclarados. Mezcle y cuarteo el material restante hasta que la muestra esté reducida al tamaño deseado.

Figura (1.8) <http://rebar.ecn.purdue.edu>

Figura (1.9)



Muestra cuarteada

Método C.- Prueba en agregado fino. Coloque la muestra de agregado fino humedecido, en una superficie dura, limpia y nivelada dónde no haya pérdida de material, ni aumento accidental de material extraño y realice el procedimiento para el cuarteo manual. Mezcle el material removiendo la muestra por lo menos tres veces. Con los últimos movimientos, forme con la pala un montón cónico, depositando cada palada en el vértice del mismo, para que se acomode por sí solo y procurando a la vez que la distribución sea uniforme.

Consideraciones generales - Efectuar la prueba en un lugar ventilado, limpio y libre de corriente de aire, de sustancias o partículas que contaminen las muestras. El equipo a utilizar debe estar perfectamente limpio y funcional para que la muestra no se mezcle con otros materiales y así se altere sus características.

1.11 Ensayos de Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.

Esta especificación define los requisitos para granulometría y calidad de grueso (distinto de agregado liviano o pesado) para utilizar en concreto.

Esta especificación es para ser utilizada por un contratista, proveedor de concreto, u otro comprador como parte de un documento de compra que describe el material a proveer.

Figura (1.9) <http://rebar.ecn.purdue.edu/>

Esta especificación es considerada como adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de los concretos. Se reconoce que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, puede ser más o menos restrictiva que lo necesario.

Por ejemplo, donde lo estético es importante, límites más restrictivos pueden ser considerados atendiendo a las impurezas que ensuciarían la superficie del concreto. El técnico especialista debería comprobar que los agregados especificados que están o pueden estar disponibles en el área de la obra cumplan con la granulometría, propiedades físicas o químicas o combinación de ellas.

Esta especificación es también para ser utilizada en especificaciones de proyecto para definir la calidad del agregado, el tamaño nominal máximo del agregado, y otros requisitos de granulometría específicos. Los responsables de seleccionar la dosificación para la mezcla del concreto deben tener la responsabilidad de determinar la dosificación de agregado fino y grueso y la adición de tamaños de agregados para combinar si se requiere o aprueba.

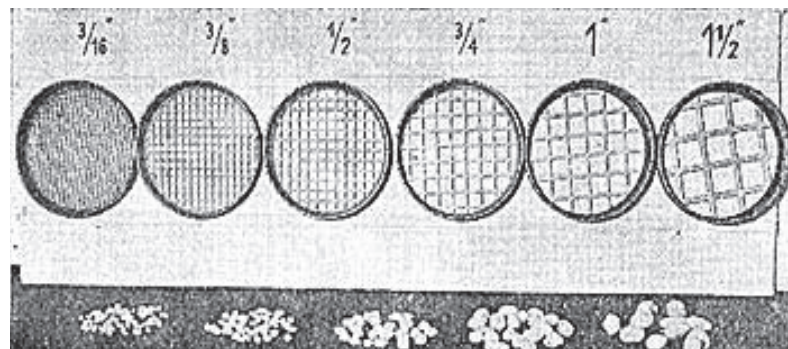
Los valores dados ya sea en unidades SI o en unidades pulgada-libra son considerados separadamente como valores estándares. Los valores dados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por ello, cada sistema debe ser usado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.

1.11.1 Equipo a Utilizarse.

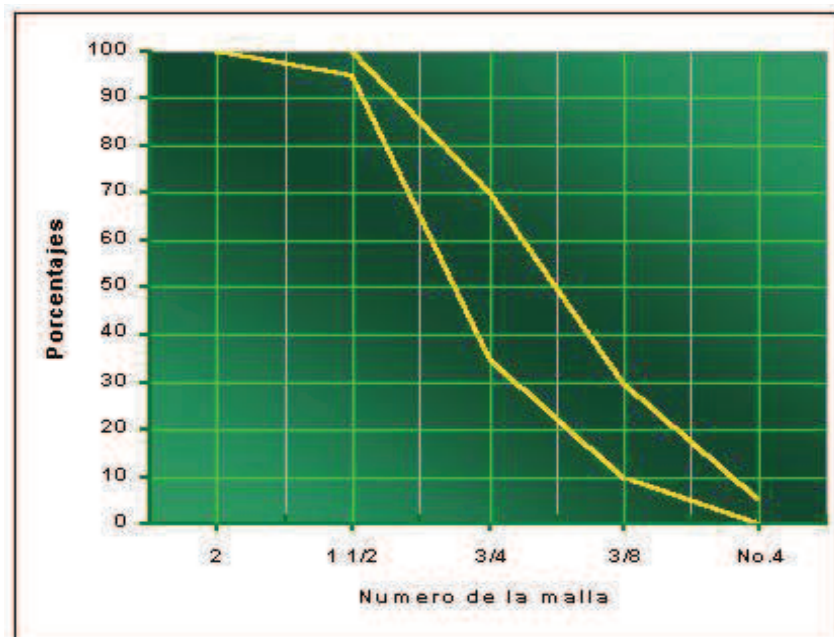
- Balanza.
- Tamices de abertura cuadrada estándar.
- Horno de secado.
- Partidor de muestras
- Charolas rectangulares
- Cucharón.

Los análisis granulométricos tienen por objeto determinar las cantidades en las que están presentes partículas de ciertos tamaños en el agregado. La distribución del agregado según su tamaño se determina mediante el empleo de tamices estándar.

Figura (1.10)



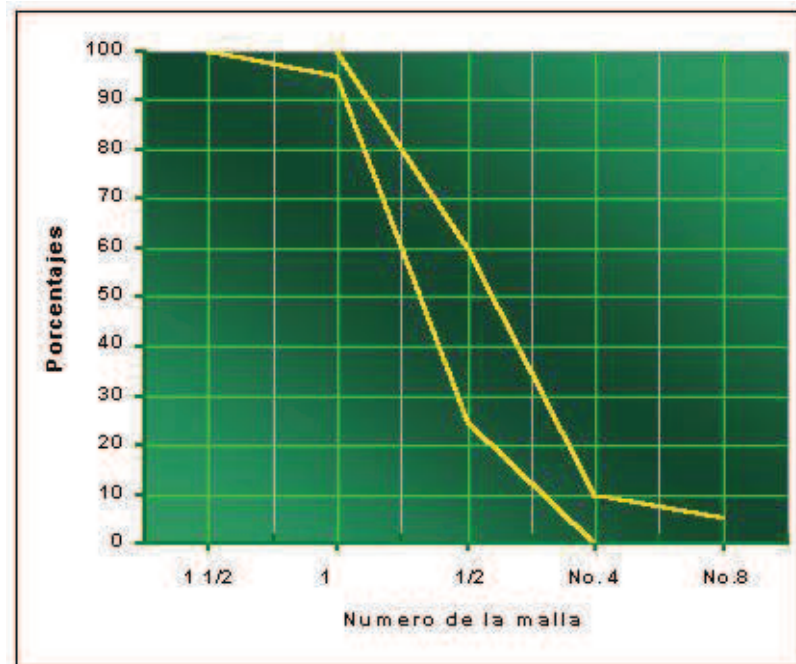
La muestra de agregado se hace pasar a través de una serie de mallas, determinándose el porcentaje de material que se retiene en cada tamiz. Los resultados de análisis se reportan graficados junto a los límites que especifican los porcentajes aceptables para cada tamaño. (Entre las líneas amarillas). Gráfica (1.6)



Tamaño máximo de 1 1/2"

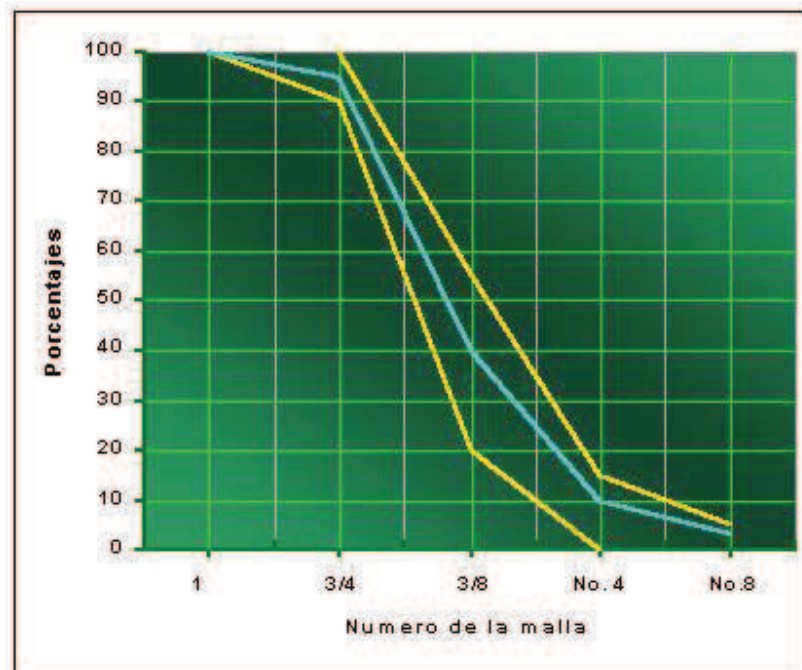
Figura (1.10) y gráfica (1.6) <http://galeon.com/matcon/lab02/granulo.htm>

Gráfica (1.7)



Tamaño máximo de 1"

Gráfica (1.8)



Tamaño máximo de 3/4"

Gráfica (1.7 y 1.8) <http://galeon.com/matcon/lab02/granulo.htm>

Las razones para especificar límites en las granulometrías y en el tamaño máximo del agregado se deben a que estas propiedades afectan las proporciones relativas de los agregados, el cemento y el agua necesarios para elaborar un cierto concreto, así como la manejabilidad, la economía, la porosidad y la contracción del mismo.

La muestra para el ensayo.

La muestra de agregado grueso cuyo análisis vaya a efectuarse debe de mezclarse completamente y reducirse a una cantidad apropiada utilizando un partididor de muestras o por cuarteo.

La muestra para el ensayo debe ser aproximadamente del peso deseado cuando este seca y debe ser también el resultado final del método de reducción.

Tabla (1.9)

Tamaño máximo nominal		Masa mínima de muestra en (Kg)
Pulgadas	Milímetros	
3/8	9.5	2
1/2	12.5	4
3/4	19	8
1	25	12
1 1/2	37	16
2	50	20
2 1/2	63	25
3	75	45
3 1/2	90	70

Pesos mínimos de muestras de grava para análisis granulométrico.

Tabla (1.9) <http://galeon.com/matcon/lab02/granulo.htm>

1.11.2 Procedimiento del Ensayo.

- Seque la muestra de agregado hasta llegar a una masa constante, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Acople los tamices en orden decreciente de tamaño de abertura de arriba hacia abajo y deposite la muestra en el tamiz superior, hecho esto, los tamices se agitan manualmente o mediante algún dispositivo mecánico durante un periodo de tiempo suficiente, en el caso de cribado mecánico. En caso de que la cantidad de material retenido en alguna malla sea considerable, habiéndose dificultado el paso de las partículas menores, será necesario un cierto periodo de agitación manual, hasta que no más del 1% en masa retenida por el tamiz pase por este en un minuto de tamizado manual continuo. Para agitar manualmente el tamiz, este se sostiene con una mano en posición ligeramente inclinada y mediante un movimiento hacia arriba, se golpea secamente el costado del tamiz contra la palma de la otra mano a razón de más o menos 150 veces por minuto girándolo un sexto de vuelta a cada 25 golpes más o menos. Si el tamaño de los tamices hace impráctico el cribado manual, se puede emplear mallas de 8 pulgadas de diámetro.
- Se determina la masa del material retenido en cada tamiz aproximando a décimas de porcentaje de masa de la muestra. Los demás porcentajes se reportan redondeados a enteros.

1.12 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860. (861 para agregados mayores a 19mm).

Esta es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de 38mm ($1\frac{1}{2}$ "), utilizando la máquina de Los Ángeles.

Objetivo de la prueba.

Medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada.

La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro de un tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad.

La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de golpeo con la carga abrasiva dentro del tambor cilíndrico.

La resistencia a la abrasión se usa generalmente como un índice de calidad de los agregados, ya que proporciona cierta indicación de la capacidad de éstos para producir concretos resistentes.

1.12.1 Equipos a Utilizarse

- Balanza con capacidad suficiente.
- Tamices estándar de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4 y No.12.
- Máquina de los Ángeles, de dimensiones especificadas.

Número de revoluciones a que debe girar la máquina de los Ángeles: 500.
Velocidad a que debe girar la máquina: 30 a 33 r.p.m.

- Charolas rectangulares.
- Cucharón.
- Carga abrasiva: La carga abrasiva la constituyen esferas de acero cuya masa total dependerá de la graduación granulométrica de la muestra de prueba, diámetro de las esferas: $1 \frac{27}{32}$ pulgadas.

Masa de las esferas: entre 390 y 445 gramos.

Tabla (1.10)

Graduación	No. De esferas	Masa de la carga (gramos)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Masas de carga abrasiva

Tabla (1.11)

Tamaño de malla (Pulg.)		Pesos de los tamaños indicados (gramos)			
		Graduación			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 ½	1	1250±25			
1	¾	1250±25			
¾	½	1250±25	2500±10		
½	3/8	1250±25	2500±10		
3/8	¼			2500±10	
¼	No.4			2500±10	
No.4	No.8				5000±10
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Graduación de muestra de prueba.

Tabla (1.10 y 1.11) <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/860.pdf>

1.12.2 Procedimiento del Ensayo.

Preparación de la muestra.

La muestra de agregado que se empleará para el ensayo de resistencia a la abrasión deberá:

- Tamizarse para separar las fracciones de distintos tamaños.
- Lavarse para eliminar finos y partículas ajenas.
- Secar la muestra a masa constante en el horno a una temperatura de 105° C a 110° C.
- Una vez obtenidas las fracciones de distinto tamaño, se combinarán las cantidades necesarias para dar al material la graduación especificada.

La masa de la muestra se determinará antes de la prueba con la máquina de los Ángeles, registrándose con una aproximación de 1 gramo.

De acuerdo a la granulometría previamente obtenida y de acuerdo al tamaño máximo, consultar las tablas 1.10 y 1.11 para ver la graduación del material y elegir el número de esferas (carga abrasiva) y la masa de la muestra.

Colocar la muestra a probar y la carga abrasiva en la máquina.

Después del número indicado de revoluciones, descargar el material de la máquina y retirar las esferas.

Hacer una separación preliminar del material, tamizándolo por la malla No. 4.

El material que pasó la malla No. 4, tamizarlo por la malla No. 12.

El material que se retuvo en la malla No. 4, mezclarlo con el que retuvo la No. 12.

El material que se retuvo en las mallas, lavarlo para quitarle los finos adheridos a las partículas.

Una vez lavado el material, colocarlo en el horno durante 24 horas hasta secarse a masa constante, a una temperatura de 105° C a 110° C (221° F a 230° F) y se registra la masa con una aproximación de 1 gramo.

Expresar la diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra de prueba como un porcentaje de la masa original. Reportarse este valor como el porcentaje de pérdida por abrasión.

$$\text{Pérdida Máxima} = \frac{\text{Masa Inicial} - \text{Masa Final}}{\text{Masa Inicial}} \times 100$$

1.13 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos ASTM C 127, ASSTHO T 85, NTE INEN 857

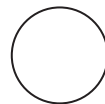
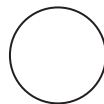
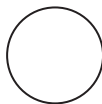
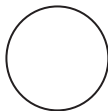
Las condiciones de humedad de los agregados se muestran como: Figura (1.12)

Estado:

- | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|
| 1. Secado al horno | 2. Secado al aire | 3. Saturado, superficialmente seco | 4. Húmedo mojado |
|--------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|

Humedad total:

- | | | | |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Ninguna | Menor que la absorción potencial | Igual a la absorción potencial | Mayor que la absorción |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|



1. Secado al horno (SH). Completamente absorbente
2. Secado al aire. Seco en la superficie de la partícula pero conteniendo cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes.

Figura (1.12) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

3. Saturado y superficialmente seco (SSS). No absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto.

4. Húmedo. Contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre).

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una determinada cantidad de partículas de agregado (No incluyendo los vacíos entre las partículas) la densidad relativa y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad kg/m^3 (lb/ft^3) se expresa como seca al horno (SH) saturada de superficie seca (SSS) o como densidad aparente. También, la densidad relativa que es una cantidad sin dimensiones, puede expresarse como (SH), (SSS) o densidad relativa aparente, la densidad S y la densidad relativa S son determinadas después de secar el agregado. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción son determinadas después de sumergir el agregado en agua por una duración establecida.

Este método de ensayo se usa para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y suministra un valor promedio representativo de la muestra. Debe hacerse una distinción entre la densidad de las partículas de agregado como se determinan por este método, y la densidad global de los agregados como se determina por el método de ensayo ASTM C 29/C 29 M, NTE INEN 0858:2010, el cual incluye el volumen de vacíos entre las partículas de los agregados.

Los valores denominados en unidades SI deben considerarse como la norma para realizar los ensayos. Los resultados de los ensayos respecto a densidad deberán reportarse en unidades SI o en unidades pulgada/libra según convenga para el uso que se le va a dar a los resultados.

Esta norma no pretende tratar todos los aspectos relacionados a la seguridad o salubridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de salubridad y seguridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previo a su uso. (Este método no debe usarse con agregados livianos).

Definiciones.

- Absorción del Agua– Es el incremento en la masa del agregado debido a la penetración de agua entre los poros de las partículas durante un período de tiempo indicado, pero no incluyendo el agua adherida a la superficie externa de las partículas. Se le expresa como un porcentaje de la masa seca.

- Secado al horno (SH) – En relación a las partículas del agregado es la condición en la cual los agregados han sido secados por calentamiento a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ en un horno, y por el tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.

- Saturada de superficie seca (SSS) – relacionado a las partículas del agregado. Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado periodo de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

- Densidad relativa– Es la relación entre la densidad de un material y la densidad de agua destilada a una temperatura dada. Los valores son a-dimensionales.

- Densidad relativa (SH) – Es la relación entre la densidad seca al horno (SH) de un agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad relativa (SSS) – Es la relación entre la densidad saturada de superficie seca (SSS) de un agregado, a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad relativa aparente– Es la relación entre la densidad aparente de un agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad– Es la masa por unidad de volumen de un material expresada en kilogramos por metro cúbico.

Densidad (SH)– Es la masa seca al horno del agregados por unidad de volumen de las partículas, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables dentro de las partículas, pero no incluyendo los vacíos entre las partículas.

- Densidad (SSS) – Es la masa saturada de superficie seca del agregado de los poros impermeables y de los poros permeables llenos de agua de las partículas, pero no incluyendo los vacíos entre las partículas.

- Densidad aparente– Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de los agregados.

1.13.1 Equipos a Utilizarse

- Balanza– Es un dispositivo para determinar la masa, que es sensible, legible y exacto al 0.05 % de la masa de la muestra en cualquier punto del rango usado para este ensayo, o de 0.5g el que sea mayor. La balanza debe ser provista de un dispositivo adecuado para suspender el contenedor de la muestra en el agua, desde el centro de la plataforma o del plato de la balanza.

- Contenedor de la muestra – Es una canasta de malla de alambre de 3.35 mm (No. 6) o una cubeta de aproximadamente igual ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 L para agregados de tamaño nominal máximo de 31.5 mm (1 ½ pulg) o menor, y un contenedor de mayor tamaño conforme se requiera para el ensayo de agregados de tamaños máximos mayores. El contenedor debe estar construido de tal forma que evite el atrape de aire cuando está sumergido.

- Tanque de agua -El cual se coloca el contenedor de la muestra mientras está suspendido bajo la balanza.

- Tamices– Un tamiz de 4.75 mm (No. 4) o de otros tamaños como se requiera.

- Horno– Capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

- Muestrear el agregado de acuerdo con la práctica (ASTM D 75).

- Rechazar todo el material que pasa el tamiz 4.75 mm (No. 4) por tamizado en seco y por lavado a fondo del material para remover el polvo u otros recubrimientos en la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material menor de 4.75 mm (No. 4), tales como los tamaños de agregados No. 8 y No. 9 de la clasificación ASTM D 448, usar un tamiz de 2.36 mm (No. 8) en lugar del tamiz de 4.75 mm (No. 4). Separar alternativamente el material más fino que retenga el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y ensayar este material más fino de acuerdo al método de ensayo (ASTM C 128).

(Si se usan en la muestra, agregados menores a 4.75 mm (No. 4), comprobar que las aberturas en el contenedor de la muestra sean menores que el mínimo tamaño de agregado usado, para evitar pérdida de material).

-La mínima masa de la muestra de ensayo a usar se da a continuación. Se permite el ensayo del agregado grueso en varias fracciones. Si la muestra contiene más de 15 % retenido en el tamiz de 37.5 mm (1 ½ pulg.) ensayar el material mayor de 37.5 mm en una o más fracciones de tamaño separadamente de las fracciones de menor tamaño. Cuando un agregado se ensaya en fracciones de tamaño separadas, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción, debe ser la diferencia entre las masas indicadas para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

Tabla (1.13)

Tamaño nominal máximo mm (Pulg)	Masa mínima de la muestra de ensayo Kg (lb)
12.5 (½) o menor	2 (4.4)
19.0 (¾)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (28)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Tabla (1.13) <http://www.inen.gob.ec/>

1.13.2 Procedimiento del Ensayo

- Secar la muestra de ensayo en el horno hasta masa constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, dejarla enfriar al aire a la temperatura del cuarto, por 1 a 3 h, para muestras de 37.5 mm (1 ½ pulg) de tamaño nominal máximo, o por un tiempo mayor para tamaños más grandes, hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura confortable para su manejo (Aproximadamente 50°C). A continuación se debe sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente por un período de $24 \pm 4 \text{ h}$.
- Cuando los valores de absorción y densidad relativa vayan a ser usados para el diseño de mezclas en las que los agregados estarán en su estado natural de humedad, el requisito de secado inicial es opcional, y si las superficies de las partículas de la muestra se han mantenido continuamente humedecidas hasta su ensayo, el requisito de inmersión en agua por $24 \pm 4 \text{ h}$ es también opcional.
- Remover la muestra de ensayo del agua y rodarla dentro de una tela absorbente grande, hasta que desaparezca el brillo del agua o humedad superficial desaparezca. Luego frotar individualmente las partículas. Se permite el uso de un flujo de aire para asistir en la operación de secado. Se debe tener cuidado de evitar la evaporación del agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Determinar la masa de la muestra de ensayo en la condición saturada de superficie seca (SSS). Registrar esta y las masas subsecuentes, con una aproximación de 0.5 g o del 0.05 % de la masa de la muestra la que sea mayor.
- La diferencia entre la masa en el aire y la masa cuando la muestra está sumergida en el agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra.
- El contenedor debe ser sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo y cubrir la muestra de ensayo, mientras se determina su masa aparente en el agua. El alambre de suspensión del contenedor debe ser de menor tamaño práctico para minimizar los posibles efectos de una longitud de inmersión variable.
- Secar la muestra de ensayo en el horno, hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, enfriarla en aire a temperatura ambiente del laboratorio por 1 a 3h, o

hasta que el agregado se halla enfriado a una temperatura confortable para su manejo (aproximadamente 50°C) y determinar su masa.

Cálculos.

Densidad relativa.

Densidad relativa (SH) seca al horno– Calcular la densidad relativa en base al agregado seco al horno, como sigue:

$$\text{Densidad relativa (SH)} = A / (B - C)$$

Donde:

A = Masa de la muestra de ensayo, seca al horno (SH), en el aire (g).

B = Masa de la muestra de ensayo, saturada de superficie seca (SSS) en el aire (g).

C = Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en el agua (g).

Densidad relativa (SSS) – Calcular densidad relativa en base al agregado saturado de superficie seca como sigue:

$$\text{Densidad relativa (SSS)} = B / (B - C)$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = A / (A - C)$$

Densidad.

Densidad seca al horno (SH)

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = 997.5 A / (B - C)$$

(Los valores constantes usados en los cálculos de 997.5 Kg/m³ y 62.25 lb/pie³ son la densidad del agua a 23° C).

Densidad (SSS) – Calcular la densidad en base al agregado saturado de superficie seca como sigue:

$$\text{Densidad (SSS) kg/m}^3 = 997.5 B / (B - C)$$

Densidad aparente – Calcular la densidad aparente como sigue:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = 997.5 A / (A - C)$$

Absorción– Calcular el porcentaje de absorción, como sigue:

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

(Algunas autoridades recomiendan usar la densidad del agua a 4° C (1000 kg/m³ ó 2.43 lb/pie³ como valores suficientemente exactos).

1.14 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) para Agregado Grueso y Agregado fino, Porcentaje de Vacíos. ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T19/T19M, NTE INEN 0858:2010.

Este método de ensayo permite determinar la densidad aparente ("masa unitaria") de un árido tanto en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en los áridos finos, gruesos o mezclas de áridos, basada en la misma determinación. Este método se aplica a los áridos que no exceden los 125 mm [5 pulg] de tamaño máximo nominal.

La masa unitaria se refiere a la terminología tradicional utilizada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, que es masa por unidad de volumen.

Los valores establecidos en unidades de pulgada-libra o en unidades del SI deben usarse en forma separada como norma, pues son adecuadas para la especificación con la que se usa este método de ensayo, salvo con respecto a los tamaños de los tamices y el tamaño nominal de los áridos, pues los valores del SI constituyen la norma. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes, por lo tanto, cada sistema debe ser empleado independientemente, sin combinar los valores de ninguna forma.

Este método de ensayo se emplea a menudo para determinar los valores de densidad aparente, utilizados por varios métodos para seleccionar la dosificación de las mezclas de hormigón.

La densidad aparente también puede emplearse para determinar la relación masa/volumen para establecer las conversiones en los acuerdos de compra. Sin

embargo, la relación entre el grado de compactación de los áridos en una unidad de transporte o pila de acopio y la alcanzada en este método, es desconocida. Además, los áridos contenidos en una unidad de transporte generalmente contienen humedad absorbida y superficial (la última afecta la densidad aparente), en cambio, este ensayo determina la densidad aparente en estado seco.

Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de huecos entre las partículas de áridos en base a la densidad aparente determinada por este método de ensayo.

1.14.1 Equipos

Balanza.- Que marque con una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, graduada como mínimo en 0.05 kg. [0.1 lb.]. El rango de uso deberá ser considerado para cubrir desde la masa del recipiente vacío hasta la masa del recipiente más su contenido.

Pisón - Una vara de acero, de 16 mm [5/8 pulg] de diámetro y aproximadamente 600 mm [24 pulg] de largo, con uno o ambos extremos redondeados en forma hemisférica, cuyo diámetro sea de 16 mm [5/8 pulg].

Recipiente de medida.- Un recipiente cilíndrico de metal, de preferencia provisto de asas. Deberá ser hermético, con la parte superior e inferior paralela y nivelada, y lo suficientemente rígido para mantener su forma a pesar del mal trato. La medida deberá tener una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso la altura podrá ser inferior al 80% ni superior al 150% del diámetro.

El tamaño señalado del recipiente deberá usarse para ensayar áridos de tamaño máximo nominal igual o menor que los mencionados. El volumen real del recipiente deberá ser de al menos un 95% del volumen nominal mencionado.

La pared interior de la medida debe ser una superficie suave y continua.

La capacidad de la medida deberá adecuarse a los límites:

Tabla (1.14)

Tamaño máximo nominal de los áridos		Capacidad del recipiente	
Pulg.	mm	Ft ³	L (m ³)
1/2	12,5	1/10	2,8 (0,0028)
1	25,0	1/3	9,3 (0,0093)
1 1/2	37,5	1/2	14 (0,014)
3	75	1	28 (0,028)
4	100	2 1/2	70 (0,070)
5	125	3 1/2	100 (0,100)

Muestreo

Obtenga la muestra de acuerdo con la Práctica ASTM D 75, y reduzca el tamaño de la muestra de ensayo de acuerdo con la Práctica ASTM C 702.

Muestra de ensayo

El tamaño de la muestra de ensayo deberá ser de aproximadamente un 125 a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente, y deberá ser manipulada de manera de evitar la segregación. Seque la muestra de ensayo hasta masa constante, de preferencia en un horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ [$230 \pm 9^{\circ}\text{F}$].

Calcule el volumen del recipiente

Los recipientes deben ser re-calibrados al menos una vez al año o cuando existan dudas sobre la precisión de la calibración.

Tabla (1.14) <http://www.inen.gob.ec/>

1.14.2 Procedimiento

El procedimiento suelto para la densidad aparente en condición suelta deberá utilizarse sólo cuando quede estipulado específicamente. De lo contrario, la densidad aparente en condición compactada será determinada por el procedimiento de apisonado o varillado para los áridos que posean un tamaño máximo nominal de 37,5 mm [1 1/2 pulg] o menos, o por el procedimiento asentado para áridos de tamaño máximo nominal mayor a 37,5 mm [1 1/2 pulg] y que no excedan las 155 mm [5 pulg].

Procedimiento apisonado o varillado.

Llene un tercio del recipiente y nivele la superficie con los dedos. Apisone la capa de áridos con 25 golpes de pisón distribuidos en forma pareja sobre la superficie. Llene el segundo tercio del recipiente y nuevamente nivele y apisone de la manera indicada. Finalmente, llene el recipiente hasta rebasar el borde y apisone de la manera señalada. Nivele la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las partículas más grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparezcan en la superficie.

Al apisonar la primera capa, no se debe apisonar o golpear violentamente el fondo del recipiente. Al apisonar la segunda y tercera capa, hágalo vigorosamente, pero sin que el pisón atraviese la capa previa de áridos.

Al apisonar los tamaños mayores de áridos gruesos, podría ser imposible penetrar la capa que está siendo consolidada, especialmente con áridos angulares. El objetivo del procedimiento se alcanzará si se emplea un esfuerzo vigoroso.

Determine la masa del recipiente con su contenido, y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,05 kg [0,1 lb] más cercana.

Procedimiento asentado.

Llene el recipiente con tres capas aproximadamente iguales de áridos. Compacte cada capa colocando el recipiente sobre una base firme, como un piso de hormigón de cemento, levantando los lados opuestos alternadamente unas 50 mm [2 pulg], y permitiendo que el recipiente caiga con un golpe seco. Mediante este procedimiento,

las partículas de los áridos se acomodarán en una condición densamente compactada. Compacte cada capa dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces en cada lado. Nivela la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente.

Determine la masa del recipiente con su contenido, y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,05 kg [0,1 lb] más cercana.

Procedimiento suelto.

Llene el recipiente hasta rebasar, descargando los áridos desde una altura que no exceda los 50 mm [2 pulg] sobre la parte superior del recipiente. Evite al máximo la segregación de las partículas de la muestra. Nivela la superficie de los áridos con los dedos o con una regla de manera que las proyecciones de las piezas grandes de los áridos gruesos rellenen equilibradamente los espacios más grandes que aparecen bajo la superficie del recipiente.

Determine la masa del recipiente con su contenido y la masa del recipiente solo, e informe los valores aproximados a la 0,05 kg [0,1 lb] más cercana.

Cálculos:

$$\text{Masa Unitaria} = \frac{\text{Masa Muestra} - \text{Masa Molde}}{\text{Volumen Molde}}$$

Porcentaje de vacíos - Calcule el contenido de huecos en los áridos empleando la densidad aparente determinada por los procedimientos apisonado, asentado o suelto, como sigue:

$$\% \text{Vacíos} = \frac{[S \times \text{Mu} - \text{Da}]}{S \times \text{Da}} \times 100$$

Mu = Masa unitaria (peso volumétrico), kg/ m³

S = densidad relativa o gravedad específica (en condición seca) como se determina con el Método de ensayo C 127 ó C 128, y

D_a = densidad del agua, 1 kg/ m³

1.15 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO M 80, NTE INEN 696 2011. Módulo de finura.

Los requisitos de las normas ASTM C 33 o AASHTO M80, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones, a veces, son más restrictivas. La granulometría más deseable para el agregado fino depende del tipo de obra, si la mezcla es rica y del tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se usan agregados gruesos de pequeñas dimensiones, es conveniente, para que se logre una buena trabajabilidad, que la granulometría se aproxime al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada tamiz. En general, si se mantiene constante la relación agua-cemento y se elige correctamente la relación agregado fino-agregado grueso, se puede usar un amplio rango de granulometrías, sin efectos considerables sobre la resistencia. Sin embargo, algunas veces, se logrará la mayor economía con el ajuste de la mezcla de concreto para que se adapte a la granulometría de los agregados locales.

La granulometría de los agregados finos de acuerdo con las norma ASTM C 33, es generalmente satisfactoria para la mayoría de los concretos. Los límites granulométricos del agregado fino son:

Tabla (1.15)

Tamiz		Porcentaje que pasa (en masa)
9.5mm	3/8 pulg	100
4.75mm	No 4	95 a 100
2.36mm	No.8	80 a 100
1.18mm	No 16	50 a 85
600µm	No. 30	25 a 60
300µm	No. 50	10 a 30
150µm	No.100	2 a 10

Tabla (1.15) <http://www.inen.gob.ec/>

Las especificaciones de la AASHTO, permiten que los porcentajes mínimos (por masa) de material que pasa en los tamices de 300 μm (No.50) y 150 μm (No.100) se reduzcan a 5% y 0%, respectivamente, desde que:

- Se use el agregado en un concreto con aire incluido (incorporado) que contenga más de 237 kg de cemento por m^3 de concreto y más del 3% de contenido de aire (AASHTO)

- Se use el agregado en un concreto que contenga más de 297 kg de cemento por m^3 de concreto, cuando el concreto no tenga aire incluido (AASHTO).

- Se use material cementante suplementario aprobado (aditivo), a fin de suministrar la deficiencia de material que pasa en los dos tamices.

Otros requisitos de la ASTM C 33 son:

- El agregado fino no debe contener más del 45% de material retenido entre cualesquiera dos tamices normalizados consecutivos.

- El módulo de finura debe ser mayor que 2.3 y menor que 3.1, y no debe variar más que 0.2 del valor típico de la fuente del agregado. Si se excede este valor, el agregado se debe rechazar, a menos que se hagan ajustes adecuados en la proporción entre los agregados fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan a través de los tamices de 300 μm (No. 50) y de 150 μm (No. 100) afectan la trabajabilidad, la textura superficial, el contenido de aire y el sangrado (exudación) del concreto. La mayoría de las especificaciones permite un porcentaje que pasa en el tamiz 300 μm (No. 50) del 5% al 30%. El límite más bajo puede ser suficiente para condiciones de fácil colocación o cuando el acabado del concreto sea mecánico, como ocurre en los pavimentos. Sin embargo, en pisos acabados manualmente, o donde se desee una textura superficial lisa, se debe usar un agregado fino con, por lo menos, 15% de masa que pase en el tamiz 300 μm (No. 50) y 3% o más en el tamiz 150 μm (No. 100).

El módulo de finura.- del agregado fino, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre cien.

Se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3, y 3.1 o, donde un valor menor que 2,3 indica una arena fina 2.5 una arena de finura media y más de 3.1 una arena gruesa.

1.16 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino. ASTM C 128, NTE INEN 856.

La densidad relativa o densidad específica (peso específico) de un agregado es la relación de su masa respecto la masa de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para dosificación de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9.

Definiciones.

- Absorción del Agua– Es el incremento en la masa del agregado debido a la penetración de agua entre los poros de las partículas durante un período de tiempo indicado, pero no incluyendo el agua adherida a la superficie externa de las partículas. Se le expresa como un porcentaje de la masa seca.

- Seca al horno (sh) – En relación a las partículas del agregado es la condición en la cual los agregados han sido secados por calentamiento a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ en un horno, y por el tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.

- Saturada de superficie seca (sss) – relacionado a las partículas del agregado. Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado periodo de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

- Densidad relativa– Es la relación entre la densidad de un material y la densidad de agua destilada a una temperatura dada. Los valores son a-dimensionales.

- Densidad relativa (sh) – Es la relación entre la densidad sea al horno (s) de un agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad relativa (sss) – Es la relación entre la densidad saturada de superficie seca (sss) de un agregado, a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad relativa aparente– Es la relación entre la densidad aparente de un agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura dada.

- Densidad– Es la masa por unidad de volumen de un material expresada en kilogramos por metro cúbico.

- Densidad (sh)– Es la masa seca al horno del agregados por unidad de volumen de las partículas, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables dentro de las partículas, pero no incluyendo los vacíos entre las partículas.

- Densidad (sss) – Es la masa saturada de superficie seca del agregado de los poros impermeables y de los poros permeables llenos de agua de las partículas, pero no incluyendo los vacíos entre las partículas.

- Densidad aparente– Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de los agregados.

Equipo y material.

- Balanza con aproximación al 0.1 gr.

- Cono truncado

- Pisón

- Embudo

- Probeta de 500 ml. de capacidad

- Gotero

- Pipeta

- Horno o estufa
- Charola de aluminio
- Espátula
- Arena saturada y superficialmente seca

Procedimiento.

Para la determinación de la densidad relativa de arena:

1. Se satura la arena por 24 hrs, se le retira el agua y se logra el estado de saturado y superficialmente seco; esto se logra al tender la arena en una superficie limpia y seca, moviéndola y usamos un secador de cabello hasta se logre el estado superficialmente seco, para verificar esto, se utiliza el cono truncado, el cual se llena con la arena en 2 capas, dándole 15 golpes con el pisón a la primera capa y 10 golpes a la segunda capa, se enrasa y se retira el cono sin hacer movimientos laterales, si la arena se queda formado el cono, esto nos dice que la arena tiene exceso de humedad, por lo cual se continúa secando y se repite lo antes descrito, hasta que en cono de arena se desmorone lentamente; que será cuando la arena llegó al estado de saturado y superficialmente seco.

2. Se usan 2 muestras de 500 grs. cada una de arena (sss), se vierte una muestra de arena a la probeta, empleando para esto un embudo y en la parte inferior del matraz se coloca un fôlder, por si se cae algo de material pueda ser recogido posteriormente y vaciarlo a la probeta. Obtenemos la masa de la probeta + arena (sss).

La otra muestra se somete al secado total, ya sea en la estufa o en el horno, para obtener la masa seca de arena (sh) = A

3. Se extrae el aire atrapado en la arena dentro de la probeta.

4. Se completa la capacidad del matraz con agua hasta la marca de aforo, de tal manera que la parte inferior del menisco coincida con la marca (500 ml).

5. Se mide la masa de la probeta + agua + arena (sss).

6. Se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula siguiente y se obtiene la densidad relativa:

$$\text{Densidad relativa (sh)} = A / (B - C)$$

Donde:

A = Masa (sh) de la arena.

B = Masa (sss) = 500 gr.

C = Masa de agua en la probeta hasta la marca de calibración.

C = Masa de la probeta + agua + arena (sss) – (masa de la probeta + arena (sss))

Porcentaje de absorción de la arena.

Objetivo.

Determinar la cantidad de agua que absorbe la arena para concreto, expresando esta en porcentaje con respecto al peso seco de la arena.

Procedimiento:

Se obtiene el porcentaje de absorción por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \cdot 100 = \frac{500 - A}{A} \cdot 100$$

1.17 Contenido de humedad natural de los agregados (fino y grueso) ASTM D2216-98, ASSHTO T 265, NTE INEN 862.

Objetivo.

Determinar la cantidad de agua que poseen los agregados en estado natural, con respecto a la masa seca de la muestra. Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto, con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado.

Fórmula:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} 100 = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa del agregado}} 100$$

Procedimiento.

1. Se anota el número del recipiente y se mide su masa, anotándola como tara (T).
2. Se vacía el agregado humedad natural al recipiente y se mide su masa, anotándola como tara + agregado húmedo (T + Ah).
3. Se pone a secar el agregado al horno por 24 horas a $110 \pm 5^\circ \text{C}$
4. Se procede a medir la masa de lo que sería el recipiente + agregado (T + A's)
6. Y se realizan los cálculos para determinar el contenido de agua.

$$w = \frac{(T + Ah) - (T + A's)}{(T + A's) - T} 100$$

La cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto, se debe ajustar a las condiciones de humedad de los agregados de manera que cubra los requerimientos de agua. Si el contenido de agua de la mezcla de concreto no se mantiene constante, la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y otras propiedades variarán de una parada o revoltura a otra. Los contenidos de agua libre, normalmente varían desde 0.5% hasta 2% para el agregado grueso y desde 2% hasta 6% para el agregado fino. La mayoría de los agregados finos pueden mantener un contenido de humedad drenado máximo, aproximadamente de 3% a 8%, mientras que los agregados gruesos sólo pueden mantener aproximadamente de 1% a 6%.

1.18 Ensayo Determinación de la Estabilidad a la Disgregación de los Agregados Mediante el Uso del Sulfato de Sodio o del sulfato de Magnesio (resistencia a los sulfatos) ASTM T88, AASHTO T 104.

Este método cubre el ensayo de agregados para estimar su estabilidad a la disgregación cuando están sometidos a una acción de intemperismo u otras acciones. Esto se lleva a cabo con la inmersión repetida del agregado en soluciones saturadas de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio, seguidas de secado al horno hasta

deshidratar parcial o totalmente las sales precipitadas en los espacios de los poros permeables. La fuerza expansiva interna derivada de la rehidratación de la sal bajo la re-inmersión, simula la expansión del agua al congelarse. Este método proporciona información útil para juzgar la estabilidad de los agregados cuando no hay información adecuada disponible de los registros de comportamiento del material expuesto a las condiciones de meteorización reales.

Los valores para el porcentaje de pérdida permitido por este método de ensayo son usualmente diferentes para los agregados finos y para los agregados gruesos y llama la atención el hecho de que los resultados por el uso de las dos sales difieren considerablemente y se debe tener el cuidado en establecer límites apropiados en cualquier especificación que incluya requisitos para estos ensayos. El ensayo es usualmente más severo cuando se usa sulfato de magnesio; en consecuencia los límites para el porcentaje de pérdida permitido cuando se usa sulfato de magnesio, son normalmente mayores que los límites permitidos cuando se usa sulfato de sodio.

Se debe hacer referencia a la especificación ASTM C33 que establece las condiciones de aceptación de los agregados gruesos y los agregados finos, que no cumplen con los requisitos de este ensayo.

1.18.1 Equipo.

- Tamices – Deben ser de aberturas cuadradas.
- Recipientes– Los recipientes para sumergir las muestras de agregado en la solución.
- Balanzas – Para el agregado fino una balanza con una exactitud dentro de 0.1g. Para el agregado grueso, se necesita una balanza con una exactitud de 0.1% o de 1g.
- Horno de secado –Capaz de ser calentado continuamente hasta $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Algunos agregados que contienen carbonatos de calcio o de magnesio pueden ser atacados químicamente por las soluciones frescas de sulfato, dando resultados erróneamente altos de pérdidas.

1.18.2 Procedimiento del Ensayo.

Para la solución con sulfato de sodio se considera suficiente usar 215g de sal anhidra o 700g del deca-hidrato (sal cristalina) por litro de agua, para la saturación a 22°C. Sin embargo dado que estas sales no son completamente estables y tomando en cuenta que es deseable que esté presente un exceso de cristales, se recomienda usar no menos de 350g de la sal anhidra, o 750g del deca-hidrato (sal cristalina), por litro de agua.

Para la solución con sulfato de magnesio se considera suficiente usar 350g de sal anhidra o 1230g del hepta-hidrato (sal cristalina) por litro de agua, para alcanzar la saturación a 22°C. Sin embargo, dado que estas sales no son completamente estables, siendo la sal hidratada la más estable de las dos, y dado que es deseable que esté presente un exceso de cristales, se recomienda que se use la sal de hepta-hidrato y en una cantidad no menor de 1400g por litro de agua.

Agregado fino – El agregado fino para el ensayo se pasa a través de un tamiz de 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). La muestra debe ser de tal tamaño que produzca no menos de 100g de cada uno de los tamaños siguientes, que deben estar disponibles en cantidades del 5% o mayores, expresados en términos de los siguientes tamices:

Tabla (1.16)

Pasa por tamiz	Retenido en tamiz
600 μ m (No. 30)	300 μ m (No. 50)
1.18 mm (No. 16)	60 μ m (No. 30)
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No. 8)
9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg)	4.75 mm (No.4)

Tabla (1.16) <http://www.inen.gob.ec/>

Agregado grueso – El agregado grueso para el ensayo debe consistir de material del que hayan sido removidos los tamaños menores que 4.75 mm (No.4). La muestra debe ser de tal tamaño que produzca por lo menos las siguientes cantidades del material:

Tabla (1.17)

Tamaño (Tamices de malla cuadrada)	Masa, g
9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) a 4.75mm (No.4)	300 $\pm$ 5
19.0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) a 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg)	1000 $\pm$ 5
Consistente de:	
12.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg) a 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg)	330 $\pm$ 5
19.0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) a 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg)	670 $\pm$ 10
37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ pulg) a 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg)	1500 $\pm$ 50
Consistente de:	
25.0mm (1pulg) a 19.0mm ($\frac{3}{4}$ pulg)	500 $\pm$ 30
37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ pulg) a 25.0 mm (1pulg)	1000 $\pm$ 50
63.mm ($2\frac{1}{2}$ ") a 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ pulg)	5000 $\pm$ 300
Consistente de:	
50 mm (2") a 37.5mm ($1\frac{1}{2}$ pulg)	2000 $\pm$ 200
63 mm ($2\frac{1}{2}$ ") a 50 mm (2 pulg)	3000 $\pm$ 300
Tamaños mayores por intervalos de tamaño de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg) por cada tracción,	
Consistentes de:	
75.mm (3 pulg) a 63 mm ($2\frac{1}{2}$ pulg)	7000 $\pm$ 1000
90.mm ($3\frac{1}{2}$ pulg) a 75 mm (3 pulg)	7000 $\pm$ 1000
100 mm (4 pulg) a 90 mm ($3\frac{1}{2}$ pulg)	7000 $\pm$ 1000

Tabla (1.17) <http://www.inen.gob.ec/>

Cuando el agregado a ser ensayado contenga cantidades apreciables de material fino y material grueso, teniendo una graduación con más de 10% en masa, más grueso que retiene el tamiz de 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg), y también de más de 10% en masa, más fino que retiene el tamiz de 4.75mm (No.4), se deben ensayar separadamente las fracciones de tamaños menores a 4.75 mm (No.4) y las fracciones de tamaños mayores a 4.75 mm (No.4) de acuerdo con los procedimientos para agregado fino y agregado grueso, respectivamente. Se informa por separado los resultados para las fracciones de agregados fino y de agregado grueso, dando los porcentajes de la graduación inicial de las fracciones de agregado fino y de agregado grueso.

Preparación de la muestra de ensayo

Agregado fino– Se lava completamente la muestra de agregado fino en un tamiz de 300 μ m (No. 50) se seca a masa constante, a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se separa en sus diferentes tamaños por tamizado como sigue: se hace una separación aproximada de la muestra graduada por medio de la serie de tamices señalados. De las fracciones obtenidas de esta forma, se selecciona muestras de suficiente tamaño para producir 100g después de ser tamizados. (En general, una muestra de 110g se considera suficiente). No debe usarse el agregado fino que se quede pegado a las mallas de los tamices, al preparar las muestras. Se registran las masas de las muestras obtenidas ($100\text{g} \pm 0.1\text{g}$) de las fracciones separadas después del tamizado final y se colocan en recipientes separados para su ensayo.

Agregado grueso- Se lava completamente la muestra de agregado grueso y se seca a $110^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ luego, se separa en los diferentes tamaños indicados, por tamizado. Se registran las masas de las cantidades de los diferentes tamaños dentro de las tolerancias señaladas. En el caso de tamaños mayores a 19 mm ó ($\frac{3}{4}$ pulg), se registra el número de partículas de las muestras de ensayo.

Almacenaje de las muestras en la solución – se sumergen las muestras en la solución preparada de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio por un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de tal manera que la solución las cubra con un espesor de por lo menos 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg). Los recipientes de las muestras se tapan para reducir la evaporación y prevenir la adición accidental de sustancias extrañas.

Las muestras se mantienen sumergidas en la solución a una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por todo el periodo de inmersión.

Secado de las muestras después de la inmersión en la solución. – Después del período de inmersión, se remueve la muestra de agregado de la solución, se le permite drenar por 15 ± 5 min y se coloca en el horno de secado. La temperatura del horno debe ser llevada previamente a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Las muestras se secan a la temperatura especificada hasta alcanzar masa constante.

El tiempo requerido para obtener masa constante, se establece como sigue: con el horno conteniendo la máxima carga de muestras esperadas, se comprueban las pérdidas de masa de las muestras, removiéndolas y midiendo su masa sin enfriarlas, a intervalos de 2 a 4 horas. Se considera que se alcanzado la masa constante cuando la pérdida de masa sea menor 0.1% de la masa de la muestra en 4 horas de secado. Después de que se haya obtenido la masa constante, debe dejarse que las muestras se enfríen a la temperatura ambiente, y luego deben sumergirse en la solución preparada como se describe.

El tiempo de secado requerido para alcanzar masa constante puede variar considerablemente por varias razones. La eficiencia del secado se reducirá conforme los ciclos se acumulan y por las partículas de sal que se adhieren a las partículas de los agregados, en algunos casos es porque se incrementa el área superficial expuesta debido a la rotura de las partículas. Los diferentes tamaños de las fracciones de los agregados tendrán diferentes tiempos de secado. Los tamaños menores tienden a secarse más despacio dado su mayor área superficial y menores vacíos entre partículas, pero esta tendencia puede ser alterada por los efectos del tamaño y forma del recipiente contenedor.

Número de ciclos– Se repite el proceso de inmersión y secado alternados hasta que se completen 5 ciclos.

Después de completar el ciclo final y después que la muestra se haya enfriado, se lava la muestra hasta que esté libre de la solución de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio. Durante la operación de lavado las muestras no deben ser sometidas a golpes o abrasión que pueda tender a quebrar las partículas.

Examen cuantitativo.

Después de que se haya removido el sulfato de sodio o el sulfato de magnesio, se seca cada fracción de la muestra a masa constante a $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$. Se tamiza el agregado fino sobre el mismo tamiz en el cual fuera retenido antes del ensayo, y el agregado grueso se tamiza sobre el tamiz indicado abajo para el tamaño apropiado del agregado. Para el agregado fino, el método y la duración del tamizado debe ser el mismo que fuera utilizado en la preparación de las muestras de ensayo. Para el agregado grueso el tamizado debe hacerse manual, con agitación suficiente solamente para asegurar que todo el material de tamaño inferior pase por el tamiz designado, señalado abajo. No debe emplearse ninguna manipulación extra para romper las partículas o forzarlas a pasar por los tamices. Se mide la masa del material retenido en cada tamiz y se registra cada cantidad. La diferencia entre cada una de estas cantidades y la masa inicial de la fracción de la muestra ensayada, es la pérdida durante el ensayo y se expresa como un porcentaje de la masa inicial usada.

Tabla (1.18)

Fracciones de agregado Grueso y Tamiz designado para determinar la pérdida	
Tamaño del agregado	Tamiz usado para determinar la pérdida
100 mm (4pulg) a 90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)
90 mm (3½ pulg) a 75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)
75 mm (3 pulg) a 63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)
63 mm (2½ pulg) a 37.5 mm (1½ pulg)	31.5 mm (1¼ pulg)
37.5 mm (1½ pulg) a 19.0mm (¾ pulg)	16.0 mm (⅝ pulg)
19.0 mm (¾ pulg) a 9.5 mm (⅜ pulg)	8.0 mm (5/16 pulg)
9.5 mm (⅜ pulg) a 4.75 mm (No.4)	4.0 mm (No. 5)

Tabla (1.18) <http://www.inen.gob.ec/>

Examen cualitativo

Se hace el examen cualitativo de las muestras de ensayo de las partículas más gruesas que retiene el tamiz de 19.0 mm (3/4 pulg).

Las acciones de deterioro esperadas son de muchos tipos. En general pueden ser clasificadas como: desintegración, rotura, desmoronamiento, agrietamiento, formación de escamas, etc. Aunque solo se requiere que se examine cualitativamente las partículas mayores de 19mm (3/4 pulg), se recomienda que se realice un examen de los tamaños menores, para determinar si existe alguna evidencia de una rotura excesiva.

Se registra el número de partículas retenidas en los tamices.

1.19 Ensayos Petrográficos del Agregado Grueso ASTM C 295, NTE INEN 870.

Objetivo

Determinar las características texturales de las rocas

Identificar mediante porcentajes los contenidos minerales de cada muestra.

Definir en base a su contenido mineralógico el nombre de la roca

Para este caso de identificación “Estudio petrográfico de minerales” se ha realizado acorde con las especificaciones de la norma ASTM C 295 “Guía estándar para examen petrográfico de agregados para hormigón”

Alcance

Identificar con precisión el nombre de la roca y sus minerales

Estudio microscópico (Análisis petrográfico)

Las muestras deben ser cortadas mediante una sierra diamantada de baja velocidad. Este tipo de sierra utiliza agua como lubricante, para evitar tanto la deformación mecánica de los componentes y matriz por fricción ocasionando cambios.

Láminas delgadas las secciones de roca cortadas serán impregnadas en frío mediante una resina una de las caras de la muestra es desbastada a mano mediante el empleo

de polvo abrasivo de carborundum de tamaño de grano sucesivamente más fino. Se efectuó el pegado a un porta-objetos de vidrio tamaño geológico estándar mediante una resina de curado de índice de refracción similar al bálsamo del Canadá.

La muestra fue adelgazada hasta aproximadamente 100 micras utilizando una laminadora, el acabado de la muestra se realizó a mano utilizando polvo abrasivo de carborundum hasta obtener una lámina de aproximadamente 30 micras de grosor.

Para el análisis petrográfico se prepararon 4 láminas delgadas de las muestras previamente seleccionadas. El estudio se realizó a través de un microscopio binocular de luz transmitida para determinar texturas macroscópicas y el microscopio petrográfico de polarización de transmisión/refracción para mayor detalle. Estos estudios se enfocaron a la descripción a detalle de las características petrográficas.

Reacción álcali-sílice.

La combinación del cemento con el agua en el seno del concreto genera un medio altamente alcalino donde las partículas de agregado se encuentran inmersas. En estas condiciones, algunos agregados reaccionan químicamente con el medio de contacto, dando lugar a la formación de un gel que, al absorber agua, se expande y crea presiones capaces de desintegrar el concreto. Estas reacciones químicas, denominadas genéricamente álcali-agregado, han sido causa del deterioro prematuro de importantes estructuras de concreto en diversas partes del mundo.

La reacción álcali-sílice, que es un tipo de reacción álcali-agregado, inicia cuando los hidróxidos alcalinos (NaOH, KOH) presentes en el fluido de poro del concreto atacan la superficie de los minerales silicios en el agregado, formando un gel y ocasionando una alteración de la superficie del agregado, conocida como borde de reacción. El gel resultante tiene una gran afinidad con el agua y, consecuentemente, una tendencia a incrementar su volumen. El gel expandido ejerce una presión interna que es suficiente para fracturar el concreto produciendo agrietamientos. A estos factores se suma un tercero, representado por la humedad, que más bien funge como un agente catalizador de la reacción. También hay que tomar en cuenta las proporciones en que se hallan los elementos participantes.

El mayor riesgo de que se produzca una reacción nefasta ocurre cuando se reúnen tres condiciones en el concreto:

1. El uso de un cemento portland de alto contenido de álcalis (más de 0,60 por ciento expresado como Na_2O); particularmente si el contenido de álcalis en el concreto excede los 3 kg/m^3 .
2. El empleo de agregados que contengan rocas y minerales reactivos con los álcalis en las proporciones que resulten críticas para cada tipo de roca o mineral.
3. La exposición de la estructura de concreto en servicio a un medio de contacto húmedo principalmente cuando se producen alteraciones de humedecimiento y secado, o disipación de humedad a través del concreto.

Debido a que en ocasiones es imposible sustituir el agregado reactivo porque con frecuencia no resulta económico, es necesario someter a prueba los agregados seleccionados para producir concreto. Se recomiendan los análisis petrográficos y estudios siguientes para identificar y verificar el carácter reactivo de los agregados con los álcalis.

Participan en la reacción álcali-sílice los áridos de uso común, los cuales proceden de rocas volcánicas y que tienen sílice amorfa o crypto-cristalina en su composición. Ópalo, calcedonia, tridimita, cristobalita, vidrio crypto-cristalino, rocas volcánicas (composición ácida) así como riolitas, andesitas, algunas zeolitas y ciertas filitas (composición intermedia), argilitas, cuarcitas, granito, gneiss, son ejemplos de áridos reactivos con los álcalis.

1.20 Diseño de hormigón.

1.20.1 Características de los materiales.

1.20.1.1 Cemento.

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos (ripio y arena) y agua, crea

una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón o concreto.

Historia.

Desde la antigüedad se emplearon pastas y morteros elaborados con arcilla o greda, yeso y cal para unir mampuestos en las edificaciones. Fue en la Antigua Grecia cuando empezaron a usarse tobas volcánicas extraídas de la isla de Santorini, los primeros cementos naturales. En el siglo I a. C. se empezó a utilizar el cemento natural en la Antigua Roma, obtenido en Pozzuoli, cerca del Vesubio. En el siglo XVIII John Smeaton construye la cimentación de un faro en el acantilado de Eddystone, en la costa Cornwall, empleando un mortero de cal calcinada. El siglo XIX, Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el *Portland Cement*, denominado así por su color gris verdoso oscuro similar a la piedra de Portland. Isaac Johnson, en 1845, obtiene el prototipo del cemento moderno, con una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura. En el siglo XX surge el auge de la industria del cemento, debido a los experimentos de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaélis, que logran cemento de calidad homogénea; la invención del horno rotatorio para calcinación y el molino tubular y los métodos de transportar hormigón fresco ideados por Juergen Heinrich Magens que lo patenta entre 1903 y 1907.

Fabricación del cemento portland.

Los materiales básicos que conforman el cemento son:

Caliza (CaO), Dióxido de Carbono (CO_2), Dióxido de Silicio (SiO_2), Óxido de Aluminio (Al_2O_3), Óxido de Hierro (Fe_2O_3).

El proceso comprende de varias etapas entre las cuales podemos citar:

- Una vez que se dosifican las cantidades necesarias de los componentes, se los trituran para facilitar su combinación.
- La materia prima triturada se introduce en un horno giratorio.
- Los hornos están ligeramente inclinados y a medida que desciende la materia prima a través del horno, se va calcinando a una temperatura de 1500°C .

-Durante la calcinación en la fabricación del clinker de cementos portland, el óxido de calcio se combina con los componentes ácidos de la materia prima para formar cuatro compuestos fundamentales que constituyen el 90% del peso del cemento. También se encuentran presentes yeso y otros materiales. A continuación se presentan los compuestos fundamentales, sus fórmulas químicas, y sus abreviaturas:

Silicato tricálcico = 3CaO SiO_2 C_3S

Silicato dicálcico = 2CaO SiO_2 C_2S

Aluminato tricálcico = $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ C_3A

Alúminoferrito tetracálcico = $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$ C_4AF

El silicato tricálcico, C_3S , se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor con porcentajes superiores de C_3S .

El silicato dicálcico, C_2S , se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

El aluminato tricálcico, C_3A , libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana. El yeso, que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C_3A . Sin el yeso, un cemento que contuviera C_3A fraguaría rápidamente. Los cementos con bajos porcentajes de C_3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

El alúminoferrito tetracálcico, C_4AF , reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez pero contribuye mínimamente a la resistencia. La mayoría de efectos de color se debe al C_4AF y a sus hidratos.

-El material tarda unas 6 horas en pasar de un extremo a otro en el horno y después de salir del mismo el clinker se enfría con rapidez.

-Después de enfriarse el clinker, se lo tritura para formar un polvo fino llamado Cemento Portland, el cual pasa por una empacadora o es almacenado en silos.

Peso volumétrico suelto.

El cemento a granel se mide en toneladas métricas y los sacos de cemento tienen un peso de 50 kg.

La densidad real del cemento Portland a granel puede variar considerablemente dependiendo de su manejo y almacenamiento.

Tipos de Cemento Portland

Los Cementos Portland por lo general se fabrican en 5 tipos cuyas propiedades se han normalizado en base a las especificaciones de la ASTM.

Los diversos tipos de cemento se fabrican y se distinguen de acuerdo a las características tanto físicas como químicas.

Cemento Tipo I: Este es el cemento portland ordinario para usarse cuando no se requieren propiedades especiales. Cuando el cemento portland ordinario va a estar expuesto al efecto de las heladas, entonces se especifica el tipo IA. Este es semejante al tipo I excepto en que se le ha añadido un agente inclusor de aire.

Cemento Tipo II: Este tipo es una ligera variación del Tipo I y se usa cuando está indicado algo de resistencia a los sulfatos, o cuando es necesario un calor de hidratación algo menor. El tipo IIA debe usarse cuando son necesarias simultáneamente elevadas resistencias a la helada y al efecto de los sulfatos.

Cemento Tipo III: Está proyectado para usarse donde es necesaria una elevada resistencia inicial debido a la situación especial de la construcción. Varios factores pueden contribuir a esta elevada resistencia inicial.

-La resistencia inicial se puede aumentar químicamente usando un porcentaje más elevado de silicato tricálcico.

-La hidratación y el endurecimiento se puede aumentar físicamente moliendo el cemento en partículas más finas. El área de la superficie del cemento expuesta a la

acción del agua, y por lo tanto la rapidez de la hidratación parcialmente depende de la finura de las partículas individuales del cemento.

Cemento Tipo IV: Se lo utiliza cuando el calor de hidratación debe mantenerse en un mínimo absoluto. Como ya se ha mencionado, esto se puede efectuar químicamente usando cantidades mínimas de silicato y aluminato tricálcico. Para reducir el calor desarrollado, pueden ser necesarias otras medidas para controlar la temperatura en estructuras de concreto de gran espesor. Entre las medidas tomadas para el control del calor están las siguientes: el control de las temperaturas de colado en los materiales que constituyen el concreto y el uso de soluciones enfriadoras que se hacen circular por tuberías ahogadas en el concreto.

Cemento Tipo V: Se especifica para usarse en estructuras muy expuestas al efecto de los sulfatos. Esta condición se presenta con mayor frecuencia en las estructuras hidráulicas que llevan aguas con elevada proporción de álcali. La resistencia a los sulfatos puede aumentarse químicamente reduciendo la proporción de aluminato tricálcico.

1.20.1.2 Agregados (arena y grava).

Fino (arena).

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm.

Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo; deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Se debe ensayar las muestras de agregado fino según norma ASTM C 33

Agregado grueso (grava).

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 4.8 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm como máximo.

Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo, deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, sin recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean divisibles o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

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

El tamaño máximo de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual todo el agregado debe pasar. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado.

El tamaño máximo del agregado que puede ser empleado dependiendo generalmente del tamaño y forma del elemento de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo. Por lo general el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe sobrepasar:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
2. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
3. Un tercio del peralte de las losas.

Estos requisitos se pueden rebasar si, en opinión del ingeniero, la mezcla tiene la trabajabilidad suficiente para colocar el concreto sin que se formen vacíos.

Tabla (1.19)

Cantidades que pasan cada malla de laboratorio (aberturas cuadradas), por ciento en masa														
#	Mallas	(100 mm) 4 pulg	(90 mm) 3.5 pulg	(75 mm) 3 pulg	(63 mm) 2.5 pulg	(50 mm) 2 pulg	(37.5 mm) 1.5 pulg	(25.0 mm) 1 pulg	(19.0 mm) ¾ pulg	(12.5 mm) ½ pulg	(9.5 mm) 3/8 pulg	(4.75 mm) No.4	(2.36 mm) No.8	(1.18 mm) No.16
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100	----	25 a 60	----	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----
2	63 a 37.5 mm	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----
3	50 a 25.0 mm	----	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----
357	50 a 4.75 mm	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	----	0 a 5	----	----
4	37.5 a 19.0 mm	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----
67	37.5 a 4.75 mm	----	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	0 a 5	----	----
5	25.0 a 12.5 mm	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	----	----
56	25.0 a 9.5 mm	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	----	----
57	25.0 a 4.75 mm	----	----	----	----	----	100	95 a 100	----	25 a 60	----	0 a 10	0 a 5	----
6	19.0 a 9.5 mm	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	----	----
67	19.0 a 4.75 mm	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	----	25 a 55	0 a 10	0 a 5	----
7	12.5 a 4.75 mm	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	----
8	9.5 a 2.36 mm	----	----	----	----	----	----	----	----	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

1.20.1.3 Agua

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

Tabla (1.19) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

Cloruros. La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo o de los torones de hormigón pre-esforzado. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto.

El Reglamento de construcción del *American Concrete Institute*, ACI 318, limita el contenido de ión cloruro soluble al agua en el concreto, a los siguientes porcentajes en peso del cemento:

- Concreto pre-esforzado. 0.06%
- Concreto reforzado expuesto a cloruros durante su servicio. 0.15%
- Concreto reforzado que vaya a estar seco protegido contra la humedad durante su servicio. 1.00%
- Otras construcciones de concreto reforzado 0.30%

Sulfatos. El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del

producto químico sulfato, como SO_4 , de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

1.20.1.4 Aditivos

Existen aditivos químicos que, en proporciones adecuadas, cambian (mejoran) las características del hormigón fresco, del hormigón endurecido y del proceso de fraguado.

- Aditivos plastificantes

Son los más utilizados en nuestro medio, y permiten que la trabajabilidad del hormigón fresco mejore considerablemente, por lo que se los suele utilizar en hormigones que van a ser bombeados y en hormigones que van a ser empleados en zonas de alta concentración de armadura de hierro. Estos mismos aditivos pueden conseguir que, manteniendo la trabajabilidad de un hormigón normal, se reduzca la cantidad de agua de amasado mejorando con ello la resistencia del hormigón.

- Aditivos súper-plastificantes

También se los conoce en el mercado como reductores de agua de alto rango, que pueden convertir a un hormigón normal en un hormigón fluido, que no requiere de vibración para llenar todos los espacios, inclusive en sitios de difícil acceso para el hormigón. Así mismo, si se mantiene una trabajabilidad normal, estos aditivos permiten la reducción de la relación agua/cemento hasta valores cercanos a 0.30, consiguiéndose hormigones de mediana resistencia (entre 350 Kg/cm^2 y 420 Kg/cm^2) y hormigones de alta resistencia (mayores a 420 Kg/cm^2).

-Aditivos acelerantes:

Estos aditivos se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. Tal desarrollo de resistencia también se puede acelerar:

-Con el empleo de cemento Portland de alta resistencia a edad temprana.

-Reduciendo la relación agua-cemento.

-Curando a mayores temperaturas.

El cloruro de calcio (CaCl_2) es el material comúnmente usado en los aditivos acelerantes. Deberá cubrir los requisitos de la norma ASTM D 98 y también deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo con la norma ASTM D 345. El amplio uso de los aditivos a base de cloruro de calcio, ha brindado muchos datos y experiencias sobre su efecto en las propiedades del concreto. Aparte del incremento en aceleración de resistencia, el cloruro de calcio produce un aumento en la contracción por secado, una posible corrosión del refuerzo, descoloramiento (oscurece al concreto), y posibles descascaramientos.

-Aditivos retardantes.

Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto. Las temperaturas altas en el concreto fresco (30° a 32°C y mayores), son frecuentemente la causa de una gran velocidad en el endurecimiento, lo que provoca que el vertido y acabado del concreto sea difícil. Uno de los métodos más prácticos de contrarrestar este efecto consiste en hacer descender la temperatura del concreto enfriando el agua de mezclado o los agregados. Los aditivos retardantes no bajan la temperatura inicial del concreto.

Los retardantes se emplean en ocasiones para:

- Compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto.
- Demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros, o bombear lechada o concreto a distancias considerables.
- Retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabado especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto.

Debido a que la mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua, se les denomina frecuentemente retardantes reductores de agua. Los retardantes también pueden incluir un poco de aire en el concreto.

En general, el empleo de retardantes va acompañado de una cierta reducción de resistencia a edades tempranas (uno a tres días). Los efectos de estos materiales en

las demás propiedades del concreto, tales como la contracción, pueden ser impredecibles. En consecuencia, se deberán efectuar pruebas de recepción de los retardantes con los materiales con que se va a trabajar en condiciones anticipadas de trabajo.

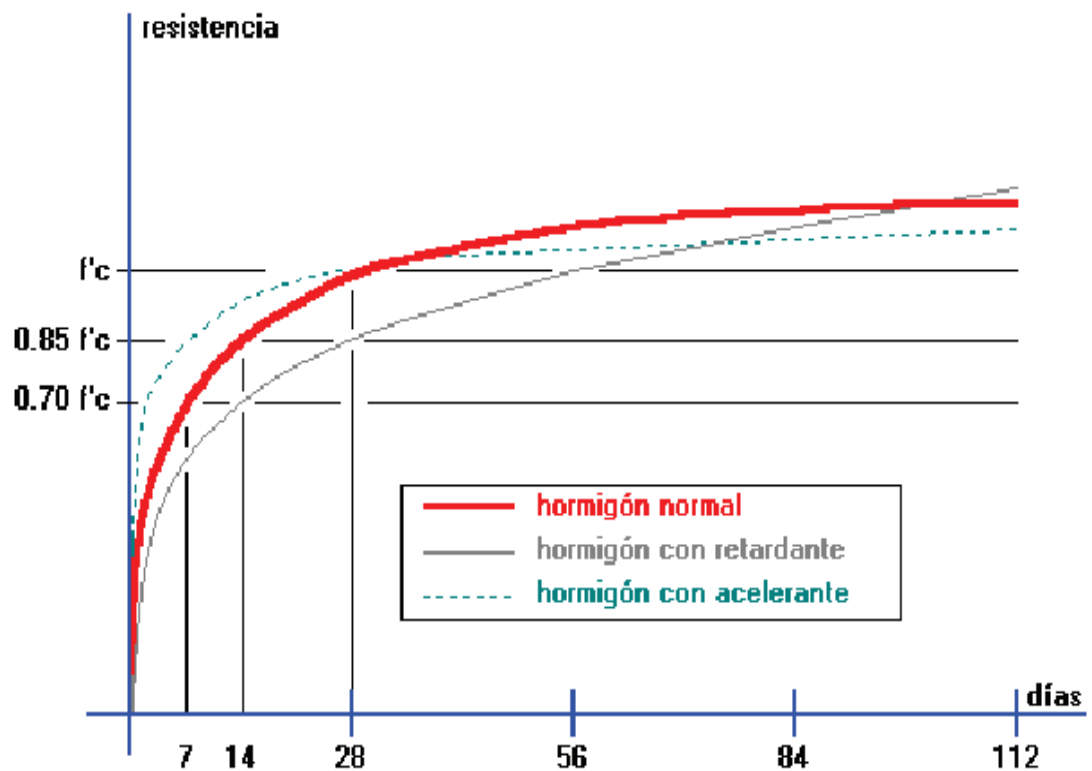
-Inclusores de aire.

Los aditivos inclusores de aire se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejorará drásticamente la durabilidad de los concretos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos descongelantes. También se ve mejorada de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar.

El concreto con aire incluido, contiene diminutas burbujas de aire distribuidas uniformemente en toda la pasta de cemento. La inclusión de aire en el concreto, se puede producir usando un cemento inclusor de aire, o con la introducción de un aditivo inclusor de aire, o con una combinación de ambos métodos. Un cemento inclusor de aire es un cemento portland con una adición inclusora de aire molida conjuntamente con el clinker durante la fabricación. Por otra parte, los aditivos inclusores de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes y durante el mezclado.

Las especificaciones así como los métodos de ensaye para los aditivos inclusores de aire se presentan en las normas ASTM C 260 y C 233. Las adiciones inclusoras de aire que se emplean en la fabricación de cementos inclusores de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 226.

Gráfica (1.20)



1.20.2 Especificaciones técnicas:

1.20.2.1 Resistencia.

La resistencia del hormigón a compresión se obtiene en ensayos de rotura a compresión de probetas cilíndricas normalizadas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con el mismo hormigón puesto en obra. Tabla (1.21)

Evolución de la Resistencia a compresión de un Hormigón Portland normal			
Edad del hormigón en días	3	7	28
Resistencia a compresión %	0,40	0,65	1,00

Gráfica (1.20) <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>

Tabla (1.21) <http://es.wikipedia.org/wiki>

En el proyecto previo de los elementos, la resistencia característica (f_c) del hormigón es aquella que se adopta en todos los cálculos como resistencia a compresión del mismo, y dando por hecho que el hormigón que se ejecutará resistirá ese valor, se dimensionan las medidas de todos los elementos estructurales.

La resistencia característica de proyecto (f_c) establece por tanto el límite inferior, debiendo cumplirse que cada parada de hormigón colocado tenga esa resistencia como mínimo. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los hormigones que se colocan y el 95% de los mismos debe ser superior a f_c , considerándose que con el nivel actual de la tecnología del hormigón, una fracción defectuosa del 5% es perfectamente aceptable.

1.20.2.2 Trabajabilidad Ensayo de Determinación del Asentamiento ASTM C143, ASSHTO T119, NTE INEN 1578.

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado. Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del árido, la forma de los áridos y su granulometría.

La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación. Se trata de un parámetro fundamental en el hormigón fresco.

Entre los ensayos que existen para determinar la consistencia, el más empleado es el cono de Abrams.

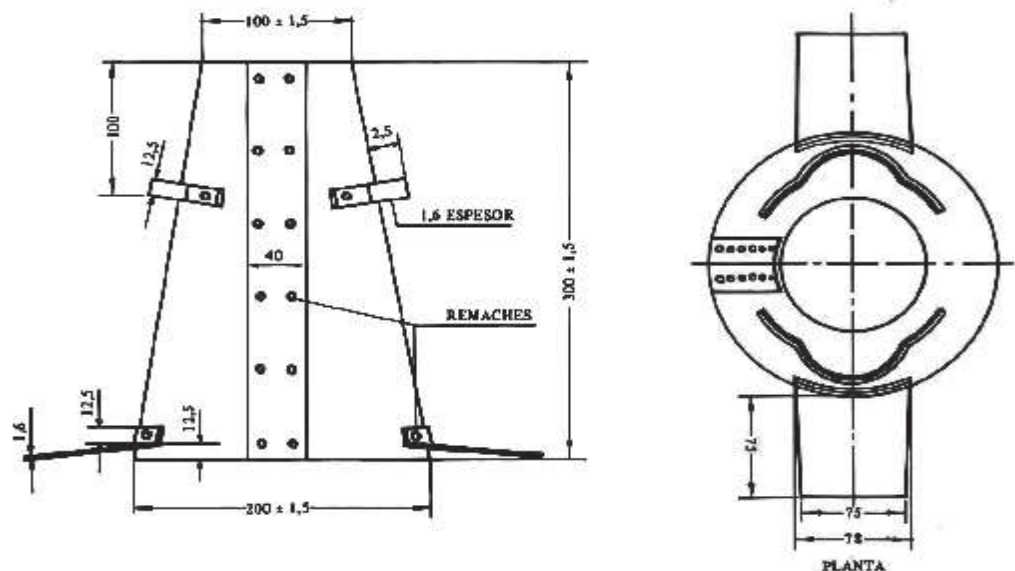
Objetivo:

Determinar la fluidez del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams.

Equipo que se utiliza:

- Molde metálico, troncocónico, abierto por ambos extremos, con un diámetro superior de 10 cm e inferior de 20 cm, además de pisaderas y asas.
- Varilla punta de bala lisa, de un diámetro de 1.6 cm. y largo 60cm.
- Placa de apoyo, rígida, no absorbente y por lo menos de 40 x 60 cm.
- Cucharón metálico

Figura (1.12)



Cono de Abrams.

Procedimiento:

1. La cantidad de concreto necesaria para efectuar el ensayo, no debe ser inferior a 8 lt.
2. Se coloca el molde sobre una superficie de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos con agua, (no se permite humedecer con aceites ni grasa).
3. El operador se para sobre las pisaderas del molde, evitando el movimiento de éste durante el llenado.

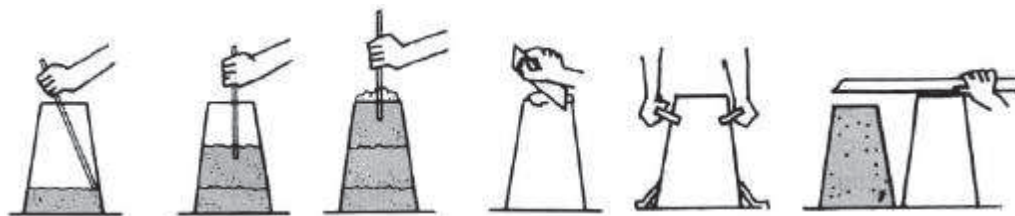
Figura (1.12) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

4. Se llena el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen y se apisona cada capa con 25 golpes de la varilla pisón distribuidos uniformemente. La capa inferior se llena hasta aproximadamente 7 cm de altura y la capa media hasta aproximadamente 16 de altura. Al apisonar la capa inferior se darán los primeros golpes con la varilla pisón ligeramente inclinado alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se darán los golpes de modo que la varilla pisón penetre 2.5 cm. la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se deberá mantener permanentemente un exceso de concreto sobre el borde superior del molde.

5. Se enrasa la superficie de la capa superior con la varilla pisón y se limpia el concreto derramado en la zona adyacente al molde.

Inmediatamente después de terminado el llenado, enrase y limpieza, se carga el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas libres y se levanta en dirección vertical sin perturbar el concreto en un tiempo de 5 a 12 segundos.

6. Toda la operación de llenado y levantamiento del molde no debe demorar más de tres minutos. Figura (1.13)



Procedimiento de medición del revenimiento

Una vez levantado el molde se mide inmediatamente la disminución de altura del concreto moldeado respecto al molde, aproximando a 0,5 cm.

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la tabla siguiente:

Figura (1.13) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

Tabla (1.22)

Consistencia	Asentamiento en cono de Abrams (cm)
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15
Líquida	16-20

1.20.2.3 Durabilidad

Se define la durabilidad del hormigón como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

Por tanto no solo hay que considerar los efectos provocados por las cargas y sollicitaciones, sino también las condiciones físicas y químicas a las que se expone. Por ello se considera el tipo de ambiente en que se va a encontrar la estructura y que puede afectar a la corrosión de las armaduras, ambientes químicos agresivos, zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo, etc.

Para garantizar la durabilidad del hormigón y la protección de las armaduras frente a la corrosión es importante realizar un hormigón con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua/cemento baja, una compactación idónea, cantidad de cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo. De esta forma se consigue que haya los menos poros posibles y una red capilar interna poco comunicada y así se reducen los ataques al hormigón.

En los casos de existencia de sulfatos en el terreno o de agua de mar se deben emplear cementos especiales. Para prevenir la corrosión de armaduras hay que cuidar el recubrimiento mínimo de las mismas.

Tabla (1.22) <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>

1.20.3 Método ACI 211

Existen una gran cantidad de métodos empíricos de diseño de mezclas para obtener concretos con características específicas, sin embargo todos estos métodos deben ser tomados solamente como referenciales pues siempre requieren de pruebas de laboratorio para su afinamiento.

A continuación se presenta el método propuesto por el ACI, en la norma 211, el mismo que se ilustra con un ejemplo.

Se desea dosificar un metro cúbico de concreto de resistencia característica $f'_c = 300$ Kg/cm² para una obra donde existe un buen control de calidad de producción, con asentamiento de 50 mm en el cono de Abrams. Se empleará cemento Portland ordinario (tipo I). El tamaño máximo del agregado grueso es 40 mm y su peso volumétrico aparente (incluidos los espacios vacíos) es 1600 kg/m³; su densidad es 2.64 gr/cm³. El agregado fino tiene un módulo de finura de 2.60 (suma de porcentajes totales retenidos en cada tamiz desde 0.141 mm hasta el diámetro máximo del agregado fino, dividido para cien) y una densidad de 2.58 gr/cm³.

1. Se determina la variabilidad de la resistencia del concreto, en base al nivel de control de calidad del proceso de mezclado en obra, para lo que se puede utilizar la siguiente tabla:

Tabla (1.23)

TIPO DE CONTROL	DESVIACION ESTANDAR (σ)
Muy bueno	0.07 fm
Bueno	0.14 fm
Regular	0.21 fm
Deficiente	0.28 fm

Tabla (1.23) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

Un control de calidad muy bueno se obtiene solamente en laboratorios especializados que dosifican sus mezclas al peso, tienen control de la humedad antes del mezclado, utilizan agregados seleccionados y controlan la trabajabilidad del concreto fresco.

Un control de calidad bueno se consigue en obras que emplean concreto premezclado en fábricas especializadas y controlan el asentamiento del cono de Abrams; o en obras que mecanizan la producción de mezclas al peso, realizan corrección de dosificaciones por la humedad, emplean agregados de calidad y verifican la trabajabilidad de la mezcla.

Un control de calidad regular se obtiene con dosificaciones volumétricas y control frecuente de la cantidad de agua mediante el asentamiento del cono de Abrams.

Un nivel de control inferior al regular se cataloga como control de calidad deficiente.

En el presente caso tendríamos la siguiente información:

$$f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2, \text{ dato del ejemplo.}$$

$\sigma = 0.14 f_m$, se toma de la tabla para un control de calidad de fabricación bueno

$f'c = f_m - 1.65 \sigma$ para un 5 % de muestras que no alcancen la resistencia especificada (Niveles de Confianza).

Reemplazando el valor de σ en la última expresión:

$$f'c = f_m - 1.65 \times (0.14 f_m)$$

$$f'c = f_m - 0.231 f_m$$

$$f'c = 0.769 f_m$$

Se calcula la resistencia media del concreto f_m , que siempre será superior a su resistencia característica.

$$f_m = \frac{f'c}{0.769} = \frac{300 \text{ Kg/cm}^2}{0.769}$$

$$f_m = 390 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Se determina la cantidad de agua que se requiere por m^3 de concreto, y el porcentaje de volumen de aire atrapado, en función del tamaño máximo del agregado (40 mm) y del asentamiento en el cono de Abrams (50 mm), mediante la siguiente tabla:

Tabla (1.24)

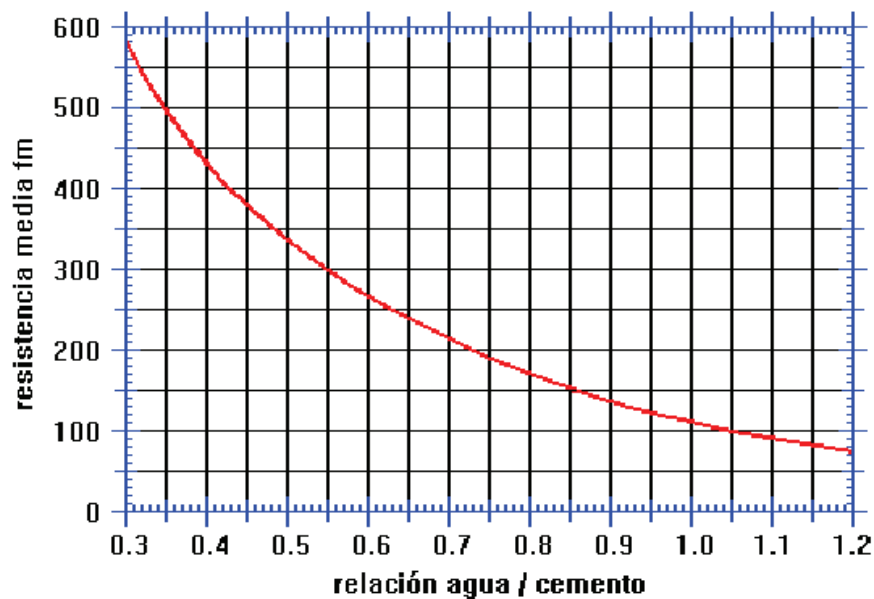
Revenimiento (mm)	Cantidad de agua (Kg/ m^3 de concreto para agregados de tamaño máximo)							
	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
30 a 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	240	230	210	205	185	180	170	$\frac{3}{4}$
Contenido de aire atrapado (porcentaje)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto = 160 Kg (se toma de la tabla anterior).

Porcentaje de volumen de aire atrapado = 1% (se toma de la tabla anterior)

3. La relación agua / cemento de la mezcla (medida al peso) se puede estimar de la siguiente gráfica (1.25), para una resistencia media de 390 Kg/cm^2 , medida a los 28 días.

Tabla (1.24) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez



4. El contenido de cemento será:

$$\text{Cemento} = \text{masa de agua} / 0.44 = 160 \text{ Kg} / 0.44 = 364 \text{ Kg}$$

5. Se calcula el volumen aparente de agregado grueso mediante la siguiente tabla, en función del módulo de finura del agregado fino (2.60) y el tamaño máximo del agregado grueso (40 mm). Tabla (1.26)

Tamaño máximo del agregado	Volumen de agregado grueso compactado con varilla , por volumen de concreto para módulo de finura de la arena de:			
(mm)	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Gráfica (1.25) Propiedades del Concreto de A. M. Neville.

Tabla (1.26) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez

Volumen aparente del agregado grueso = 0.73 m^3 (se toma de la tabla anterior)

6. La masa del agregado grueso se obtiene multiplicando su volumen aparente por su peso volumétrico aparente.

Masa agregado grueso = $0.73 \text{ m}^3 \times 1600 \text{ Kg/m}^3 = 1168 \text{ Kg}$.

7. Se calcula la masa unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso) de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla (1.27)

Tamaño Máximo del Agregado (pulgadas)	Masa Unitaria (kg/m^3)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
3/8	2304	2214
1/2	2334	2256
3/4	2376	2304
1	2406	2340
1 1/2	2442	2376
2	2472	2400

Masa de la Arena

P. arena = P. concreto – P. ripio – P. agua – P. cemento

P. arena = $(2442 - 1168 - 160 - 364) \text{ kg}$

P. arena = 750 kg

MATERIAL	MASA
Cemento	364 Kg
Agregado fino	750 Kg
Agregado grueso	1168 Kg
Agua	160 Kg
Aire atrapado	0 Kg

Tabla (1.27) Apuntes de clase Geología y Ensayo de Materiales/ Ing. Gustavo Mero

Este diseño sirve de base para iniciar pruebas de comprobación en laboratorio que permitirán su ajuste. Algunos criterios básicos para corrección del diseño, en laboratorio, pueden ser los siguientes:

Si la mezcla resulta demasiado seca, debería incorporarse un aditivo plastificante.

Para poder definir una dosificación al volumen, que a pesar de no ser técnicamente apropiada es la más empleada en nuestro medio, sería necesario determinar adicionalmente, en laboratorio, la densidad aparente del agregado grueso y del cemento.

1.21 ASTM C 192/C 192M, ASSHTO T 126 NTE INEN 1576 Práctica estándar para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo.

Alcance

Esta práctica cubre el procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo controles precisos de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que puede ser consolidado por varillado o vibrado como se describe aquí.

Significado y Uso

Esta práctica provee los requerimientos estandarizados para la preparación de materiales, mezclado de concreto y elaboración y curado de especímenes de concreto bajo condiciones de laboratorio.

Si la preparación del espécimen es controlado como se estipula aquí, los especímenes pueden ser usados como información para los siguientes propósitos:

- Dosificación de mezcla para proyecto de concreto
- Evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- Correlación con ensayos no destructivos.
- Suministrar especímenes para propósitos de investigación.

Los resultados de ensayos al concreto en especímenes elaborados y curados usando esta práctica son ampliamente utilizados. Pueden ser la base de aceptación para

proyectos de concreto, investigación de evaluaciones y otros estudios. El cuidado y conocimiento en la manipulación de materiales, mezclado del concreto, moldeo de especímenes de ensayo y curado de especímenes es necesario. Muchos laboratorios que ejecutan este importante trabajo son independientemente inspeccionados o acreditados. La Práctica C 1077 identifica y define obligaciones, responsabilidades, incluyendo responsabilidades del personal del laboratorio y requerimientos técnicos mínimos para el equipo de laboratorio usado. Muchos laboratorios garantizan técnicos capacitados para participar en programas de certificación nacional tal como el programa de Técnico de Laboratorio del Instituto Americano del Concreto o un programa equivalente.

Aparatos

Moldes en General – Los moldes para especímenes o sujetadores que están en contacto con el concreto pueden ser hechos de acero, hierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con concreto portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes tendrán las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual los especímenes son requeridos. Los moldes mantendrán sus dimensiones y formas bajo todas las condiciones de uso. La impermeabilidad al agua de los moldes debe ser evaluada por la capacidad de mantener agua vertida dentro de ellos. Los procedimientos de ensayo para la impermeabilidad al agua son dados en la sección de los métodos para elaboración, absorción e impermeabilidad de la especificación C 470/C 470M. El sello adecuado, tal como grasa gruesa, arcilla modelada o parafina pueden ser usadas donde sea necesario para prevenir fugas de agua a través de las juntas. Deben ser provistos los medios para mantener los platos de las bases unidos firmemente a los moldes. Los moldes reusables serán ligeramente cubiertos con aceite mineral o un adecuado material desmoldante no reactivo antes de su uso.

Moldes.

Moldes para Especímenes Colados Verticalmente deben cumplir con los requerimientos de la Especificación C 470/C 470M.

Moldes para Cilindros Colados Horizontalmente deben cumplir con los requerimientos de simetría y tolerancia dimensional en la sección de requisitos generales excepto para los de verticalidad de la Especificación C 470/C 470M. El

uso de moldes horizontales es solo para especímenes longitudinales que contienen axialmente embebido calibradores de deformación.

Vigas y Moldes Prismáticos - serán de forma rectangular (a menos que se especifique otra cosa) y de las dimensiones requeridas para fabricar el tamaño del espécimen deseado. Las superficies interiores de los moldes serán lisas y libres de imperfecciones. Los lados del fondo y los extremos estarán en ángulo recto uno con respecto al otro y serán rectos, alineados y libres de curvatura. Las variaciones máximas de la sección transversal nominal no excederán 3 mm para moldes con profundidades o ancho de 150 mm o más y 2 mm para moldes de profundidad o ancho menor. Excepto para especímenes a flexión, los moldes no variarán en la longitud nominal por más de 2 mm. Los moldes para flexión no serán más pequeños que 2 mm de la longitud requerida, pero pueden excederlo por más de esa cantidad.

Barra de Apisonado – Dos tamaños están especificados en los métodos ASTM. Cada una será redonda, barra de acero recta con al menos el extremo de apisonado redondeado con la punta semiesférica del mismo diámetro de la barra. Ambos extremos pueden ser redondeados, si se prefiere.

Largo de la barra, diámetro 16 mm y aproximadamente de 600 mm de longitud.

Barra más Pequeña, diámetro 10 mm y aproximadamente de 300 mm de longitud.

Mazos – Un mazo con cabeza de hule o cuero que pesen 0.6 ± 0.20 kg.

Vibradores - La frecuencia del vibrador será de al menos 7000 vibraciones por minuto [115 Hz]. El diámetro de un vibrador redondo será no más que un cuarto del diámetro del molde cilíndrico o un cuarto del ancho del molde de viga o prisma. La longitud combinada del eje del vibrador y el elemento vibrado excederá la profundidad de la sección que está siendo vibrada por al menos 75 mm.

Herramientas Pequeñas - Serán provistos herramientas y artículos tales como palas, baldes, cucharas, llana, calibrador de espesores, cucharones, reglas, guantes de hule y recipientes mezcladores de metal.

Aparatos de Revenimiento – El aparato para medir el revenimiento estará conforme a los requerimientos del método de ensayo C 143/C 143M.

Muestreo y Recipientes de Mezclado – El recipiente será de fondo plano, de metal fuerte, impermeable de profundidad conveniente y de suficiente capacidad para permitir un mezclado fácil con una pala en la parada entera o si el mezclado es por máquina tendrá una capacidad para recibir toda la parada de la descarga del mezclador y permitir un re-mezclado en el mismo con una pala.

Mezclador de Concreto – Un mezclador de concreto operado con energía será un tambor revolvedor, mezclador inclinado o un recipiente adecuado de revoltura o un mezclador giratorio de paleta capaz de mezclar las paradas del tamaño indicado y con el revenimiento requerido.

Es más adecuado usar un recipiente mezclador para concreto mezclado con revenimientos menores de 25 mm que mezcladores de tambor giratorio. La razón de rotación, el grado de inclinación y la capacidad relacionada de los mezcladores inclinados no son siempre adecuados para el concreto mezclado en el laboratorio. Esto puede ser mejorado reduciendo la razón de rotación, disminuyendo el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal y usando el mezclador en una capacidad de relación menor que la del fabricante.

Especímenes

Especímenes cilíndricos – Los cilindros para los ensayos de esfuerzo de compresión, módulo de elasticidad de Young, movimiento longitudinal y esfuerzo de tensión por partidura, pueden ser de varios tamaños con un mínimo de 250 mm de diámetro por 100 mm de longitud. Cuando se desea una correlación o comparación con cilindros elaborados en el campo (práctica C 31/C 31M), los cilindros serán de 6 por 12 pulg [150 por 300mm].

Especímenes Prismáticos – Las vigas para esfuerzo de flexión, prismas para congelamiento y deshielo, adherencia, cambio de longitud, cambio de volumen etc., será formadas a lo largo de sus ejes horizontales, a menos que otra cosa sea requerida por el método de ensayo en cuestión, y cumplirá con las dimensiones de los requerimientos del método de ensayo especificado.

Número de Especímenes – El número de especímenes y el número de paradas de ensayo son dependientes de la práctica establecida y la naturaleza del programa de

ensayo. El lineamiento es usualmente dado en el método de ensayo o la especificación para los cuales los especímenes son elaborados. Usualmente tres o más especímenes son moldeados para cada edad de ensayo y condiciones de ensayo, a menos que se especifique de otra manera (Las edades de ensayo frecuentemente usadas son 7 y 28 días para ensayos de esfuerzo de compresión o 14 y 28 días para ensayos de esfuerzo de flexión. Especímenes que contienen cemento Tipo III son con frecuencia ensayados a 1, 3, 7 y 28 días.

Preparación de los Materiales

Temperatura – Antes del mezclado del concreto, llevar los materiales del concreto a la temperatura ambiente en el rango de 20 a 30 °C, excepto cuando la temperatura del concreto está estipulada. Cuando la temperatura del concreto es estipulada, el método propuesto para obtener la temperatura del concreto necesita la aprobación del técnico de laboratorio.

Cemento – Almacenar el cemento en un lugar seco, en contenedores a prueba de humedad, preferiblemente hechos de metal. El cemento será vigorosamente mezclado para proveer un suministro uniforme durante todos los ensayos.

Agregados – Para prevenir la segregación del agregado grueso, separar los tamaños de las fracciones individuales y para cada parada re-combinar en las proporciones apropiadas para producir la granulometría deseada.

Concreto Mezclado:

General – Mezcle el concreto en un adecuado mezclador o manualmente en paradas de tal tamaño como para que después de moldeados los especímenes de ensayo quede alrededor del 10% en exceso. Los procesos de mezclado manual no son aplicables al concreto con aire incluido o concreto sin revenimiento. El mezclado manual está limitado a paradas de un volumen de 0.007 m³ o menos. Es importante no variar la secuencia y el proceso del mezclado de parada a parada a menos que los efectos de tal variación estén en estudio.

Máquina de Mezclado – Antes de iniciar la rotación del mezclador, adicione el agregado grueso, algo del agua de mezclado y la solución de aditivo, cuando es requerido. Cuando sea aplicable, disperse el aditivo en el agua de mezclado antes de

vaciarla. Iniciar el mezclado, entonces adicione el agregado fino, cemento y agua con el mezclador en movimiento.

Mezclado Manual – El mezclado de la parada será en un recipiente de metal, impermeable, limpio, húmedo, con una cuchara de albañil sin filo, usando el siguiente procedimiento cuando los agregados han sido preparados

Mezclar el cemento, aditivo insoluble en polvo, si es usado y el agregado fino sin la adición del agua hasta que estén completamente mezclados.

Añadir el agregado grueso y mezclar toda la parada sin la adición de agua hasta que el agregado este uniformemente distribuido en toda la parada.

Agregar el agua y la solución de aditivo, si es usado, mezclar la masa hasta que el concreto tenga apariencia homogénea y la consistencia deseada. Si se prolonga el mezclado porque la adición del agua es en incrementos mientras la consistencia es ajustada, desechar la parada y hacer una nueva sin interrumpir el mezclado para hacer varios ensayos de consistencia.

Concreto Mezclado – Seleccionar las porciones de la parada del concreto mezclado a ser usadas en los ensayos para el moldeo de los especímenes a fin de que sean representativas de las porciones actuales y condiciones del concreto. Cuando el concreto no esté siendo re-mezclado o muestreado cubrirlo para evitar evaporación.

Revenimiento, Contenido de Aire, Rendimiento y Temperatura:

Revenimiento – Medir el revenimiento de cada parada de concreto inmediatamente después del mezclado de acuerdo al Método de Ensayo C 143/C 143M

Contenido de Aire – Determinar el contenido de aire, cuando se requiera, de acuerdo con los Métodos de Ensayo C 173 o C 231. Desechar el concreto utilizado para la determinación del contenido de aire.

Rendimiento – Determine el rendimiento de cada parada de concreto, si es requerido, de acuerdo al Método de Ensayo C 138. El concreto usado para los ensayos de revenimiento y rendimiento pueden ser retornados al contenedor de mezclado y re-mezclarlos con la parada.

Temperatura – Determinar la temperatura de cada parada del concreto de acuerdo con el Método de Ensayo C 1064.

Elaboración de Especímenes:

Sitio del Moldeo – Moldear los especímenes tan cerca como sea practicable al sitio donde ellos están siendo almacenados durante las primeras 24 horas. Si no es practicable el moldeo de los especímenes donde serán almacenados, moverlos al sitio de almacenamiento inmediatamente después de haber sido enrasados. Colocar los moldes en una superficie rígida libre de vibración y otras perturbaciones. Evitar el sacudido, golpe, inclinación o rallar la superficie de los especímenes en el traslado al lugar de almacenamiento.

Colocación – Coloque el concreto en los moldes usando un cucharón, cuchara sin filo, o pala. Seleccionar cada cuchareada o paleada de concreto del recipiente mezclador para asegurarse que sea representativa de la parada. Puede ser necesario re-mezclar el concreto en el recipiente con una pala o cuchara para prevenir segregación durante el moldeo de los especímenes. Mueva el cucharón o cuchara alrededor del borde superior del molde cuando el concreto es vertido para asegurar una distribución simétrica de este y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Además distribuir el concreto con la ayuda de la barra apisonadora antes de empezar la consolidación. En la colocación de la capa final, el operador deberá intentar añadir una cantidad de concreto que llenará exactamente el molde después de la compactación. No añadir muestras no representativas de concreto a un molde que esté por debajo de su nivel de llenado.

Número de Capas – Elabore los especímenes en capas como se indica: Tabla (1.28)

Número de Capas Requeridas para los Especímenes		
Tipo y Tamaño Espécimen	Modo de Consolidación	No. Capas de Igual Profundidad
Cilindros: Diámetro, pulg. (mm)		
3 ó 4 (75 a 100)	Varillado	2
6 (150)	Varillado	3
9 (225)	Varillado	4
Arriba de 9 (225)	Vibrado	2

Prismas y Cilindros de llenado horizontal Profundidad, pulg. (mm)		
Hasta 8 (200)	Varillado	2
Arriba de 8 (200)	Varillado	3 ó más
Hasta 8 (200)	Vibrado	1
Arriba de 8 (200)	Vibrado	2 ó más

Consolidación:

Métodos de Consolidación – Para la preparación de especímenes satisfactorios se requieren diferentes métodos de consolidación. Los métodos de consolidación son varillado y vibración interna y externa. Basar la selección del método en el revenimiento a menos que el método sea establecido en la especificación bajo la cual el trabajo está siendo desarrollado. Varillar o vibrar el concreto con revenimientos iguales o mayores que 25 mm [1 pulg]. Vibrar el concreto con revenimientos menores que 1 pulg. No usar vibración interna para cilindros con diámetros menores que 100 mm [4 pulg] y para vigas o prismas con abertura o profundidad menor que 4 pulg.

Varillado – Colocar el concreto en el molde, en el número de capas requeridas de aproximadamente igual volumen. Varillar cada capa con el extremo redondeado de la barra usando el número de golpes y tamaño de la barra especificados.

Varillar la capa del fondo en toda su profundidad. Distribuir los golpes uniformemente a través de toda la sección transversal del molde y para cada capa superior permitir que la barra penetre toda la capa que está siendo compactada y la capa inferior aproximadamente 25 mm [1 pulg]. Después que cada capa es varillada, golpear ligeramente los lados exteriores del molde 10 a 15 veces con el mazo para cerrar cualquier orificio dejado por la barra y liberar cualquier burbuja grande de aire que pudiera haber sido atrapada. Use una mano abierta para golpear ligeramente los moldes desechables de calibrador ligero, los cuales son susceptibles al daño si son golpeados con un mazo. Después del golpeteo, paletear el concreto a lo largo de los lados y extremos de los moldes de viga y prisma con una cuchara u otra herramienta adecuada.

Tabla (1.28) <http://www.inen.gob.ec/>

Vibración –La duración del vibrado requerido dependerá de la trabajabilidad del concreto y la eficiencia del vibrador. Usualmente la vibración suficiente ha sido aplicada tan pronto como la superficie del concreto llega a ser relativamente lisa y las burbujas de aire dejan de romperse a través de la superficie. Continuar la vibración el tiempo suficiente para alcanzar las propiedades de consolidación del concreto. La sobre vibración puede causar segregación. Llenar los moldes y vibrar en el número requerido de capas aproximadamente iguales. Colocar todo el concreto de cada capa en el molde antes de empezar la vibración de esta. Cuando se coloca la capa final, evitar el sobre llenado por más de 6 mm. Cuando el acabado es aplicado después de la vibración, añadir solamente la cantidad suficiente de concreto con una cuchara para sobre llenar el molde alrededor de 3 mm. Trabajar dentro de la superficie y entonces enrasarlo.

Generalmente, no más de 5 segundos de vibración pueden ser requeridos para cada inserción para consolidar adecuadamente el concreto con un revenimiento mayor que 75 mm. Tiempos más prolongados pueden ser requeridos para revenimientos bajos del concreto, pero el tiempo de vibración puede ser raramente excedido de 10 segundos por inserción. Tabla (1.29).

Diámetro de barra y número de varillados a ser usados en el moldeo de Especímenes Cilindros		
Diámetro del cilindro, pulg. (mm)	Diámetro de la barra, pulg. (mm)	Número de golpes/capa
3 (75) a <6 (150)	3/8 (10)	25
6 (150)	5/8 (16)	25
8 (200)	5/8 (16)	50
10 (250)	5/8 (16)	75
Vigas y Prismas		
Área superior del espécimen pulg. ² (cm ²)	Diámetro de la Barra, pulg. (mm)	Número de Varillado / Capa
25 (160) o menos	3/8 (10)	25
26 a 49 (165 a 310)	3/8 (10)	1 por cada 1 pulg. ² (7 cm ²)
50 (320) o más	5/8 (16)	1 por cada 2 pulg. ² (14 cm ²)
Cilindros de Deslizamiento Horizontal		
Diámetro del cilindro, pulg. (mm)	Diámetro de la Barra, pulg. (mm)	Número de varillado/capa
6 (150)	5/8 (16)	Total 50, 25 a lo largo de dos ejes

Tabla (1.29) <http://www.inen.gob.ec/>

Tabla (1.30)

Número de Inserciones del Vibrador por Capa	
Tipo y Tamaño del Espécimen	Número de Inserciones por Capa
Cilindro, Diámetro, pulg. (mm)	
4 (100)	1
6 (150)	2
9 (225)	4

Acabado – Después de la consolidación por uno de los métodos, termine la superficie del concreto y pulirla o llanearla de acuerdo con el método concerniente. Si ningún acabado es especificado, termine la superficie con una llana.

Ejecute todos los acabados con el mínimo de manipulación necesario para producir una superficie plana que es nivelada con el anillo o borde del molde y el cual no posee depresiones o proyecciones mayores de 3 mm. (1/8 pulg).

Cilindros – Después de la consolidación, el acabado de la superficie del borde superior mediante alisado con la varilla donde la consistencia del concreto lo permita, o con una plancha o llana de madera. Si se desea, cabecear el borde superior del cilindro fresco con una delgada capa de pasta de cemento portland lo cual es permitido para endurecer y curar con el espécimen.

Curado

Para prevenir la evaporación de agua en el concreto sin endurecer, cubra los especímenes inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una placa no absorbente ni reactiva o un paño de tela. Los especímenes serán almacenados inmediatamente después del acabado hasta la remoción de los moldes para prevenir pérdida de humedad de los especímenes. Seleccionar un procedimiento apropiado o combinación de procedimientos que prevengan la pérdida de humedad y que sea no absorbente ni reactiva con el concreto.

Remoción de los moldes – Remueva los especímenes de los moldes después 8 h de elaborados.

Tabla (1.30) <http://www.inen.gob.ec/>

El curado húmedo significa que los especímenes de ensayo tendrán agua libre mantenida en el área superficial completa todo el tiempo. Esta condición es reunida mediante el uso de tanques de almacenamiento de agua o un cuarto húmedo de acuerdo con los requerimientos de la Especificación C 511.

1.22 Ensayo ASTM C39, ASSHTO T22, NTE INEN 1573 Resistencia a la Compresión Axial.

Objetivo:

Determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Equipo que se utiliza:

- Prensa de ensayo.
- Flexómetro
- Balanza de capacidad igual o superior a 25 kgs.

Procedimiento:

1. Medición de probetas.

Las probetas se retiran del curado inmediatamente antes del ensayo y se mantienen mojadas hasta el ensayo.

2. Medir dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 , d_2) aproximadamente a media altura; y la altura de la probeta en dos generatrices opuestas (h_1 y h_2), aproximando a 1mm.

3. Determinar el peso del cilindro, aproximando a 50 gr, para obtener el peso volumétrico del concreto.

4. Limpiar las superficies de contacto de las placas de carga y de la probeta y colocar la probeta en la máquina de ensayo alineada y centrada.

5. Acercar la placa superior de la máquina de ensayo y asentarla sobre la probeta de modo de obtener un apoyo lo más uniforme posible.

6. Aplicar carga en forma continua y sin choques de velocidad uniforme cumpliendo las siguientes condiciones:

Alcanzar la rotura en un tiempo igual o superior a 100 seg.

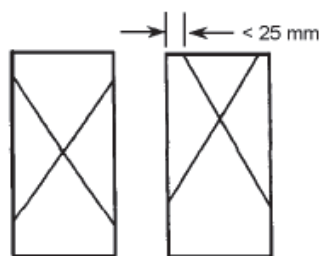
Velocidad de aplicación de carga no superior a $3,5 \text{ kg/cm}^2/\text{seg.}$

7. Registrar la carga máxima (P) expresada en kg.

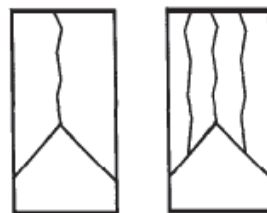
8. Dividiendo esta carga entre el área y nos da la resistencia del espécimen en kg/cm^2 .

Esquema de modelos típicos de fractura

Figura (1.14)



Tipo 1
Conos en ambos extremos razonablemente bien formados, fisuras a través de la cabecera menor a 25 mm



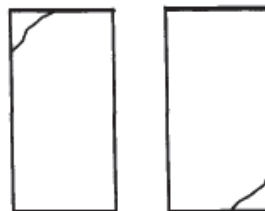
Tipo 2
Cono bien formado en uno de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, cono no muy definido en el otro extremo.



Tipo 3
Fisura vertical columnar a través de ambos extremos, conos no muy definidos.



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes; golpear con un martillo para distinguir del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo (ocurren comúnmente cuando se ensaya con neoprenos)



Tipo 6
Similar al Tipo 5, pero el extremo del cilindro está en punta

Figura (1.14) <http://www.inen.gob.ec/>

CAPITULO II

DISEÑO DE LA PROPUESTA.

2.1 Antecedentes del problema.

La historia de las diferentes técnicas constructivas que el hombre ha realizado para el diseño de hormigones; se basan en los cambios y estudios que se emplean para modificar las propiedades de los agregados.

Muchos estudios se basan en un entorno global del concreto, o en puntos claves de los materiales que la conforman. Sin embargo en la actualidad hay la necesidad de continuar analizando los diversos factores de las propiedades de los materiales, ya que continuamos diseñando estructuras cada vez más resistentes para lo cual necesitamos que las características de los materiales cumplan en óptimas aportaciones.

El presente proyecto surge de la necesidad de realizar un análisis sobre las características físico-químicas y petrográficas del agregado grueso de las canteras que abastecen a los constructores de la ciudad de Manta y se determinará si hay o no diferencias entre estas.

2.2 Problema científico.

El agregado grueso que se explota y abastece a la ciudad de Manta, y otras zonas aledañas, tiene algunos problemas en sus características físico-químicas y petrográficas, las cuales pueden ser la causa de que en ocasiones no se llega a la resistencia óptima de diseño, y se supone afectan la resistencia y durabilidad de las obras de hormigón.

2.3 Objeto.

Diseño de hormigones.

2.4 Campo.

Agregado grueso.

2.5 Objetivo general.

Determinar la incidencia del agregado grueso en la resistencia del hormigón.

2.6 Objetivos específicos.

- Visitar canteras calificadas de los sectores Picoazá, Cerro El Guayabal, El Chorrillo, cercanos a Manta para obtener información sobre los procesos de obtención del agregado grueso.
- Analizar los agregados bajo normas estándares para obtener las propiedades de las muestras obtenidas.
- Realizar diagramas comparativos históricos de la resistencia a compresión axial del hormigón.
- Analizar los resultados finales y los cambios que se puedan generar en los diseños de hormigón.

2.7 Hipótesis.

Si existe diferencia en la resistencia del hormigón con agregados gruesos de diferentes canteras que abastecen a los constructores de la ciudad de Manta, se podrá elegir el más idóneo para la dosificación.

2.8 Variables.

Variable dependiente resistencia del hormigón.

Variable independiente características del agregado grueso proveniente de diferentes canteras.

2.9 Métodos técnicas y procedimientos.

Se escogió realizar el análisis con agregado grueso de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ pulg). El muestreo de agregados se lo hizo de:

- Sector Picoazá: Canteras Agresa y Holcim.
- Sector Cerro El guayabal: Cantera Uruzca.

- Sector Chorrillo: Cantera Holcim.

El método de explotación por voladura con explosivos es común para las cuatro canteras, para su graduación se usan trituradoras.

2.9.1 Muestreo de Agregados ASTM D75, AASTHO T2, NTE INEN 0695:2010.

Tanto para el agregado grueso como para el fino se usó el muestreo desde el almacenaje o unidad de transportación. Debido a las normas de seguridad impuestas por las empresas fue imposible lograr la obtención del material desde la tolva de la trituradora o desde la banda de transporte.

2.9.2 Reducción de Tamaño de Muestras de Agregados para Ensayos ASTM C702, AASHTO T 248, NTE INEN 2566:2010.

Para los ensayos que requerían muestras representativas de agregado grueso como para el fino se usó el método B (Cuarteo Manual).

2.9.3 Ensayos de Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011.

Se siguió el procedimiento citado en el ensayo, tamizando las muestras de cada cantera y se verificó si las muestras cumplían con los rangos que establece la norma.

Debido a que la granulometría es una variable para el diseño de hormigones, a más de el diseño de hormigón con granulometría original de muestras representativas, se realizaron diseños con una granulometría común para cada una de las muestras de agregado grueso de las canteras que cumpla y esté dentro de los rangos de las especificaciones, para lo cual se escogió una masa de 90Kg para obtener los valores en masa del material que retenga cada tamiz.

2.9.4 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860. (861 para agregados mayores a 19mm).

Se estableció el desgaste por abrasión de cada muestra de cantera usando la Máquina de los Ángeles.

2.9.5 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos ASTM C 127, ASSTHO T 85, NTE INEN 857.

Se determinó la densidad promedio de las muestras de agregado grueso de las canteras estudiadas, aunque este valor no se lo usa para determinar las cantidades de materiales en la dosificación al peso del hormigón, pero si el porcentaje de absorción.

Masa versus peso

La masa y el peso son diferentes propiedades, que se definen en el ámbito de la física. La masa es una propiedad intrínseca de materia que posee un cuerpo mientras que el peso es una medida de la fuerza que es causada sobre el cuerpo por el campo gravitatorio, tampoco se la debe confundir con cantidad de sustancia.

Debido a que la masa y el peso son unidades distintas, poseen diferentes unidades de medida. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), el kilogramo es la unidad de masa, y el newton es la unidad de fuerza. El kilogramo-fuerza una unidad que no es SI a veces es una unidad de fuerza también utilizada para medir pesos.

2.9.6 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) para Agregado Grueso y Agregado Fino, Porcentaje de Vacíos. ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T19/T19M, NTE INEN 0858:2010

Este método de ensayo se usó para determinar los valores de densidad aparente, utilizada por el método ACI para seleccionar la dosificación de las mezclas de hormigón.

Se ensayaron las muestras con granulometría original de cada cantera, así como también las muestras con la granulometría diseñada pero como estos valores aunque en menor rango eran diferentes, se procedió a hacer un promedio de las cuatro muestras y así eliminar otra variable para el diseño de hormigón.

2.9.7 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO M 80, NTE INEN 696 2011. Módulo de finura.

Se usó arena homogenizada de la cantera de Holcim Chorrillo.

El procedimiento es similar al del agregado grueso, usando los tamices adecuados para el agregado fino, adicionalmente se procede a calcular el módulo de finura primero como habilitante para el diseño del hormigón y luego para su uso en la obtención del volumen aparente del agregado grueso en el diseño de hormigones.

Debido a que el módulo de finura del material fue de 3.83 se procedió a ensayar alternativas mezclando la arena homogenizada con arena de mar. Todavía existe discusión sobre el uso de arena de mar en la fabricación de hormigones debido a su contenido de sales (cloruro de sodio). El primer tanteo con 25% de arena de mar nos dio un módulo de finura de 3.20. Para el segundo tanteo con 50% de arena de mar el módulo de finura llegó a 2.5 que lo tomamos como aceptable.

2.9.8 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino. ASTM C 128, NTE INEN 856.

El ensayo encuentra los valores de densidades y absorción como con el agregado grueso, pero por métodos diferentes. Similarmente sólo el porcentaje de absorción se lo usa en el método ACI para diseño al peso de hormigón.

2.9.9 Contenido de Humedad Natural de los Agregados (Fino y Grueso) ASTM D2216-98, ASSHTO T 265, NTE INEN 862. NTE INEN 862.

Debido a que los valores obtenidos en laboratorio del contenido de humedad del agregado grueso eran menores al 0.17% asumimos cero. La arena homogenizada al mezclarla con arena de mar nos dio un contenido de humedad de 0.8% razón por la cual también la asumimos cero.

2.9.10 Ensayo determinación de la estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio (resistencia a los sulfatos) ASTM T88, AASHTO T 104.

Para este ensayo usamos el sulfato de sodio, y se realizó el ensayo de acuerdo a la norma.

Aunque las condiciones de meteorización que simulan un comportamiento de congelamiento y deshielo del hormigón son imposibles en nuestra localidad se

consideró pertinente esta prueba ya que la mayoría de obras se usa un agregado fino de cantera mezclado con arena de mar (para disminuir el módulo de finura) que contiene índices de cloruro de sodio (sal), para la elaboración de hormigones estructurales.

No existen estudios a cerca de los efectos de la arena de mar sobre los agregados, ya que se asume que son perjudiciales para los elementos de refuerzo del hormigón armado.

2.9.11 Ensayos Petrográficos del Agregado Grueso ASTM C 295, NTE INEN 870

Debido a que estos ensayos no se realizan en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil (ULEAM), ni en laboratorios de la localidad, se optó por realizarlos en la Facultad de Ingeniería Geología Minas Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador (Quito), siguiendo la metodología de Lámina Delgada.

2.9.12 Diseño de hormigón.

2.9.12.1 Cemento

Para los ensayos se utilizó Cemento Portland Rocafuerte tipo IA.

2.9.12.2 Agregados.

Agregado grueso.- Es el Campo de desarrollo de esta tesis. Los materiales fueron obtenidos de las canteras de:

-Holcim Picoazá.

-Agresa Picoazá.

-Uruzca Cerro Guayabal.

- Holcim Chorrillo.

Cabe indicar que las canteras pertenecientes a la empresa Holcim en la actualidad cambiaron de razón social a Megarok S.A.

Agregado fino.- Se usó arena homogenizada de un solo proveedor que fue de la cantera Holcim Chorrillo, mezclada con arena de mar obtenida de dunas de la playa de Santa Marianita, que estaba en condición limpia y seca. Se usó arena de un solo proveedor debido a que representa una variable menos en el diseño de hormigón y nuestro análisis es sobre el agregado grueso.

El agregado fino (arena homogenizada) no cumplió con la granulometría de la norma ASTM C 33 ni con el módulo de finura.

2.9.12.3 Agua

Se utilizó agua potable purificada para consumo humano. Para su dosificación se utilizó un recipiente graduado.

2.9.12.4 Aditivos.

No se utilizó ningún tipo de aditivo, ya que no se quería alterar las características del hormigón.

2.9.12.5 Método ACI 211

Para este método, se aplicó una mayoración aplicando una ecuación que está en función del tipo y la calidad de control para la elaboración del hormigón. Escogimos un tipo de control muy bueno ($0.07 \text{ fm} = \sigma$), asumimos que el 2% de muestras no darían lecturas aceptables buscamos una Tabla de Nivel de Confianza (Estadística) que nos dio 2.054σ y se procedió de acuerdo al método a realizar cinco diseños uno para cada muestra de cantera y uno para la dosificación diseñada.

Para todas las muestras de hormigón fresco se les realizó el ensayo de asentamiento ASTM C143, ASSHTO T119 NTE INEN 1578, los cuales estuvieron dentro de los rangos de diseño.

2.9.13 Ensayo ASTM C192, ASSHTO T 126, NTE INEN 1576 Elaboración y curados de probetas de hormigón.

Se elaboraron 32 cilindros de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura para diseño con agregados de granulometría original, 8 por cada cantera para ser ensayados a los 7, 14, 21, 28 días.

Para la granulometría diseñada también se elaboraron 32 cilindros.

Se usó el método de compactación por varillado como dicta la norma.

Cada cilindro se lo desencofró a las 16 horas posteriores a su colado, fue rotulado e inmediatamente fueron sometidos a curado por inmersión en agua, hasta el día de su rotura.

2.9.14 Ensayo ASTM C39 Rotura de cilindros.

Los ensayos se los realizó en el Laboratorio de Hormigón Suelos y Asfaltos de la Escuela de Ingeniería Civil de la ULEAM, según norma.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.

3.1 Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011

3.1.1 Granulometría Original.

Tabla (3.1.1.1)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Grueso			
Tamaño Máximo		1" (25mm)			
Lugar		Uruzca (Cerro Guayabal)			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
1" (25mm)	0,00	0,00	0,00	100,00	95 – 100%
¾" (18.75mm)	152,00	1,62	1,62	98,38	60 – 80 %
½" (12.5mm)	6659,00	70,93	72,55	27,45	25 – 60 %
3/8" (9.52mm)	1969,00	20,97	93,52	6,48	12 – 35 %
Nº4 (4.75mm)	608,00	6,48	100,00	0,00	0 – 10 %
Total	9388,00				

Tabla (3.1.1.2)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Grueso			
Tamaño Máximo		1" (25mm)			
Lugar		Holcim Picoazá			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
1" (25mm)	0,00	0,00	0,00	100,00	95 – 100%
¾" (18.75mm)	1684,00	16,48	16,48	83,52	60 – 80 %
½" (12.5mm)	6756,00	66,11	82,58	17,42	25 – 60 %
3/8" (9.52mm)	1496,00	14,64	97,22	2,78	12 – 35 %
Nº4 (4.75mm)	284,00	2,78	100,00	0,00	0 – 10 %
Total	10220,00				

Tabla (3.1.1.3)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Grueso			
Tamaño Máximo		1" (25mm)			
Lugar		Agresa Picoazá			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
1" (25mm)	0,00	0,00	0,00	100,00	95 – 100%
¾" (18.75mm)	735,00	8,93	8,93	91,07	60 – 80 %
½" (12.5mm)	4690,00	56,98	65,91	34,09	25 – 60 %
3/8" (9.52mm)	1996,00	24,25	90,16	9,84	12 – 35 %
Nº4 (4.75mm)	810,00	9,84	100,00	0,00	0 – 10 %
Total	8231,00				

Tabla (3.1.1.4)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Grueso			
Tamaño Máximo		1" (25mm)			
Lugar		Holcim Chorrillo			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
1" (25mm)	0,00	0,00	0,00	100,00	95 – 100%
¾" (18.75mm)	1630,00	18,40	18,40	81,60	60 – 80 %
½" (12.5mm)	5200,00	58,68	77,08	22,92	25 – 60 %
3/8" (9.52mm)	1405,00	15,86	92,94	7,06	12 – 35 %
Nº4 (4.75mm)	626,00	7,06	100,00	0,00	0 – 10 %
Total	8861,00				

3.1.2 Diseño de Granulometría.

Tabla (3.1.2)

DISEÑO DE GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Grueso			
Tamaño Máximo		1" (25mm)			
Lugar					
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
1" (25mm)	0,00	0,00	0,00	100,00	95 – 100%
¾" (18.75mm)	20000,00	20,00	20,00	80,00	60 – 80 %
½" (12.5mm)	55000,00	55,00	75,00	25,00	25 – 60 %
3/8" (9.52mm)	13000,00	13,00	88,00	12,00	12 – 35 %
Nº4 (4.75mm)	2000,00	2,00	90,00	10,00	0 – 10 %
Total	90000,00				

3.2 Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

P1 = Masa de la muestra antes del ensayo

P2 = Masa de la muestra después del ensayo

Uruzca - Guayabal

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{5000 \text{ gr} - 4001 \text{ gr}}{5000 \text{ gr}} \times 100 = \mathbf{19.98 \%}$$

Holcim Picoazá

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{5000 \text{ gr} - 3992 \text{ gr}}{5000 \text{ gr}} \times 100 = \mathbf{20.16\%}$$

Agresa Picoazá

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{5000 \text{ gr} - 4065 \text{ gr}}{5000 \text{ gr}} \times 100 = \mathbf{18.7 \%}$$

Holcim Chorrillo

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{5000 \text{ gr} - 3985 \text{ gr}}{5000 \text{ gr}} \times 100 = \mathbf{20.30 \%}$$

3.3 Resultado del Ensayo Normalizado para determinar la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de los Agregados Gruesos ASTM C 127, AASHTO T 85, NTE INEN 857

Agregado Grueso Uruzca

Material que pasa el tamiz 1" (25mm) y es retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm)

A= Masa en el aire de la muestra secada al horno = 1455 gr.

B= Masa en el aire de la muestra saturada = 1500 gr.

C= Masa en el agua de la muestra saturada = 802 gr.

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (SH)} = \frac{A}{B - C} = \frac{1455 \text{ gr.}}{(1500 - 802) \text{ gr.}} \\ = \mathbf{2.08}$$

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (S S S)} = \frac{B}{B - C} = \frac{1500 \text{ gr.}}{(1500 - 802) \text{ gr.}} \\ = \mathbf{2.15}$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente o Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{A - C} \\ = \frac{1455 \text{ gr.}}{(1455 - 802) \text{ gr.}} = \mathbf{2.23}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100 = \frac{(1500 - 1455) \text{ gr.}}{1455 \text{ gr.}} * 100 = \mathbf{3.09 \%}$$

Agregado Grueso Holcim Picoazá

Material que pasa el tamiz 1" (25mm) y es retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm)

A=Masa en el aire de la muestra secada al horno = 1433.5 gr.

B= Masa en el aire de la muestra saturada = 1500 gr.

C= Masa en el agua de la muestra saturada = 796.50 gr.

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (SH)} = \frac{A}{B - C} = \frac{1433.5 \text{ gr.}}{(1500 - 796.50)\text{gr.}}$$
$$= \mathbf{2.04}$$

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (S S S)} = \frac{B}{B - C}$$
$$= \frac{1500 \text{ gr.}}{(1500 - 796.50)\text{gr.}} = 2.13$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente o Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{A - C}$$
$$= \frac{1433.5 \text{ gr.}}{(1433.5 - 796.50)\text{gr.}} = 2.25$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100 = \frac{(1500 - 1433.5)\text{gr.}}{1433.5 \text{ gr.}} * 100 = \mathbf{4.64 \%}$$

Agregado Grueso Agresa

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz N° 4

A= Masa en el aire de la muestra secada al horno = 1478.05 gr.

B = Masa en el aire de la muestra saturada = 1500 gr.

C = Masa en el agua de la muestra saturada = 782.50 gr.

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica(SH)} = \frac{A}{B - C} = \frac{1408.94 \text{ gr.}}{(1500 - 816.05)\text{gr.}}$$
$$= \mathbf{2.06}$$

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (S S S)} = \frac{B}{B - C}$$

$$= \frac{1500 \text{ gr.}}{(1500 - 816.05) \text{ gr.}} = 2.19$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente o Gravedad específica aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$= \frac{1408.94 \text{ gr.}}{(1408.94 - 816.05) \text{ gr.}} = 2.37$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100 = \frac{(1500 - 1408.94) \text{ gr.}}{1408.94 \text{ gr.}} * 100 = \mathbf{6.46 \%}$$

Agregado Grueso Holcim Chorrillo

Material que pasa el tamiz 1" (25mm) y es retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm)

A = Masa en el aire de la muestra secada al horno = 1392.5 gr.

B = Masa en el aire de la muestra saturada = 1500 gr.

C = Masa en el agua de la muestra saturada = 781.5 gr.

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (SH)} = \frac{A}{B - C} = \frac{1392.5 \text{ gr.}}{(1500 - 781.50) \text{ gr.}}$$

$$= \mathbf{1.94}$$

$$\text{Densidad Relativa o Gravedad Específica (S S S)} = \frac{B}{B - C}$$

$$= \frac{1500 \text{ gr.}}{(1500 - 781.50) \text{ gr.}} = 2.09$$

$$\text{Densidad Relativa Aparente o Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

$$= \frac{1392.5 \text{ gr.}}{(1392.5 - 781.50) \text{ gr.}} = 2.28$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100 = \frac{(1500 - 1392.5) \text{ gr.}}{1392.5 \text{ gr.}} * 100 = \mathbf{7.72 \%}$$

3.4 Resultados del Ensayo Normalizado para Determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) del Agregado Grueso ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T 19, NTE INEN 858: 2010

3.4.1 Masa Unitaria Suelta

Datos del Molde

- Diámetro= 0.154m
- H= 0.228m
- V= 0.0042468m³
- Masa del Molde= 9.905 kg

Tabla (3.4.1)

Masa Unitaria Suelta del Agregado Grueso (Kg)				
Ensayo #	Agresa	H. Chorrillo	Uruzca	H. Picoaza
1	15.637	15.654	15.753	15.703
2	15.566	15.658	15.707	15.698
3	15.529	15.525	15.671	15.660
Promedio	15.577	15.612	15.710	15.687

M.u = Masa Unitaria Suelta

$$M. u = \frac{\text{Masa muestra} - \text{Masa Molde}}{\text{Volumen Molde}}$$

$$M. u. \text{ Uruzca} = \frac{(15.710 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1366.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.367 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$M. u. \text{ Holcim Picoaza} = \frac{(15.687 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1361.49 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.361 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$M. u. \text{ Agresa} = \frac{(15.577 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1335.59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.336 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$M. u. \text{ HolcimChorrillo} = \frac{(15.612 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1343.84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.344 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

3.4.2 Masa Unitaria Compactada

Tabla (3.4.2)

Masa Unitaria Compactada del Agregado Grueso (Kg)				
Ensayo #	Agresa	H. Chorrillo	Uruzca	H. Picoaza
1	16.347	16.358	16.427	16.548
2	16.229	16.361	16.398	16.487
3	16.316	16.392	16.415	16.493
Promedio	16.297	16.370	16.413	16.509

M.u.c = Masa Unitaria Compactada

$$\text{M. u. c} = \frac{\text{Masa Muestra} - \text{Masa Molde}}{\text{Volumen Molde}}$$

$$\text{M. u. c. Uruzca} = \frac{(16.413 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1532.45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.532 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{M. u. c. Holcim Picoaza} = \frac{(16.509 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1555.05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.555 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{M. u. c. Agrasa} = \frac{(16.297 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1505.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.505 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{M. u. c. Holcim Chorrillo} = \frac{(16.370 - 9.905)\text{kg}}{0.0042468\text{m}^3} = 1522.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{1.522 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}$$

3.4.3 Masa Unitaria (Peso Volumétrico) con la Granulometría Diseñada del Agregado Grueso ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T 19, NTE INEN 858: 2010

Datos del Molde

- Diámetro= 0.152m
- H= 0.228m
- V= 0.004137 m³
- Masa del Molde= 9.003 kg

Tabla (3.4.3)

Masa Unitaria Compactada Diseñada del Agregado Grueso (Kg)				
Ensayo #	Agresa	H. Chorrillo	Uruzca	H. Picoaza
1	15.309	15.268	15.324	15.320
2	15.342	15.366	15.312	15.279
3	15.255	15.290	15.337	15.336
Promedio	15.302	15.308	15.324	15.312

Promedio General = 15.312 Kg

M.u.c.d = Masa Unitaria Compactada Diseñada

$$\text{M. u. c. d} = \frac{\text{Masa Muestra} - \text{Masa Molde}}{\text{Volumen Molde}}$$

$$\text{M. u. c. d} = \frac{(15.312 - 9.003)\text{kg}}{0.004137 \text{ m}^3} = 1525 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.525 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

3.5 Resultados del Ensayo de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO T 80, NTE INEN 696 2011

3.5.1 Arena Homogenizada.

Tabla (3.5.1)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Fino (Arena Homogenizada)			
Lugar		Holcim Chorrillo			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
# 4 (4,75mm)	946,00	14,18	14,18	85,82	95 – 100%
# 8 (2,36mm)	2451,00	36,75	50,93	49,07	80 – 100%
# 16 (1,18mm)	924,00	13,85	64,78	35,22	50 – 85 %
# 30 (,60mm)	732,00	10,97	75,76	24,24	25 – 60 %
# 50 (,30mm)	513,00	7,69	83,45	16,55	10 – 30 %
# 100 (,15mm)	704,00	10,55	94,00	6,00	2 – 10 %
Pasa # 100	400,00	6,00	100,00	0,00	
Sumatoria	6670,00				

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Sumatoria del \% Retenido Acum. hasta tamiz \# 100}}{100}$$

Módulo de Finura = **3,83 (No Cumple con Norma)**

3.5.2 50% Arena de Mar + 50% Arena Homogenizada.

Tabla (3.5.2)

GRANULOMETRÍA					
Material		Agregado Fino Relación 50 : 50			
Lugar		Holcim Chorrillo + Arena de Mar (Sta. Marianita)			
Tamiz	Masa Retenida (gr)	% Retenido		% Pasa	Especif.
		Parcial	Acumulado		
# 4 (4,75mm)	178,00	5,94	5,94	94,06	95 – 100%
# 8 (2,36mm)	556,00	18,55	24,48	75,52	80 – 100%
# 16 (1,18mm)	195,00	6,50	30,99	69,01	50 – 85 %
# 30 (,60mm)	156,00	5,20	36,19	63,81	25 – 60 %
# 50 (,30mm)	522,00	17,41	53,60	46,40	10 – 30 %
# 100 (,15mm)	1247,00	41,59	95,20	4,80	2 – 10 %
Pasa # 100	144,00	4,80	100,00		
Sumatoria	2998,00				

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\text{Sumatoria del \% Retenido Acum. hasta tamiz \# 100}}{100}$$

Módulo de Finura = **2,5 (Cumple con Norma)**

3.6 Resultados del Ensayo para determinar la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino ASTM C 128, NTE INEN 856

Agregado Fino (50% Arena Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Material que pasa el tamiz N° 4 (4.75mm) y es retenido en el tamiz N° 100 (0.15mm)

Masa probeta + agua + muestra = 956.5 gr.

Masa probeta vacía = 149 gr.

Masa probeta + muestra = 649 gr.

A= Masa de la muestra secada al horno = 472 gr.

B= Masa de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) = 500 gr.

C= Masa del agua incluida en la probeta con la muestra hasta los 500ml = 307.5 gr.

$$\text{Gravedad específica de masa} = \frac{A}{B - C} = \frac{472 \text{ gr.}}{(500 - 307.5) \text{ gr.}} = \mathbf{2.45}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(B - A)}{A} * 100 = \frac{(500 - 472 \text{ gr.})}{472 \text{ gr.}} * 100 = \mathbf{5.9 \%}$$

3.7 Resultados del Ensayo Normalizado para determinar la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) en Agregado Fino y Porcentaje de Vacíos ASTM C 29/C 29M – 97, AASHTO T 19, NTE INEN 858: 2010

Agregado Fino (50% homogenizada y 50% arena de mar)

Datos del Molde

- Diámetro= 0.152m
- H= 0.228m
- V= 0.004137 m³
- Masa de Molde= 9.003 kg

Tabla (3.7)

Agregado Fino (50% arena homogenizada + 50% arena de mar)		
Ensayo #	Masa Suelta (kg)	Masa Compactada (kg)
1	15.685	16.631
2	15.733	16.601
3	15.777	16.619
Promedio	15.732	16.617

$$\text{Peso Volumétrico Suelto de Arena} = \frac{\text{Masa Muestra} - \text{Masa Molde}}{\text{Volumen Molde}}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso Volumétrico Suelto de Arena} &= \frac{(15.732 - 9.003)\text{kg}}{0.004137\text{m}^3} = 1408.51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= 1.409 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso Volumétrico Compactado de Arena} &= \frac{(16.617 - 9.003)\text{kg}}{0.004137\text{m}^3} = 1840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \\ &= 1.840 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

3.8 Resultados del Ensayo de Resistencia a los Sulfatos ASTM C 88, AASHTO T 104.

Tabla (3.8.1)

Cantera Uruzca					
Tamiz	Masa Inicial (gr.)	Masa Final (gr)	% de Desgaste	# de Piedras Inicial	# de Piedras Final
1" (25mm)	1009,00	970,00	3,87	28,00	26,00
3/4" (18,75mm)	500,00	372,00	25,60	45,00	35,00
1/2" (12,5mm)	672,00	538,00	19,94		
3/8" (9,52mm)	334,00	279,00	16,47		
# 4 (4,75mm)	307,00	255,00	16,94		
Porcentaje de Desgaste =			16,56 %		

Tabla (3.8.2)

Cantera Holcim Picoazá					
Tamiz	Masa Inicial (gr.)	Masa Final (gr)	% de Desgaste	# de Piedras Inicial	# de Piedras Final
1" (25mm)	1005,00	969,00	3,58	23,00	22,00
3/4" (18,75mm)	494,00	377,00	23,68	38,00	28,00
1/2" (12,5mm)	671,00	596,00	11,18		
3/8" (9,52mm)	331,00	262,00	20,85		
# 4 (4,75mm)	300,00	262,00	12,67		
Porcentaje de Desgaste =			14,39 %		

Tabla (3.8.3)

Cantera Agresa Picoazá					
Tamiz	Masa Inicial (gr.)	Masa Final (gr)	% de Desgaste	# de Piedras Inicial	# de Piedras Final
1" (25mm)	1010,00	952,00	5,74	20,00	20,00
3/4" (18,75mm)	499,00	302,00	39,48	44,00	27,00
1/2" (12,5mm)	670,00	570,00	14,93		
3/8" (9,52mm)	330,00	268,00	18,79		
# 4 (4,75mm)	302,00	249,00	17,55		
Porcentaje de Desgaste =			19,30 %		

Tabla (3.8.4)

Cantera Holcim Chorrillo					
Tamiz	Masa Inicial (gr.)	Masa Final (gr)	% de Desgaste	# de Piedras Inicial	# de Piedras Final
1" (25mm)	1001,00	668,00	33,27	22,00	15,00
3/4" (18,75mm)	494,00	210,00	57,49	45,00	19,00
1/2" (12,5mm)	669,00	376,00	43,80		
3/8" (9,52mm)	333,00	132,00	60,36		
# 4 (4,75mm)	300,00	162,00	46,00		
Porcentaje de Desgaste =			48,18 %		

3.9 Resultados del Estudio Petrográfico por el Método de Lámina Delgada ASTM C 295, NTE INEN 870.

3.9.1 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Uruzca

3.9.1.1 Análisis Macroscópico.

Roca gris verdosa, oscura, fino-granular sus vesículas rellenas con minerales secundarios, se identifica vetillas de carbonatos, fuerte magnetismo.

3.9.1.2 Estudio Microscópico

Textura porfirítica, con cristales de diferente tamaño, en zonas se observa concentraciones de olivinos formando una textura granular, pocas plagioclasas se han identificado y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados a clorita.

Porcentaje aproximado de minerales

Fenocristales	60%
Plagioclasas	20 – 25%
Piroxenos	10 – 15%
Olivino	5 – 10%
Minerales de alteración	5 – 10%
Opacos	3 – 5%
Matriz	40%
Minerales de alteración	10 – 15%
Plagioclasas	3 – 5%
Piroxenos	5 – 10 %
Olivinos	1 – 5%
Opacos	5 – 8%
Total	100%

Características de los minerales

Plagioclasas.—Gran parte de estos minerales están alterados, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas poco desarrolladas, sus bordes están corroídos con zonas de minerales fino-granulares. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos.- Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que más dominan, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas, los olivinos se encuentran serpentinizados se identifica por su relieve característico que es alto son de tinte verdoso, la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas sub-redondeadas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita asociados a ferro magnesianos (olivinos y augitas). Existe poco cuarzo secundario y carbonatos se encuentran rellenando espacios en la matriz. Tiene alto porcentaje de minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como pirrotina.

3.9.2 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Holcim Picoazá

3.9.2.1 Análisis Macroscópico

Roca gris oscura-verdosa, en sectores se observa vesículas, con finos fenocristales de plagioclasas y ferro-magnesianos (piroxenos), presenta magnetismo.

3.9.2.2 Estudio Microscópico

Textura porfírica inter-granular, dimensional seriada con fenocristales de plagioclasas desde 0.01 a 0,5 mm, en zonas se observa concentraciones de plagioclasas y ferro magnesianos (piroxenos y anfíboles) alterados a clorita.

Porcentaje aproximado de minerales

Fenocristales	70%
Plagioclasas	40 – 45%
Piroxenos	10 – 15%
Olivinos	3 – 5%
Minerales de alteración	1 – 2%
Opacos	1 – 5%
 Matriz	 30%
Plagioclasas	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %

Olivinos	1 – 5%
Anfíboles	1 – 3%
Minerales de alteración	3 – 5%
Opacos	1 – 5%
Total	100%

Características de los minerales

Plagioclasas.- Gran parte de estos minerales están limpios, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas bien desarrolladas, sus bordes están ligeramente corroídos. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos.- Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que más dominan de este grupo, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas y olivinos, los anfíboles (hornablendas) por su clivaje característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas prismáticas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados. Como minerales de alteración se observa clorita y trazas de serpentinita asociados a ferro magnesianos (hornablenda y augitas) y olivinos respectivamente. Trazas de carbonatos se encuentran rellenando espacios en la matriz. Tiene minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como magnetita.

3.9.3 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Agresa

3.9.3.1 Análisis Macroscópico

Roca gris oscura, en sectores vesicular, verdosa con finos fenocristales de plagioclasas y ferro-magnesianos, se identifica la roca fracturada presenta magnetismo, se observa vetillas milimétricas de calcita.

3.9.3.2 Estudio Microscópico

Textura porfirítica (cristales grandes y pequeños), en zonas se observa concentraciones de plagioclasas y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados

a clorita, en la matriz se observa orientación de plagioclasas que indican fue depositada por fluidez.

Porcentaje aproximado de minerales

Fenocristales	30%
Plagioclasas	15 – 20%
Piroxenos	5 – 10%
Anfíboles	1 – 2%
Olivinos	1 – 3%

Matriz	70%
Plagioclasas	35 – 40%
Minerales de alteración	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %
Anfíboles	1 – 3%
Olivinos	1 – 3 %
Opacos	1 – 5%

Total	100%
--------------	-------------

Características de los minerales

Plagioclasas.- Los fenocristales de plagioclasas (labradoritas) presentan sus bordes ligeramente corroídos, tienen sus bordes bien desarrollados, las maclas polisintéticas están bien formadas. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos (augitas)son los minerales de los ferro-magnesianos, por sus propiedades ópticas tienen colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas y con relieve más alto los olivinos, los anfíboles (hornablendas)por su clivaje característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita en la matriz asociados a los a ferro magnesianos (hornablenda y augitas).Se ha identificado en la matriz carbonatos y

rellenando finas vetillas. Los minerales opacos (metálicos) son muy pocos y presentan ligero magnetismo.

3.9.4 Estudio Petrográfico Macroscópico y Microscópico Cantera Holcim Chorrillo

3.9.4.1 Análisis Macroscópico

Roca gris oscura-verdosa, fino-granular, masiva y frágil, con alto porcentaje de minerales alterados y en secciones serpentizada. Se identifica poco magnetismo.

3.9.4.2 Estudio Microscópico

Textura porfirítica, con cristales de diferente tamaño, en zonas se observa pocas plagioclasas alargadas y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados a clorita y serpentinizados.

Porcentaje aproximado de minerales

Fenocristales	40%
Plagioclasas	15 – 20%
Olivinos	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10%
Minerales de alteración	1– 5 %

Matriz	60%
Plagioclasas	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %
Olivinos	10 – 15%
Minerales de alteración	15 – 20%
Opacos	1 – 5%

Total	100%
--------------	-------------

Características de los minerales

Plagioclasas.- Gran parte de estos minerales están alterados, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas poco desarrolladas,

sus bordes estas corroídos con zonas de minerales fino-granulares. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que más dominan, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas, los olivinos (serpentinizados) por su relieve característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas redondeadas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita asociados a ferro magnesianos (olivinos y augitas). Pocos carbonatos se encuentran rellenando espacios en la matriz. Tiene bajo porcentaje de minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como pirrotina.

3.10 Diseños de Hormigón con Agregados Granulometría Original, Método ACI - 211

3.10.1 Diseño de Hormigón Estructural Cantera Uruzca

Resistencia requerida: 240 kg/cm^2

Asentamiento máximo: 10cm (4")

Peso volumétrico del agregado grueso: 1532 kg/m^3

Arena (50% Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Módulo de Finura: 2.5

Absorción del agregado grueso: 3.05%

Absorción del agregado fino: 5.9%

Concreto sin aire incluido

Mayoración de resistencia requerida

Ver tabla (1.13)

$f'_c = f_m - 2.054 \sigma$ para un 2% de muestras que tengan valores disparados.

$f'_c = f_m - 2.054 (0.07f_m)$

$f'_c = f_m - 0.14f_m$

$f'_c = 0.86f_m$

$$f_m = \frac{f'_c}{0.86} = \frac{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.86} = 279.07 \approx 280 \text{ kg / cm}^2$$

Relación agua-cemento (en función de la resistencia requerida y el aire) = 0.57

Ver gráfica (1.25)

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto (en función del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento) = 195 kg

Ver tabla (1.24)

Contenido de Cemento:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\frac{195 \text{ kg}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\text{Masa de cemento} = 350 \text{ kg}$$

Volumen aparente del agregado grueso (En función del módulo de finura y tamaño máximo del agregado grueso) = 0.70 m^3

Ver tabla (1.26)

Masa del agregado grueso

$P_r = \text{volumen aparente} * \text{peso volumétrico}$

$$P_r = 0.70 \text{ m}^3 * 1532 \text{ kg/m}^3 = 1072 \text{ kg/m}^3$$

Masa Unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso)

$$2406 \text{ Kg/m}^3$$

Ver tabla (1.27)

Masa de la Arena

$P. \text{ arena} = P. \text{ concreto} - P. \text{ ripio} - P. \text{ agua} - P. \text{ cemento}$

$$P. \text{ arena} = (2406 - 1072 - 195 - 350) \text{ kg}$$

$$P. \text{ arena} = 789 \text{ kg}$$

Masa Neta del Ripio

$P.n.r = P. \text{ ripio} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$P.n.r = 1072 \text{ kg} * (1 + 0.0305)$$

$$P.n.r = 1104 \text{ kg}$$

Masa Neta de la Arena

$P.n.a = P. \text{ arena} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$P.n.a = 789 \text{ kg} * (1 + 0.059)$$

$$P.n.a = 835 \text{ kg}$$

Masa neta del Agua

$P.n.a = P. \text{ agua} * (1 + \% \text{ absorción de ripio y arena})$

$P.n.a = 195 * (1 + 0.09)$

$P.n.a = 213 \text{ kg}$

Dosificación para 1 m³ de Hormigón

Material	Masa (kg)
Cemento	350
Ripio	1104
Arena Homogenizada	417.5
Arena de Mar	417.5
Agua	213

Dosificación para 1 saco de cemento

Material	Masa (kg)
Cemento	50
Ripio	158
Arena Homogenizada	60
Arena de Mar	60
Agua	30.4

3.10.2 Diseño de Hormigón Estructural Cantera Holcim Picoazá

Resistencia requerida: 240 kg/cm^2

Asentamiento máximo: 10cm (4")

Peso volumétrico del agregado grueso: 1555 kg/m^3

Arena (50% Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Módulo de Finura: 2.5

Absorción del agregado grueso: 4.64%

Absorción del agregado fino: 5.9%

Concreto sin aire incluido.

Mayoración de resistencia requerida

Ver tabla (1.23)

$f'_c = f_m - 2.054 \sigma$ para un 2% de muestras que tengan valores disparados.

$F'_c = f_m - 2.054(0.07f_m)$

$f'_c = f_m - 0.14f_m$

$f'_c = 0.86f_m$

$$f_m = \frac{f'_c}{0.86} = \frac{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.86} = 279.07 \approx 280 \text{ kg / cm}^2$$

Relación agua-cemento (en función de la resistencia requerida y el aire) = 0.57

Ver gráfica (1.25)

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto (en función del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento) = 195 kg

Ver tabla (1.24)

Contenido de Cemento:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\frac{195 \text{ kg}}{\text{cemento}} = 0.57$$

Masa de cemento = 350 kg

Volumen aparente del agregado grueso (En función del módulo de finura y tamaño máximo del agregado grueso) = 0.70m^3

Ver tabla (1.26)

Masa del agregado grueso

$\text{Pr} = \text{volumen aparente} * \text{peso volumétrico}$

$$\text{Pr} = 0.70 \text{ m}^3 * 1555 \text{ kg/m}^3 = 1088 \text{ kg/m}^3$$

Masa Unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso)

$$2406 \text{ Kg/ m}^3$$

Ver tabla (1.27)

Masa de la Arena

$\text{P. arena} = \text{P. concreto} - \text{P. ripio} - \text{P. agua} - \text{P. cemento}$

$$\text{P. arena} = (2406 - 1088 - 195 - 350) \text{ kg}$$

$$\text{P. arena} = 773 \text{ kg}$$

Masa Neta del Ripio

$\text{P.n.r} = \text{P. ripio} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$\text{P.n.r} = 1088 \text{ kg} * (1 + 0.0464)$$

$$\text{P.n.r} = 1138 \text{ kg}$$

Masa Neta de la Arena

$\text{P.n.a} = \text{P. arena} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$\text{P.n.a} = 773 \text{ kg} * (1 + 0.059)$$

$$\text{P.n.a} = 818 \text{ kg}$$

Masa Neta del Agua

$\text{P.n.a} = \text{P. agua} * (1 + \% \text{ absorción de ripio y arena})$

$$\text{P.n.a} = 195 * (1 + 0.11)$$

$$\text{P.n.a} = 216 \text{ kg}$$

Dosificación para 1 m³ de Hormigón

Material	Masa (kg)
Cemento	350
Ripio	1138
Arena Homogenizada	409
Arena de Mar	409
Agua	216

Dosificación para 1 saco de cemento

Material	Masa (kg)
Cemento	50
Ripio	162.5
Arena Homogenizada	58
Arena de Mar	58
Agua	31

3.10.3 Diseño de Hormigón Estructural Cantera Agresa Picoazá

Resistencia requerida: 240 kg/cm^2

Asentamiento máximo: 10cm (4")

Peso volumétrico del agregado grueso: 1505 kg/m^3

Arena (50% Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Módulo de Finura: 2.5

Absorción del agregado grueso: 6.46%

Absorción del agregado fino: 5.9%

Concreto sin aire incluido

Mayoración de resistencia requerida

Ver tabla (1.23)

$f'_c = f_m - 2.054 \sigma$ para un 2% de muestras que tengan valores disparados.

$F'_c = f_m - 2.054 (0.07f_m)$

$f'_c = f_m - 0.14f_m$

$f'_c = 0.86f_m$

$$f_m = \frac{f'_c}{0.86} = \frac{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.86} = 279.07 \approx 280 \text{ kg / cm}^2$$

Relación agua-cemento (en función de la resistencia requerida y el aire) = 0.57

Ver gráfica (1.25)

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto (en función del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento) = 195 kg

Ver tabla (1.24)

Contenido de Cemento:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\frac{195 \text{ kg}}{\text{cemento}} = 0.57$$

Masa de cemento = 350 kg

Volumen aparente del agregado grueso (En función del módulo de finura y tamaño máximo del agregado grueso) = 0.70m^3

Ver tabla (1.26)

Masa del agregado grueso

$\text{Pr} = \text{volumen aparente} * \text{peso volumétrico}$

$$\text{Pr} = 0.70 \text{ m}^3 * 1505 \text{ kg/m}^3 = 1054 \text{ kg/m}^3$$

Masa Unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso)

$$2406 \text{ Kg/m}^3$$

Ver tabla (1.27)

Masa de la Arena

$\text{P. arena} = \text{P. concreto} - \text{P. ripio} - \text{P. agua} - \text{P. cemento}$

$$\text{P. arena} = (2406 - 1054 - 195 - 350) \text{ kg}$$

$$\text{P. arena} = 807 \text{ kg}$$

Masa Neta del Ripio

$\text{P.n.r} = \text{P. ripio} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$\text{P.n.r} = 1054 \text{ kg} * (1 + 0.0646)$$

$$\text{P.n.r} = 1122 \text{ kg}$$

Masa Neta de la Arena

$\text{P.n.a} = \text{P. arena} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$\text{P.n.a} = 807 \text{ kg} * (1 + 0.059)$$

$$\text{P.n.a} = 854 \text{ kg}$$

Masa Neta del Agua

$P.n.a = P. \text{ agua} * (1 + \% \text{ absorción de ripio y arena})$

$P.n.a = 195 * (1 + 0.12)$

$P.n.a = 218 \text{ kg}$

Dosificación para 1 m³ de Hormigón

Material	Masa (kg)
Cemento	350
Ripio	1122
Arena Homogenizada	427
Arena de Mar	427

Dosificación para 1 saco de cemento

Material	Masa (kg)
Cemento	50
Ripio	160
Arena Homogenizada	61
Arena de Mar	61
Agua	31
Agua	218

3.10.4 Diseño de Hormigón Estructural Cantera Holcim Chorrillo

Resistencia requerida: 240 kg/cm²

Asentamiento máximo: 10cm (4")

Peso volumétrico del agregado grueso: 1522 kg/m³

Arena (50% Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Módulo de Finura: 2.5

Absorción del agregado grueso: 7.72%

Absorción del agregado fino: 5.9%

Concreto sin aire incluido

Mayoración de resistencia requerida

Ver tabla (1.23)

$f'_c = f_m - 2.054 \sigma$ para un 2% de muestras que tengan valores disparados.

$f'_c = f_m - 2.054 (0.07f_m)$

$f'_c = f_m - 0.14f_m$

$f'_c = 0.86f_m$

$$f_m = \frac{f'_c}{0.86} = \frac{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.86} = 279.07 \approx 280 \text{ kg / cm}^2$$

Relación agua-cemento (en función de la resistencia requerida y el aire) = 0.57

Ver gráfica (1.25)

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto (en función del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento) = 195 kg

Ver tabla (1.24)

Contenido de Cemento:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\frac{195 \text{ kg}}{\text{cemento}} = 0.57$$

Masa de cemento = 350 kg

Volumen aparente del agregado grueso (En función del módulo de finura y tamaño máximo del agregado grueso) = 0.70m^3

Ver tabla (1.26)

Masa del agregado grueso

$P_r = \text{volumen aparente} * \text{peso volumétrico}$

$$P_r = 0.70 \text{ m}^3 * 1522 \text{ kg/m}^3 = 1065 \text{ kg/m}^3$$

Masa Unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso)

$$2406 \text{ Kg /m}^3$$

Ver tabla (1.27)

Masa de la Arena

$P. \text{ arena} = P. \text{ concreto} - P. \text{ ripio} - P. \text{ agua} - P. \text{ cemento}$

$$P. \text{ arena} = (2406 - 1065 - 195 - 350) \text{ kg}$$

$$P. \text{ arena} = 796 \text{ kg}$$

Masa Neta del Ripio

$P.n.r = P. \text{ ripio} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$P.n.r = 1065 \text{ kg} * (1 + 0.0772)$$

$$P.n.r = 1147 \text{ kg}$$

Masa Neta de la Arena

$P.n.a = P. \text{ arena} * (1 + \% \text{ absorción})$

$$P.n.a = 796 \text{ kg} * (1 + 0.059)$$

$$P.n.a = 843 \text{ kg}$$

Masa Neta del Agua

$P.n.a = P. \text{ agua} * (1 + \% \text{ absorción de ripio y arena})$

$P.n.a = 195 * (1 + 0.136)$

$P.n.a = 222 \text{ kg}$

Dosificación para 1 m³ de Hormigón

Material	Masa (kg)
Cemento	350
Ripio	1147
Arena Homogenizada	421.5
Arena de Mar	421.5
Agua	222

Dosificación para 1 saco de cemento

Material	Masa (kg)
Cemento	50
Ripio	164
Arena Homogenizada	60
Arena de Mar	60
Agua	31.7

3.10.5 Diseño de Hormigo, Método ACI – 211 (Granulometría Diseñada)

Resistencia requerida: 240 kg/cm^2

Asentamiento máximo: 10cm (4")

Peso volumétrico del agregado grueso: 1525 kg/m^3

Arena (50% Homogenizada + 50% Arena de Mar)

Módulo de Finura: 2.5

Absorción del agregado grueso: 5.45%

Absorción del agregado fino: 5.9%

Concreto sin aire incluido

Mayoración de resistencia requerida

Ver tabla (1.23)

$f'c = fm - 2.054 \sigma$ para un 2% de muestras que tengan valores disparados.

$f'c = fm - 2.054 (0.07fm)$

$f'c = fm - 0.14fm$

$f'c = 0.86fm$

$$fm = \frac{f'c}{0.86} = \frac{240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.86} = 279.07 \approx 280 \text{ kg / cm}^2$$

Relación agua-cemento (en función de la resistencia requerida y el aire) = 0.57

Ver gráfica (1.25)

Cantidad de agua por metro cúbico de concreto (en función del tamaño máximo del agregado grueso y del asentamiento) = 195 kg

Ver tabla (1.24)

Contenido de Cemento:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\frac{195 \text{ kg}}{\text{cemento}} = 0.57$$

$$\text{Masa de cemento} = 350 \text{ kg}$$

Volumen aparente del agregado grueso (En función del módulo de finura y tamaño máximo del agregado grueso) = 0.70 m^3

Ver tabla (1.26)

Masa del agregado grueso

$\text{Pr} = \text{volumen aparente} * \text{peso volumétrico}$

$$\text{Pr} = 0.70 \text{ m}^3 * 1525 \text{ kg/m}^3 = 1068 \text{ kg/m}^3$$

Masa Unitaria del concreto (Dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso)

Ver tabla (1.27).

Masa de la Arena

$$\text{P. arena} = \text{P. concreto} - \text{P. ripio} - \text{P. agua} - \text{P. cemento}$$

$$\text{P. arena} = (2406 - 1068 - 195 - 350) \text{ kg}$$

$$\text{P. arena} = 793 \text{ kg}$$

Masa Neta del Ripio

$$\text{P.n.r} = \text{P. ripio} * (1 + \% \text{ absorción})$$

$$\text{P.n.r} = 1068 \text{ kg} * (1 + 0.0545)$$

$$\text{P.n.r} = 1126 \text{ kg}$$

Masa Neta de la Arena

$$P.n.a = P. arena * (1 + \% absorción)$$

$$P.n.a = 793 \text{ kg} * (1 + 0.059)$$

$$P.n.a = 840 \text{ kg}$$

Masa Neta del Agua

$$P.n.a = P. agua * (1 + \% absorción \text{ de ripio y arena})$$

$$P.n.a = 195 * (1 + 0.1135)$$

$$P.n.a = 217 \text{ kg}$$

Dosificación para 1 m³ de Hormigón

Material	Masa (kg)
Cemento	350
Ripio	1126
Arena Homogenizada	420
Arena de Mar	420
Agua	217

Dosificación para 1 saco de cemento

Material	Masa (kg)
Cemento	50
Ripio	161
Arena Homogenizada	60
Arena de Mar	60
Agua	31

3.11 Resultados de la Rotura de Cilindros Ensayo ASTM C39, ASSHTO T22, NTE INEN 1573 Resistencia a la Compresión Axial.

3.11.1 Cilindros Granulometría Original

Tabla (3.11.1.1)

Resistencia Requerida a los 28 días de curado = 240 kg/cm ²						
Diámetro de cilindro		15 cm				
Área de cilindro		176,72 cm ²				
Días de curado		7 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	4	25000,00	27000,00	26000,00	147,13	61,30
Holc. Picoazá	6	20000,00	20000,00	20000,00	113,18	47,16
Agresa	4	28000,00	22500,00	22500,00	127,32	53,05
Holc. Chorrillo	7	18500,00	21500,00	20000,00	113,18	47,16

Tabla (3.11.1.2)

Días de curado		14 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	4	38500,00	37500,00	38000,00	215,04	89,60
Holc. Picoazá	6	32500,00	32500,00	32500,00	183,91	76,63
Agresa	4	34000,00	32000,00	33000,00	186,74	77,81
Holc. Chorrillo	7	23500,00	29000,00	23500,00	132,98	55,41

Tabla (3.11.1.3)

Días de curado		21 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	4	38500,00	38500,00	38500,00	217,86	90,78
Holc. Picoazá	6	35500,00	35500,00	35500,00	200,89	83,70
Agresa	4	35500,00	39000,00	35500,00	200,89	83,70
Holc. Chorrillo	7	27500,00	27500,00	27500,00	155,62	64,84

Tabla (3.11.1.4)

Días de curado		28 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	4	41000,00	43000,00	42000,00	237,67	99,03
Holc. Picoazá	6	35500,00	36500,00	36000,00	203,72	84,88
Agresa	4	36500,00	36500,00	36500,00	206,55	86,06
Holc. Chorrillo	7	28500,00	29500,00	29000,00	164,11	68,38

3.11.2 Cilindros Granulometría Diseñada

Tabla (3.11.2.1)

Resistencia Requerida a los 28 días de curado = 240 kg/cm ²						
Diámetro de cilindro		15 cm				
Área de cilindro		176,72 cm ²				
Días de curado		7 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	3	23500,00	23500,00	23500,00	132,98	55,41
Holc. Picoazá	6	26500,00	29500,00	26500,00	149,96	62,48
Agresa	2	23500,00	23500,00	23500,00	132,98	55,41
Holc. Chorrillo	2	21000,00	19000,00	20000,00	113,18	47,16

Tabla (3.11.2.2)

Días de curado		14 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	3	35500,00	36500,00	36000,00	203,72	84,88
Holc. Picoazá	6	30000,00	30000,00	30000,00	169,76	70,74
Agresa	2	32000,00	30000,00	31000,00	175,42	73,09
Holc. Chorrillo	2	25000,00	26000,00	25500,00	144,30	60,13

Tabla (3.11.2.3)

Días de curado		21 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	3	38000,00	40000,00	39000,00	220,69	91,96
Holc. Picoazá	6	33000,00	37000,00	33000,00	186,74	77,81
Agresa	2	37000,00	36000,00	36500,00	206,55	86,06
Holc. Chorrillo	2	29500,00	29500,00	29500,00	166,94	69,56

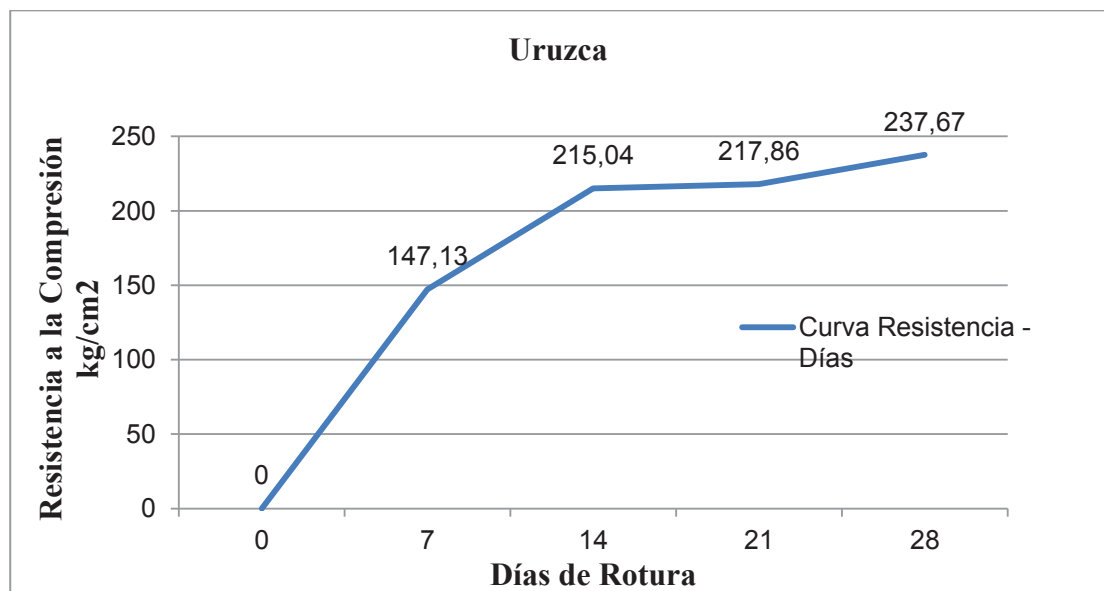
Tabla (3.11.2.4)

Días de curado		28 días				
Cantera	Asent. (cm)	Rotura 1 (kg)	Rotura 2 (kg)	Promedio (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	% Resistencia
Uruzca	3	43000,00	42000,00	42500,00	240,50	100,21
Holc. Picoazá	6	39500,00	39500,00	39500,00	223,52	93,13
Agresa	2	40000,00	35000,00	40000,00	226,35	94,31
Holc. Chorrillo	2	29000,00	31000,00	30000,00	169,76	70,74

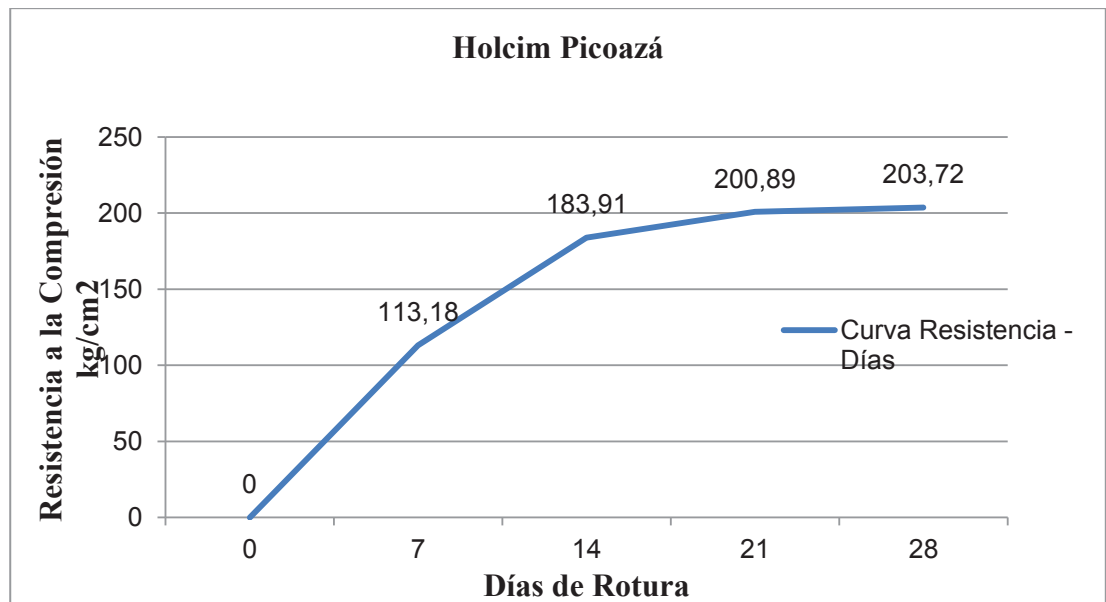
3.11.3 Gráfica Lineal de Resultados de Rotura

3.11.3.1 Resultados de Rotura, Diseño con Granulometría Original.

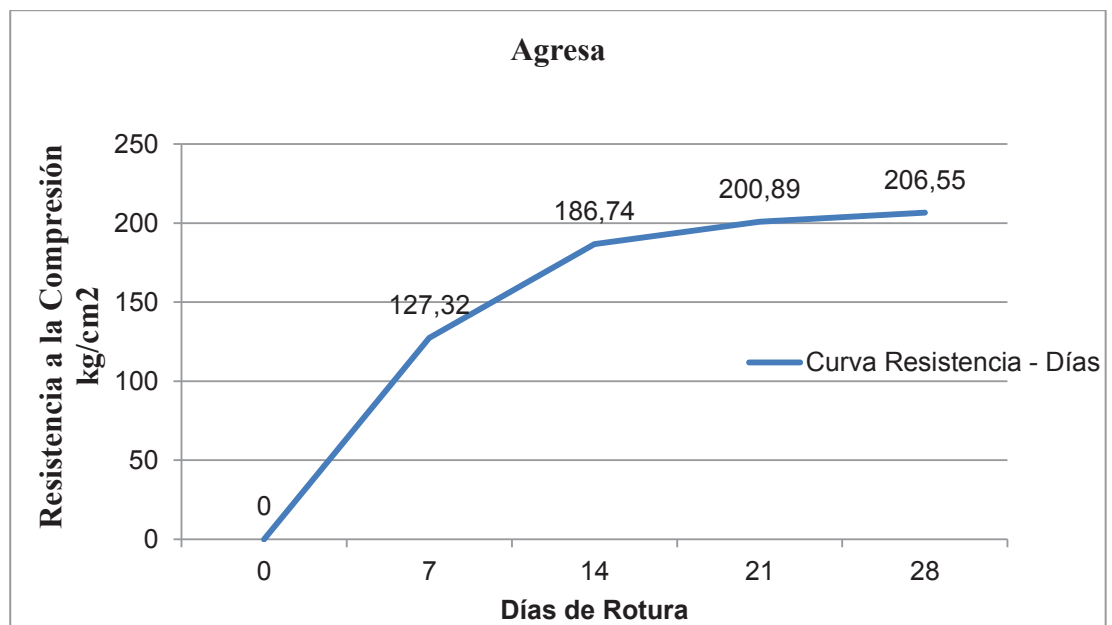
Ver tabla (3.11.1)



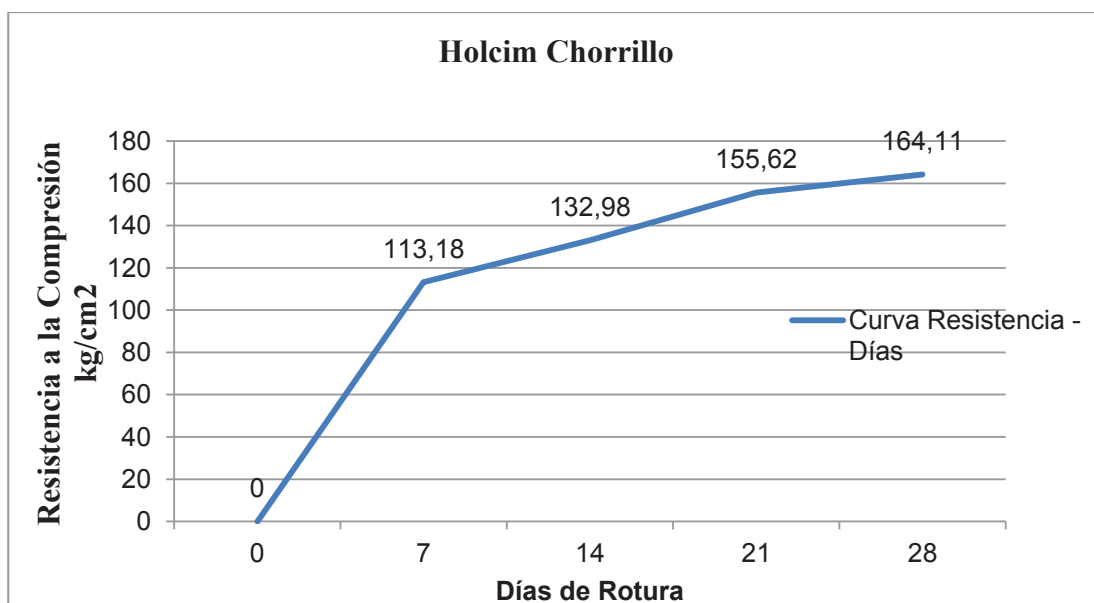
Ver tabla (3.11.1)



Ver tabla (3.11.1)

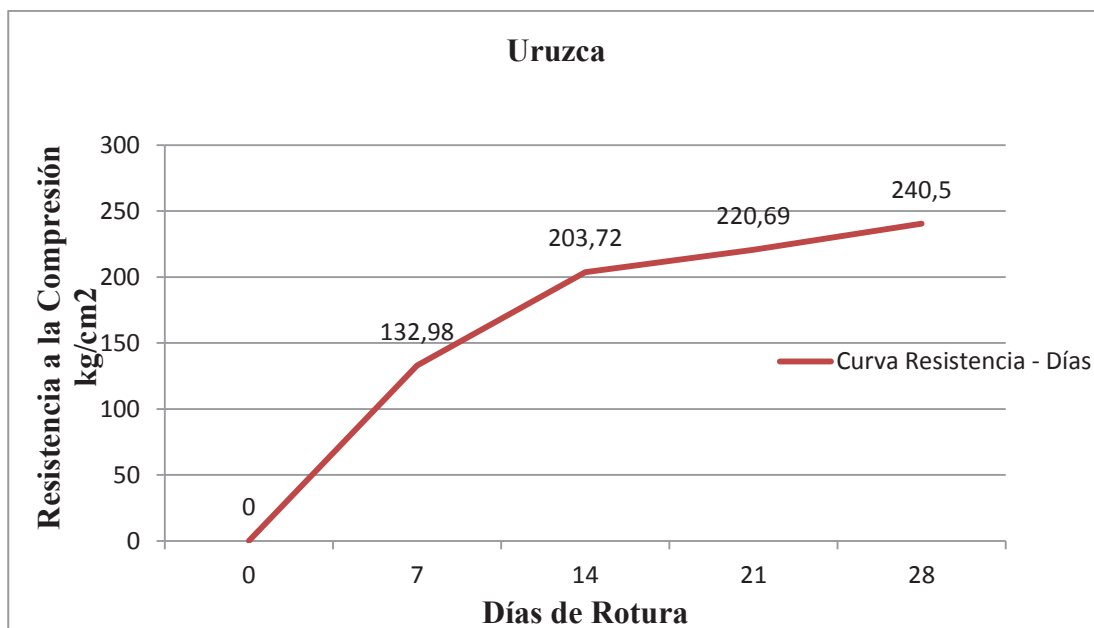


Ver tablas (3.11.1)

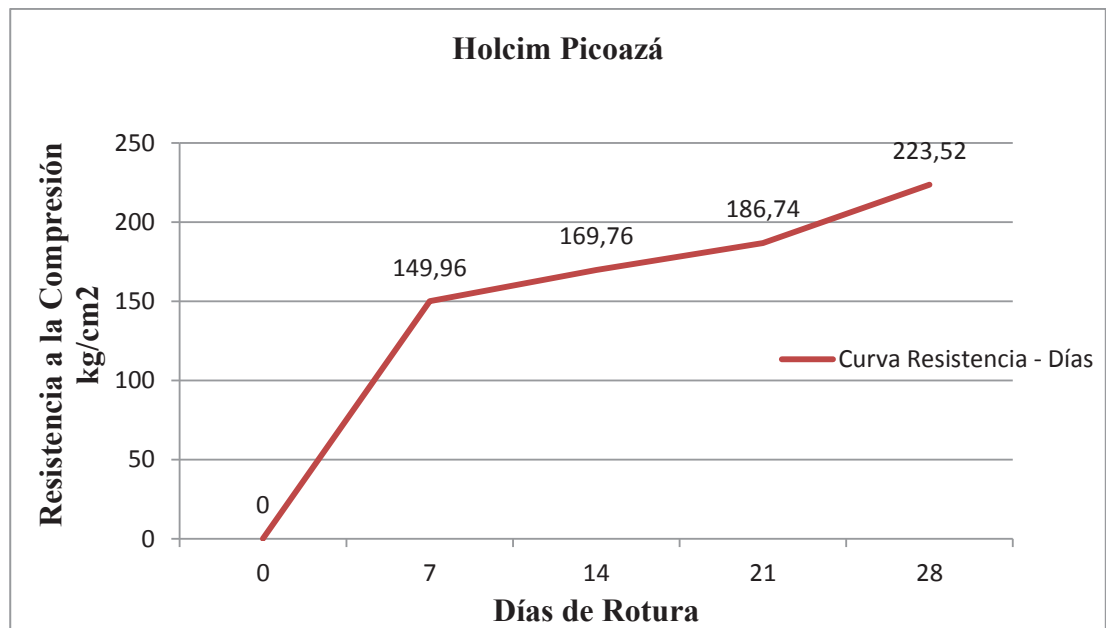


3.11.3.2 Resultados de Rotura con Granulometría Diseñada.

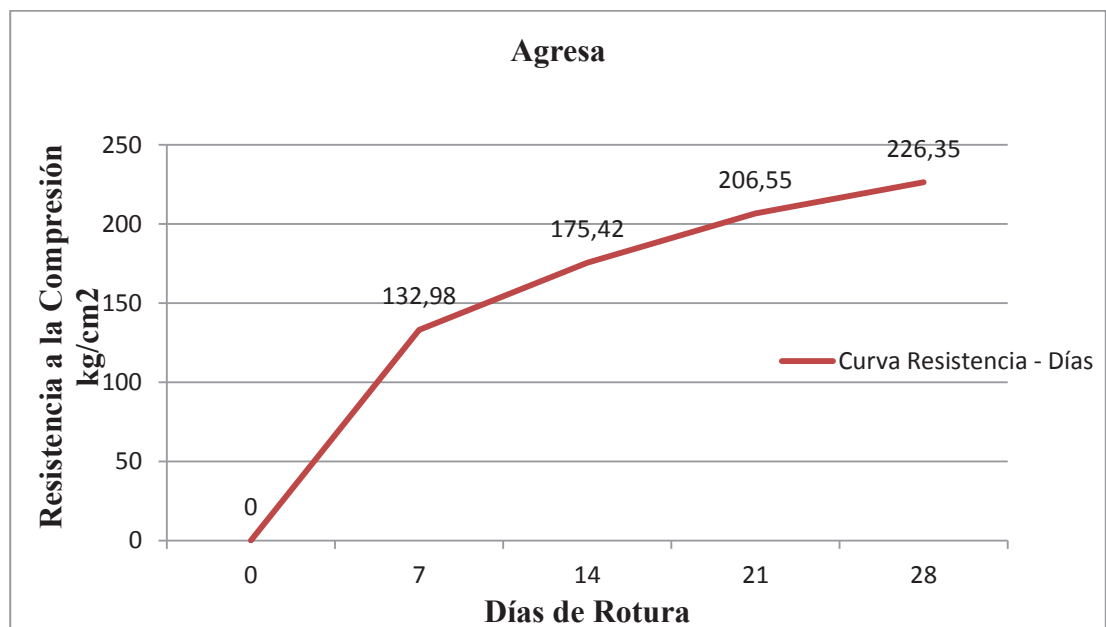
Ver tabla (3.11.2)



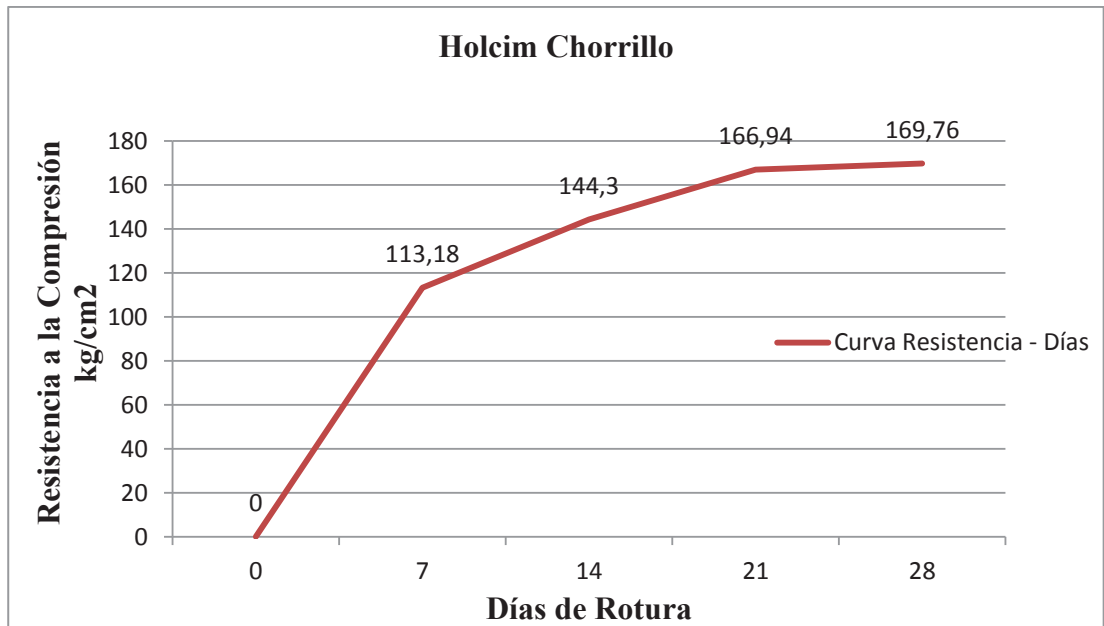
Ver tabla (3.11.2)



Ver tabla (3.11.2)



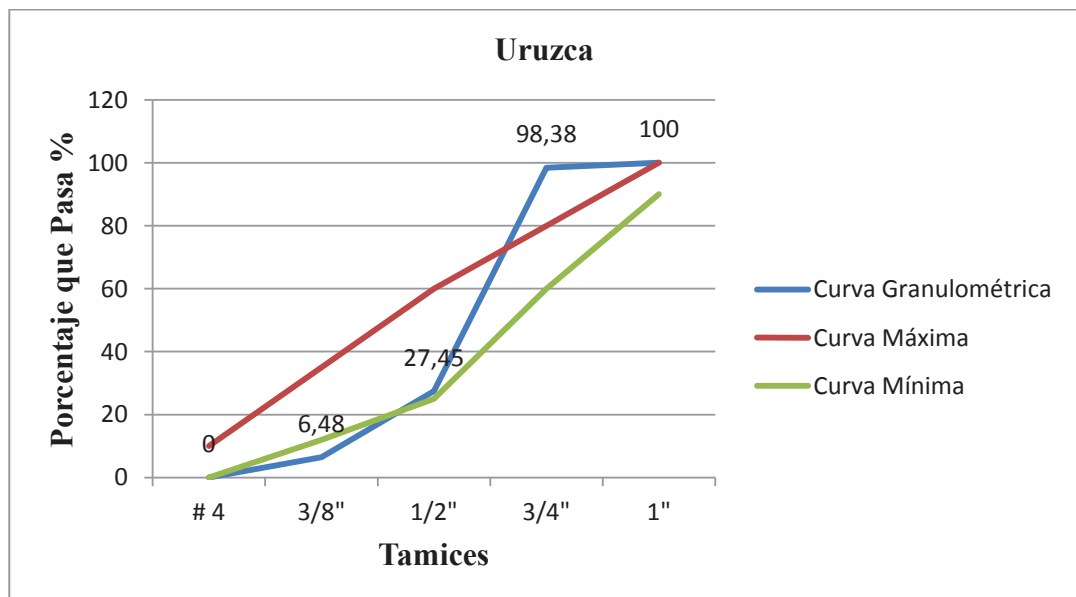
Ver tabla (3.11.2)



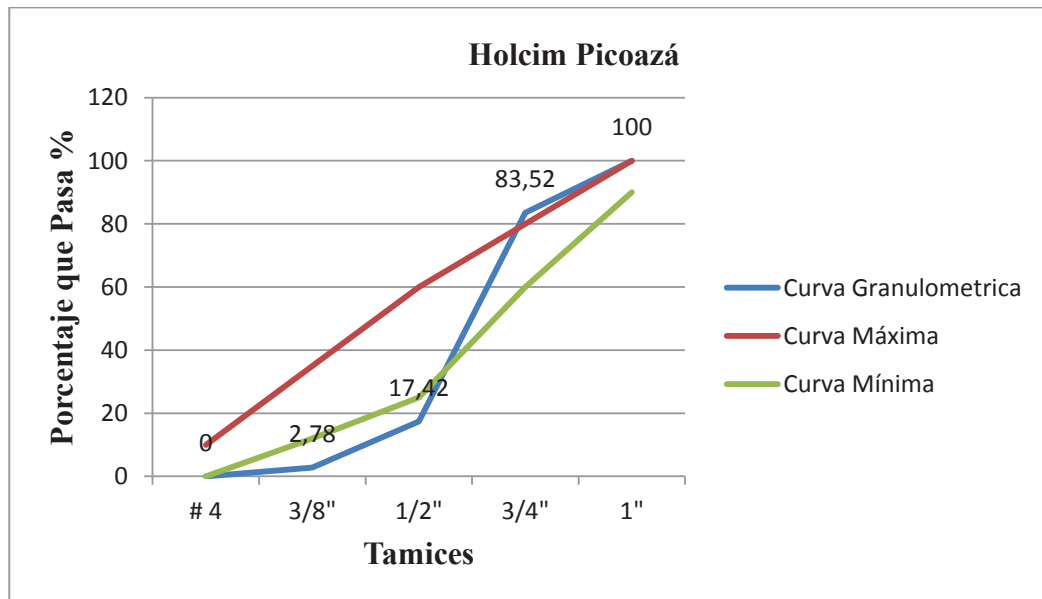
3.12 Análisis Comparativo

3.12.1 Comparación Gráfica de la Granulometría del Agregado Grueso ASTM C 33, AASHTO M80, NTE INEN 696 2011

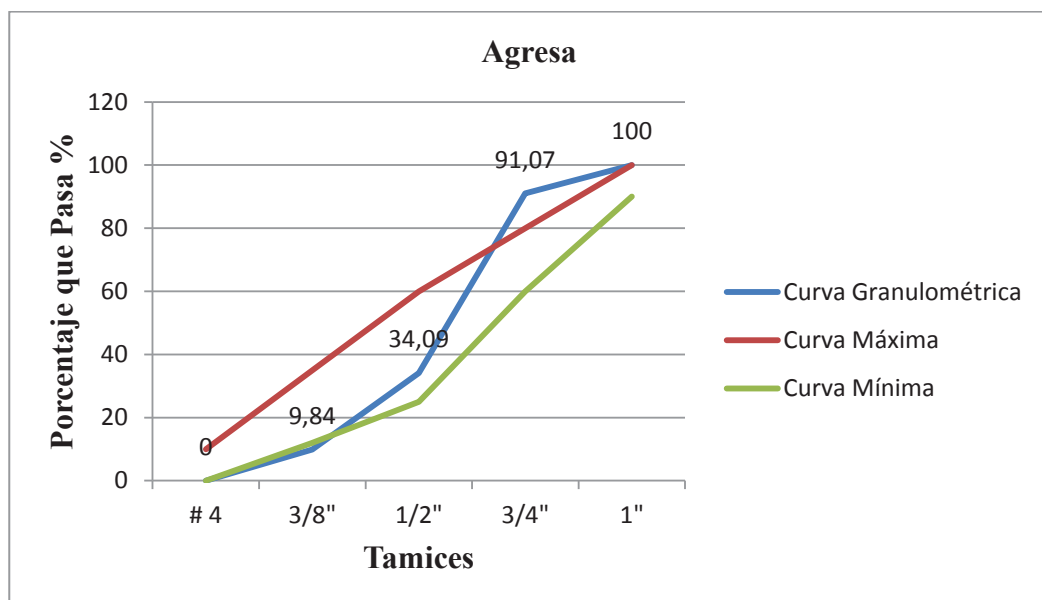
Gráfica (3.12.1.1)



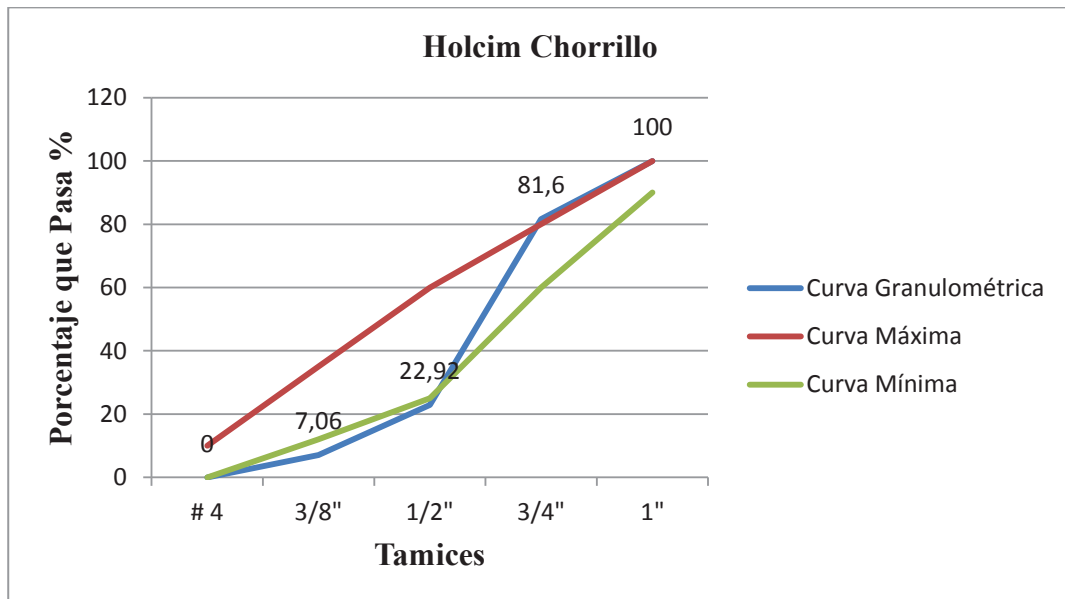
Gráfica (3.12.1.2)



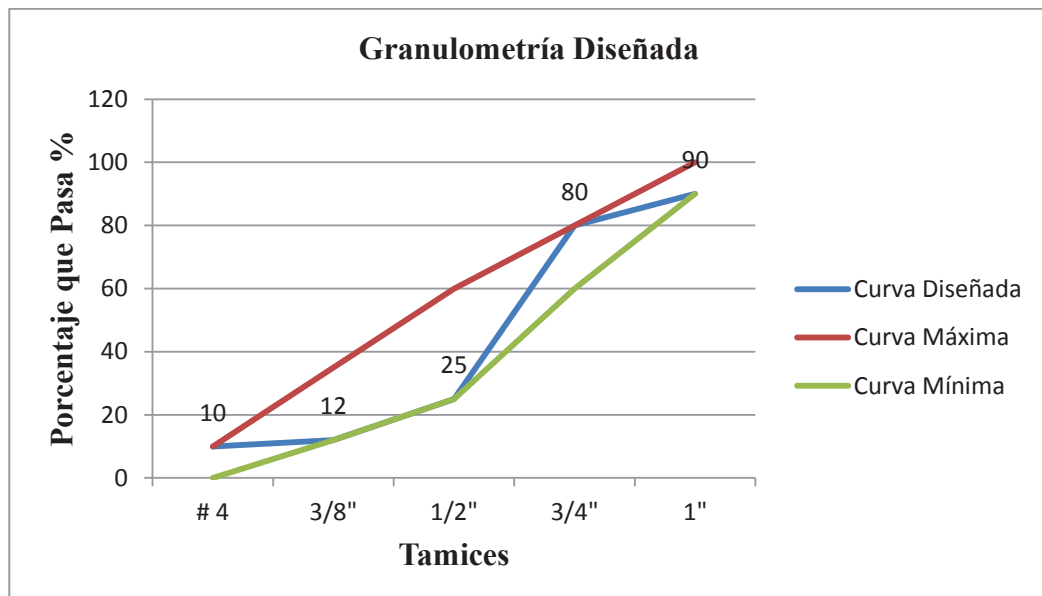
Gráfica (3.12.1.3)



Gráfica (3.12.1.4)

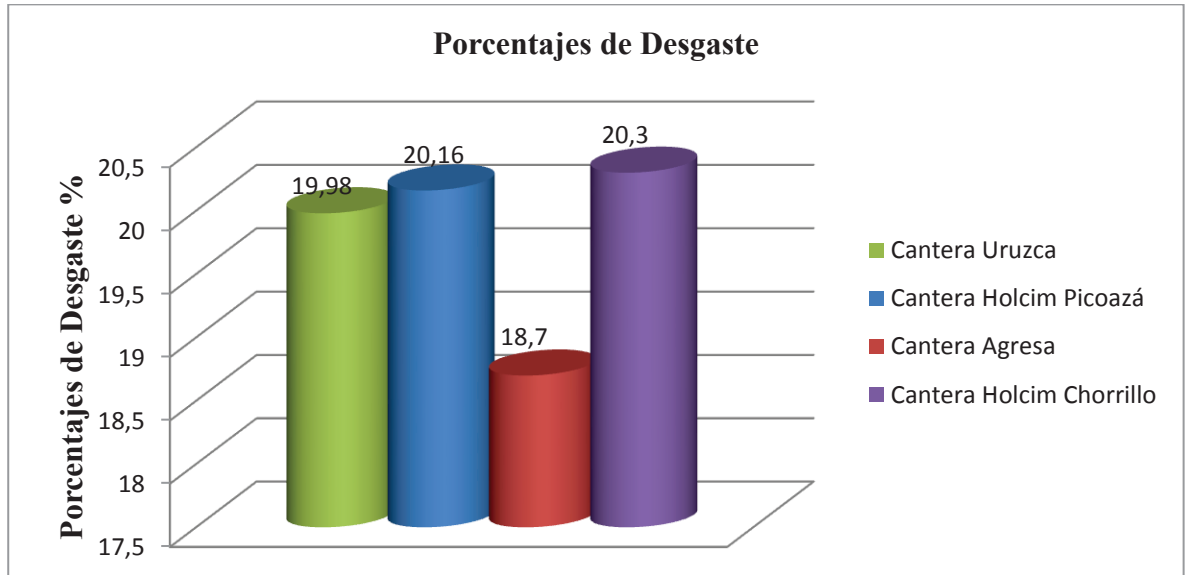


Gráfica (3.12.1.5)



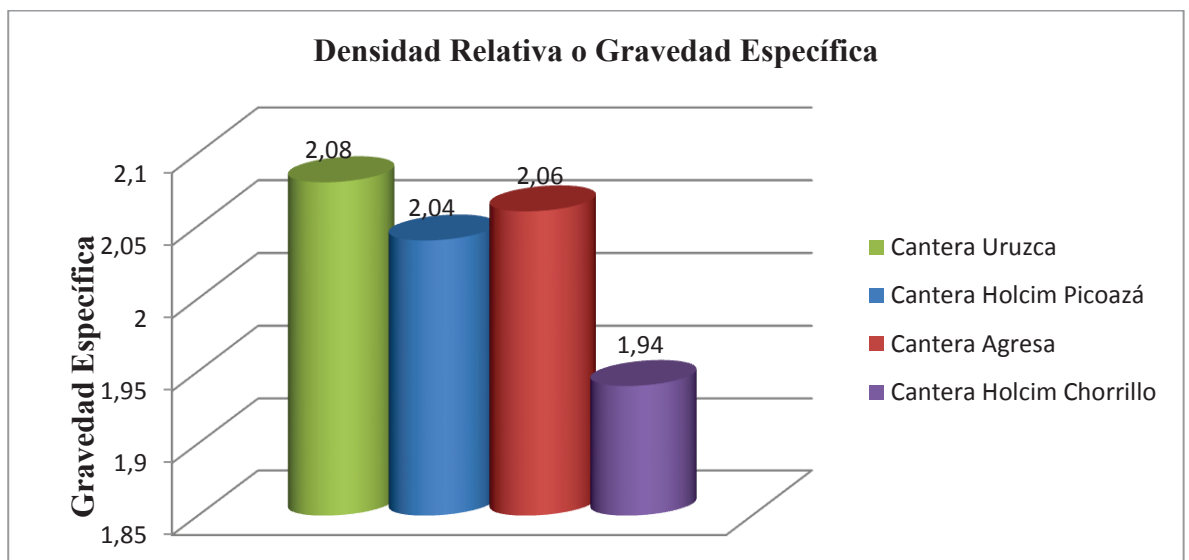
3.12.2 Comparación Gráfica de la Resistencia a la Abrasión o Desgaste del Agregado Grueso ASTM C 131, AASHTO T 96, NTE INEN 860.

Gráfica (3.12.2)

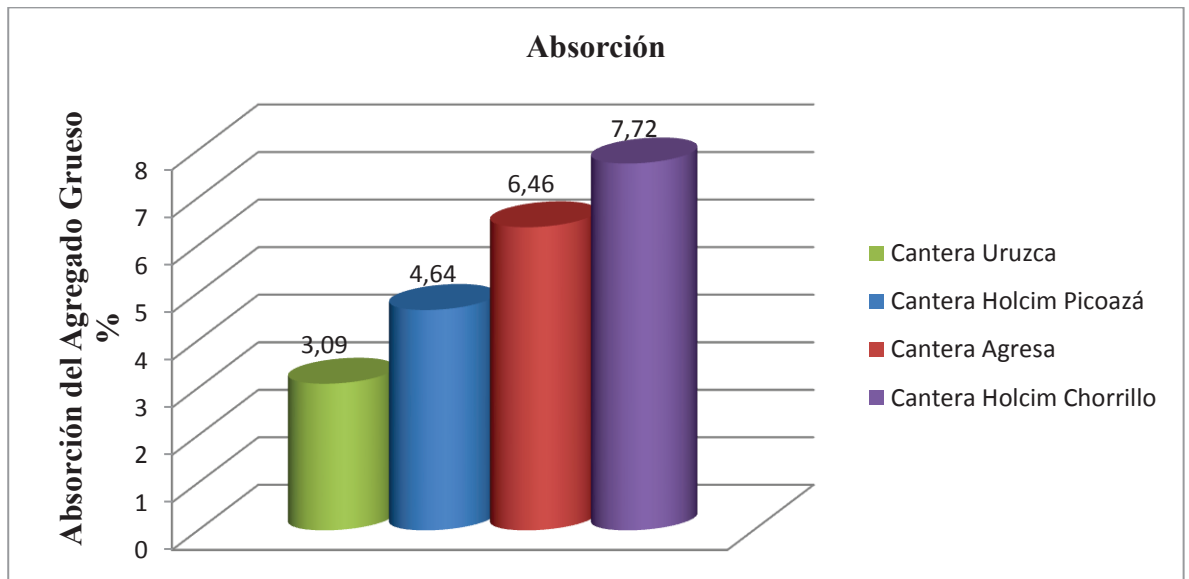


3.12.3 Comparación Gráfica de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de los Agregados Gruesos ASTM C 127, AASHTO T 85, NTE INEN 857.

Gráfica (3.12.3.1)

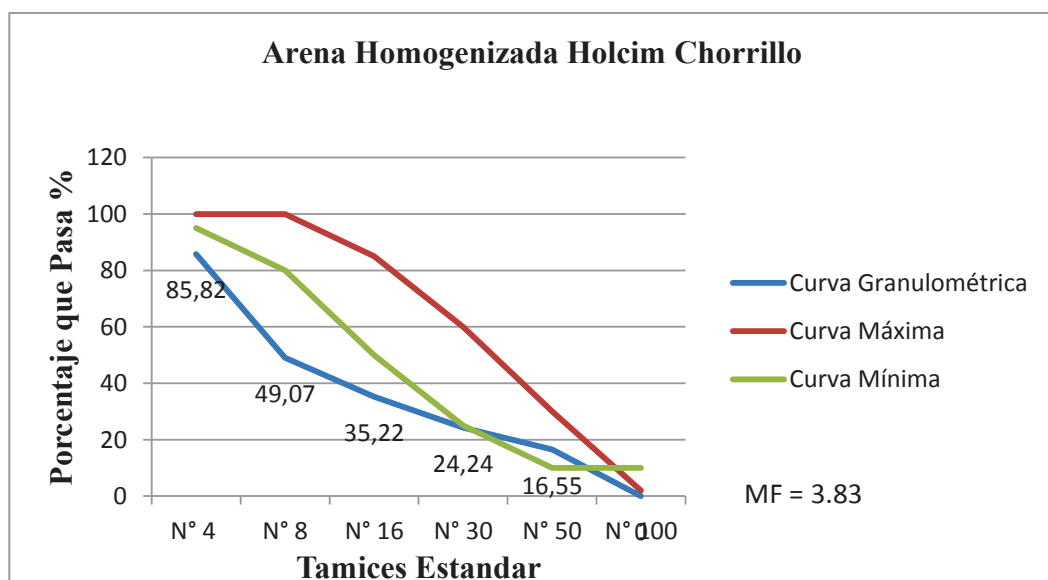


Gráfica (3.12.3.2)

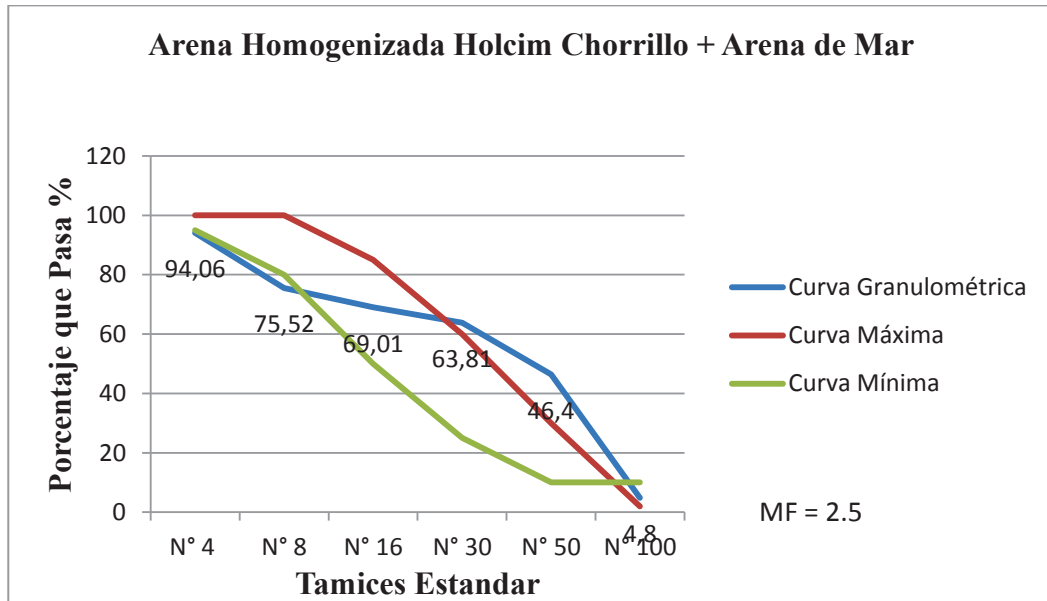


3.12.4 Comparación Gráfica de Granulometría del Agregado Fino ASTM C 33, AASHTO T 80, NTE INEN 696 2011.

Gráfica (3.12.4.1)

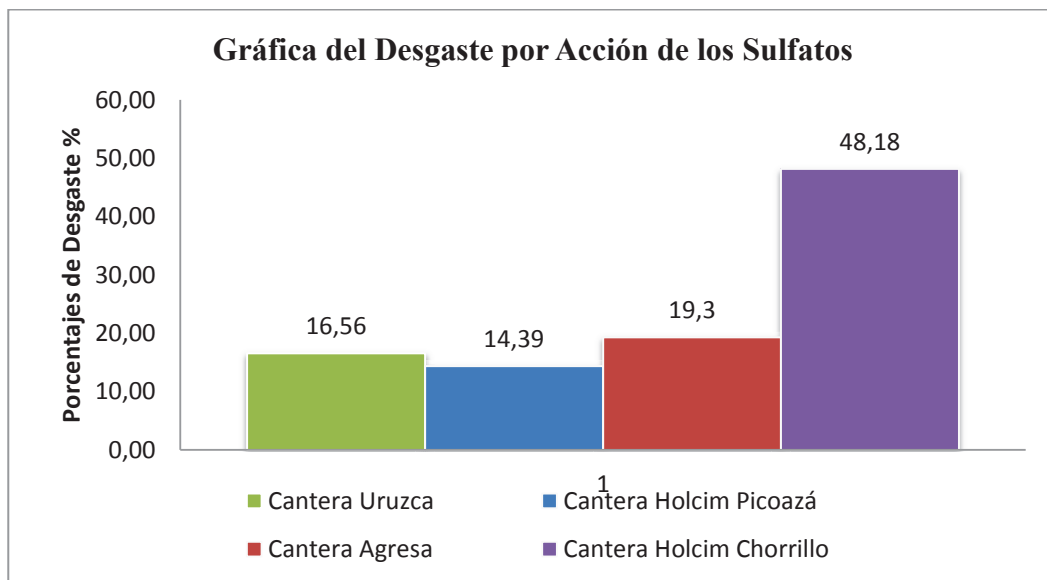


Gráfica (3.12.4.2)



3.12.5 Comparación Gráfica de Resistencia a los Sulfatos ASTM C 88, AASHTO T 104.

Gráfica (3.12.5)



3.12.6 Características Petrográficas.

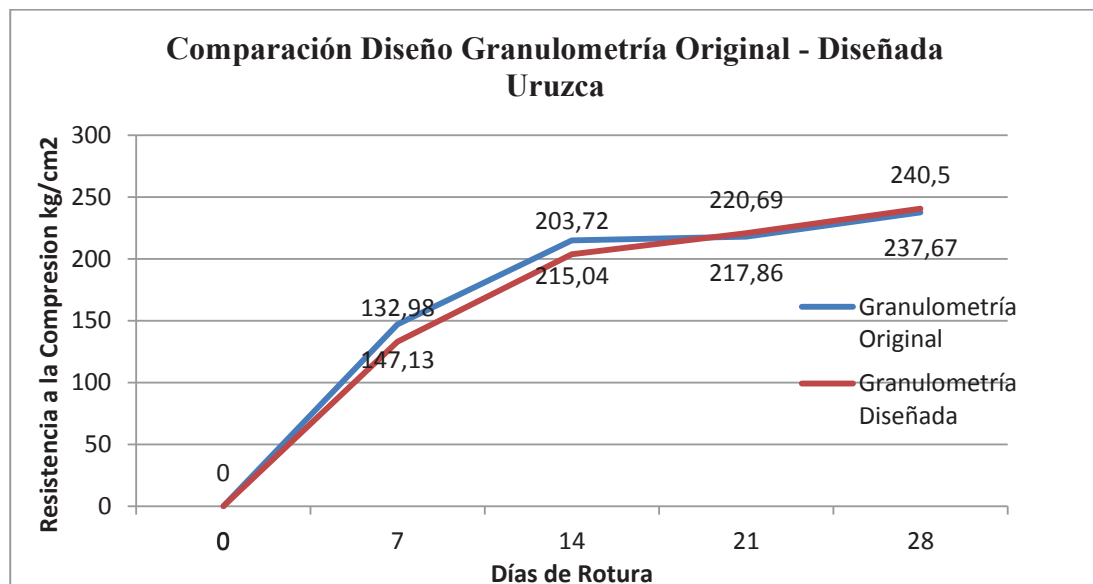
Tabla (3.12.6)

Características Petrográficas de los Agregados Gruesos				
Características	Uruzca	Holc. Picoazá	Agresa	Holc. Chorrillo
Nombre de la Roca	Basalto Cloritizado	Basalto Cloritizado	Basalto Cloritizado	Basalto Serpentinizado
Estado de Dureza	Alta	Bajo	Moderado	Baja
Grado de Alteración	Moderado	Bajo	Moderado	Alta
Minerales Nocivos	Clorita	Clorita y Vidrio	Clorita	Clorita - Serpentinita
Reacción Álcali - Agregado	Bajo	Moderado	Moderado	Alto
Observaciones	Son productos rellenos de flujo Hidrotermal			
	Son inestables en procesos de Alteración y Meteorización			

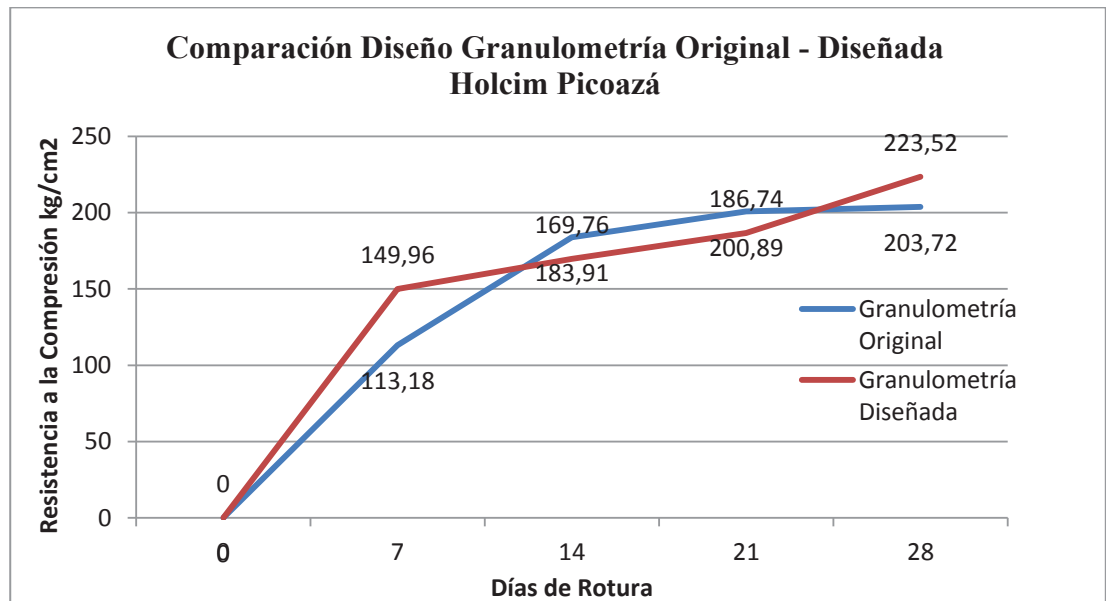
3.12.7 Comparación Gráfica de los Resultados de Rotura con Diseño

Granulometría Original y Granulometría Diseñada.

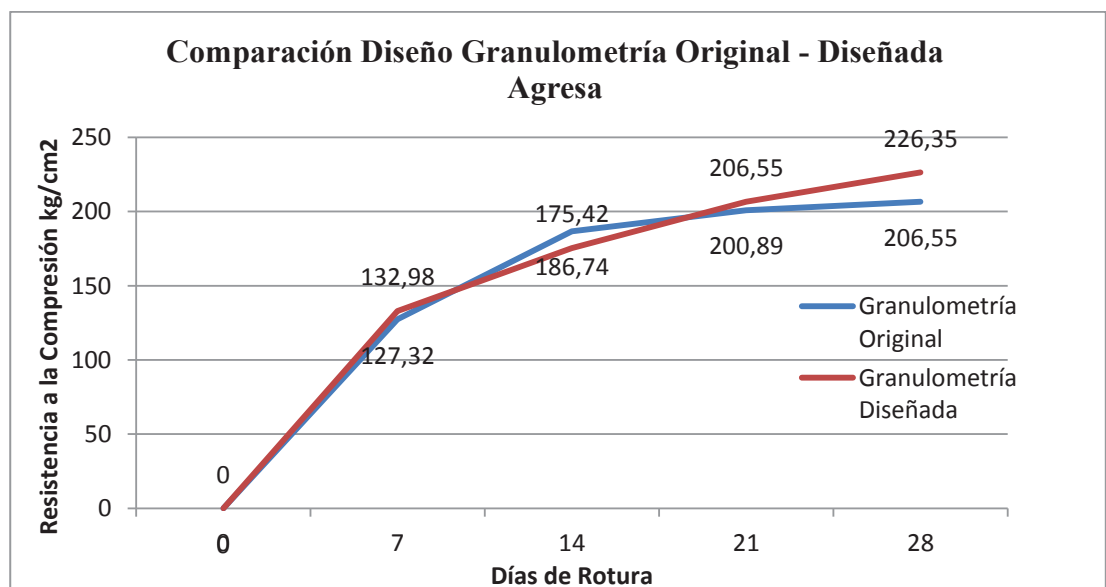
Gráfica (3.12.7.1)



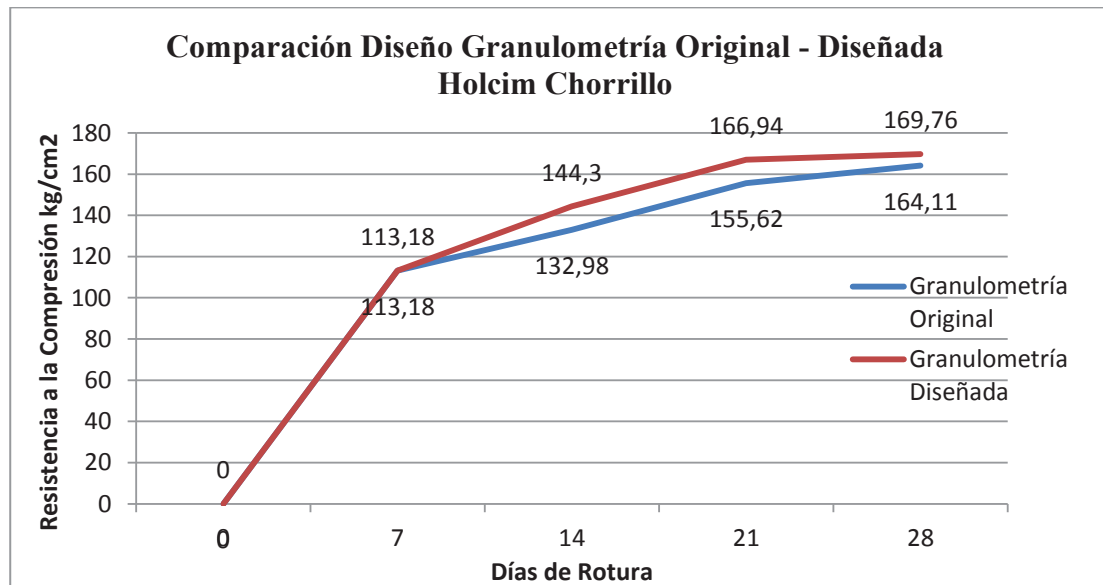
Gráfica (3.12.7.2)



Gráfica (3.12.7.3)

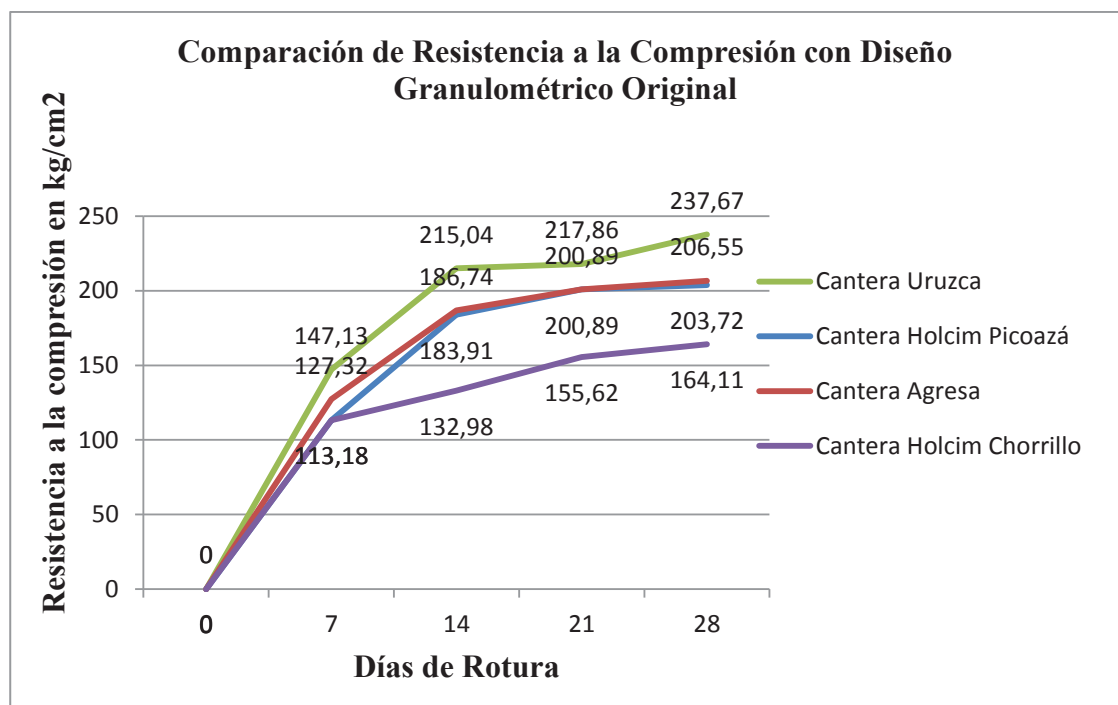


Gráfica (3.12.7.4)

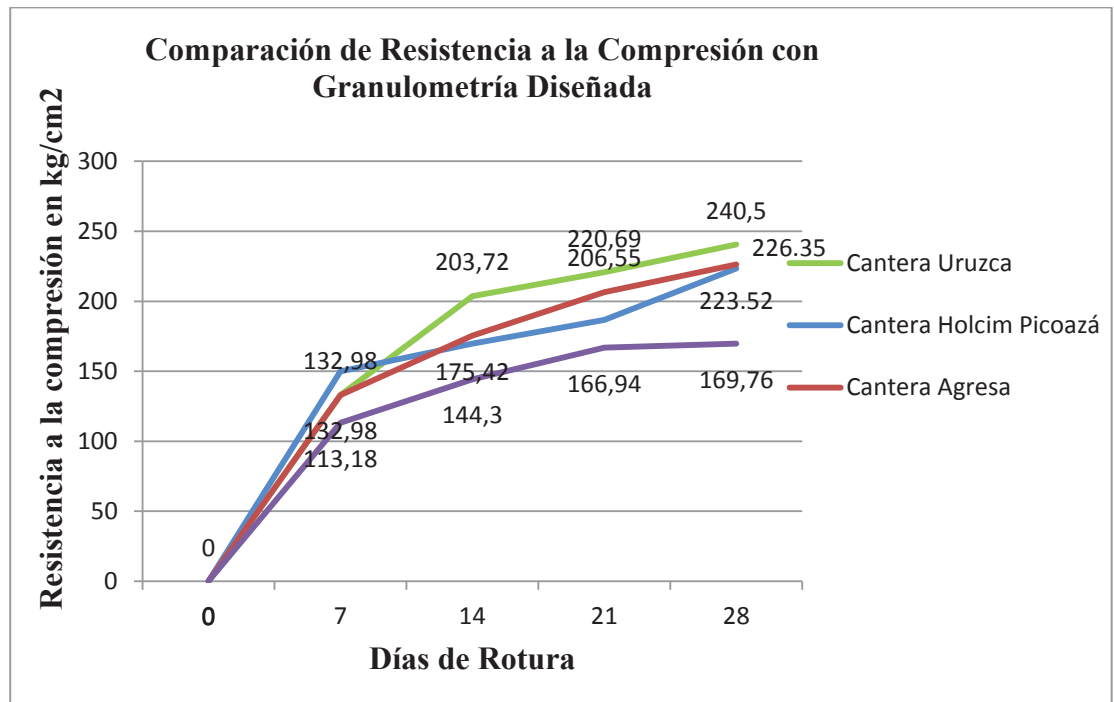


3.12.8 Comparación gráfica de las resistencias de las cuatro canteras.

Gráfica (3.12.8.1)



Gráfica (3.12.8.2)



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

1.- La granulometría del agregado grueso maneja unos rangos máximos y mínimos, ninguna de las muestras cumplió en su totalidad con los límites para el tamaño nominal de 12.5 mm (1/2 pulg), Uruzca y Agresa tienen dos tamices cuyos porcentajes que pasa están fuera de rango, Holcim Picoazá y Chorrillo tienen tres. Las muestras de agregado grueso con granulometría diseñada cumplieron con todos los límites. Ver gráficas (3.12.1.1 – 3.12.1.2 – 3.12.1.3 – 3.12.1.4 – 3.12.1.5).

2.- Analizando los resultados de comparación de las resistencias dadas entre el diseño con granulometría original y el diseño con granulometría diseñada, sí existe una variación en los resultados; esto nos indica que la granulometría sí es influyente en el diseño y la resistencia del hormigón, a mejor granulometría se obtiene mayores resistencias. Ver gráficas (3.12.7.1 – 3.12.7.2 – 3.12.7.3 – 3.12.7.4)

3.- Para elementos estructurales sometidos a ciclos de carga y descarga, la calidad estructural del agregado grueso es significativa y determinante en su durabilidad. Los resultados obtenidos del ensayo de Resistencia a la Abrasión (Máquina de Los Ángeles) nos indican que todos los agregados están dentro de la norma (menor al 40%), siendo la muestra de la Cantera El Chorrillo la más desgastada. La muestra de la Cantera Uruzca presentó menor desgaste. Ver gráfica (3.12.2).

4.- Siendo la densidad una característica propia de la muestra de cada cantera y revisando los resultados de resistencias tanto en el diseño con granulometría original y diseño con granulometría diseñada, esto indica que la densidad influye directamente en la resistencia del hormigón. Ver gráficas (3.12.3.1 – 3.12.8.1 – 3.12.8.2).

5.- La densidad no es directamente proporcional a la absorción. La absorción está directamente relacionada con la porosidad. La densidad depende de la calidad de la matriz cementante del agregado (roca), ya que esta puede ser alta pero si la roca

posee una elevada porosidad esta es más absorbente y más frágil. Ver gráficas (3.12.3.1 – 3.12.3.2).

6.- El peso volumétrico (masa unitaria) para el diseño del hormigón varía debido a las granulometrías de las muestras de cada cantera ya que en el ensayo con las muestras de granulometría diseñada los pesos volumétricos fueron aproximadamente iguales. Ver tabla (3.4.3).

7.- Analizando los resultados de la granulometría del agregado fino (arena homogenizada), se concluye que esta no está apta para el diseño de hormigones con el método ACI 211, por cuanto no cumple con los límites del módulo de finura 2.3 - 3.1 y está fuera de los límites granulométricos. Mezclado 50% de arena de mar y 50% de arena homogenizada, se cumplió con el módulo de finura, pero todavía se mantuvo fuera de la granulometría ideal. Ver gráficas (3.12.4.1 y 3.12.4.2).

8.- Realizando el ensayo de Resistencia a los Sulfatos las acciones de deterioro encontradas superan el máximo tolerado por la norma (12%) en todas las muestras, presentando desintegración, desmoronamiento y agrietamiento, la muestra de la Cantera El Chorrillo es la más desgastada. Ver gráficas (3.12.5).

9.-Basados en los resultados de ensayos Petrográficos la Reacción Álcali – Agregado la muestra de la Cantera Holcim Chorrillo es la más reactiva. Desde el inicio de los ensayos que se requerían un lavado del agregado grueso, se notó sobre todo en las partículas retenidas en los tamices 3/8” y # 4, que al hidratarlo se dividía (segregaba) en partículas más pequeñas, causados aparentemente por su inestabilidad a la meteorización indicado en el ensayo Petrográfico. La muestra de la Cantera Uruzca tiene un estado de dureza alto, presentando las mejores características petrográficas con respecto a las otras. Ver tabla (3.12.6).

10.-Basados en los análisis de los ensayos de resistencia a compresión a las muestras de hormigón con agregados de las diferentes canteras, concluimos que la de mejor característica y comportamiento son los Agregados explotados por la Empresa Uruzca (Cerro Guayabal), ya que fue la única que llegó a la resistencia de diseño. Ver gráficas (3.12.8.1 – 3.12.8.2)

11.- La metodología de esta tesis puede ser usada como Manual de Laboratorio para la evaluación de agregados, ya que homologa términos para un mejor entendimiento y utiliza equipos y herramientas disponibles en el Laboratorio de la Facultad.

4.2 Recomendaciones.

1.- Se recomienda que se indique a las empresas productoras de Agregado Grueso, manejen un control de calidad más exigente para garantizar un producto de mejores características, ya que el control de la granulometría en obra no sería práctico y encarecería los costos.

2.- Se recomienda en el laboratorio el uso de una máquina para cuarteo, ya que el cuarteo manual puede causar contaminación y segregación del material.

3.- Para elementos estructurales (Pistas de Aeropuertos, Muros Rompe Olas, Vías de Hormigón, etc.) sometidos a ciclos de carga y descarga, se recomienda el uso de agregado grueso de mejores características que las proporcionadas por canteras locales.

4.- Debería producirse un Agregado Fino que cumpla con la granulometría y el módulo de finura, para no tener que usar arena de mar.

5.-El Cloruro de Sodio de la arena de mar siendo una sal, puede influir en menor grado para un comportamiento como el de la resistencia a los sulfatos. Se recomienda realizar estudios más específicos acerca de la influencia de la arena de mar en el comportamiento del agregado grueso y el hormigón armado, sobre todo en obras que van a estar expuestas a ciclos de humedecimiento y secado, estableciendo así un punto de vista científico.

6.- Analizamos los resultados finales de las resistencias, se recomienda el uso de aditivos plastificantes reductores de agua que al emplearse mejoren las resistencias del hormigón y así compensar las deficiencias que tiene el agregado grueso de la localidad para llegar a las resistencias de diseño.

ANEXOS



Anexo 1 Recolección de Muestras de Agregado Grueso.



Anexo 2 Cantera Holcim Picoazá.



Anexo 3 Cantera Uruzca.



Anexo 4 Recolección de Ripio de ½”.



Anexo 5 Visita a Cantera Agresa.



Anexo 6 Ingreso a Cantera Agresa



Anexo 7 Entrada a Cantera Holcim Chorrillo.



Anexo 8 Trituradora en Cantera Holcim Chorrillo.



Anexo 9 Banda de Transportación Cantera Holcim Chorrillo.



Anexo 10 Ensayo de Granulometría.



Anexo 11 Ensayo de Densidad Agregado Grueso.



Anexo 12 Ensayo de Densidad Aparente Agregado Fino.



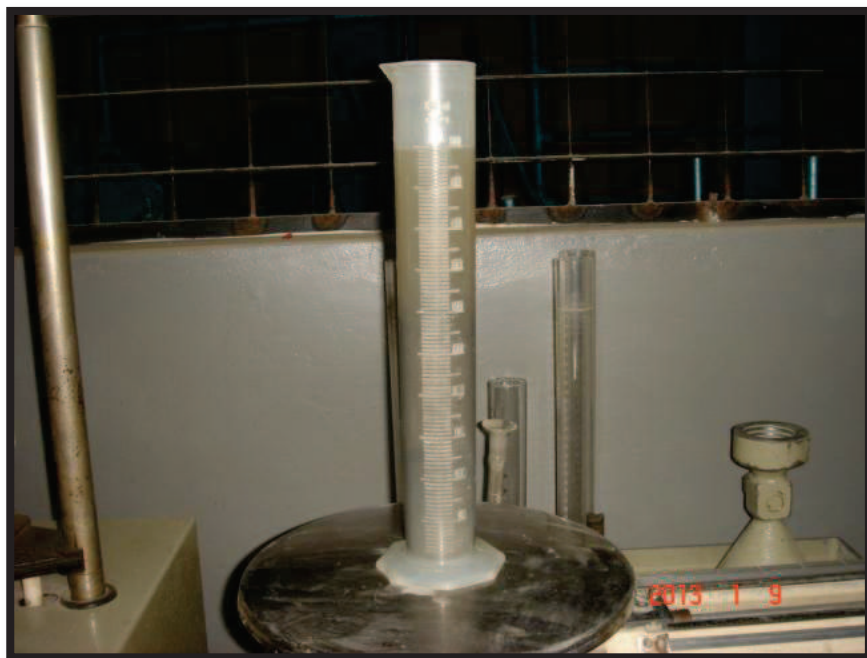
Anexo 13 Ensayo de Densidad y Absorción Agregado Fino.



Anexo 14 Ensayo de Densidad Condición sss



Anexo 15 Ensayo de Densidad Llenado de Picnómetro.



Anexo 16 Arena + Picnómetro + Agua



Anexo 17 Dosificación para Hormigón.



Anexo 18 Agregado Granulometría Original.



Anexo 19 Agregados para Hormigón.



Anexo 20 Preparación de Hormigón.



Anexo 21 Ensayo de Revenimiento Hormigón con Granulometría Original.



Anexo 22 Preparación de Testigos de Hormigón.



Anexo 23 Compactación por Varillado.



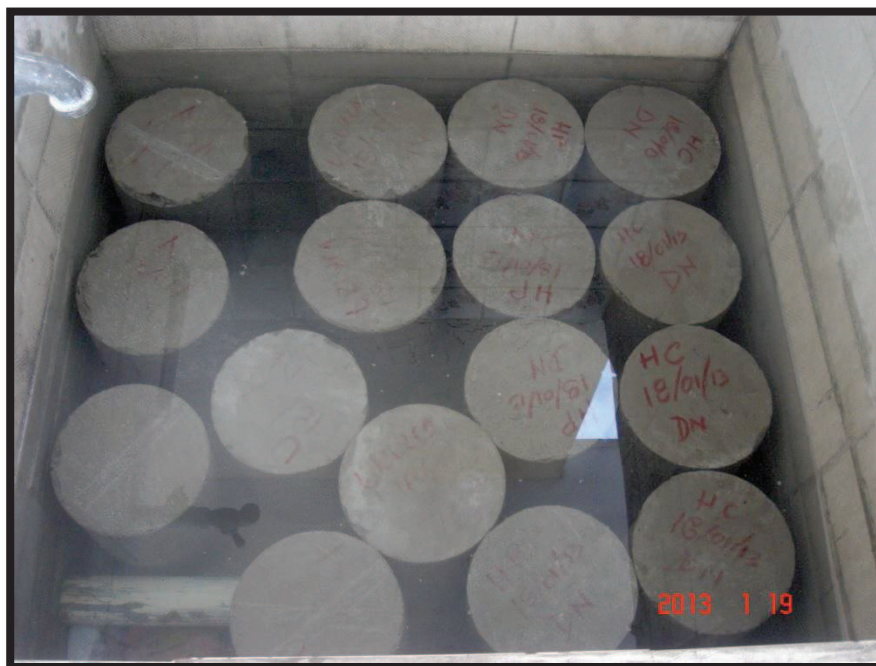
Anexo 24 Acabado de Testigos de Hormigón.



Anexo 25 Preparación de Granulometría Diseñada.



Anexo 26 Tamizaje del Material Necesario para Granulometría Diseñada.



Anexo 27 Curado de Testigos.



Anexo 28 Cuarteo de Agregados.



Anexo 29 Cuarteo Manual.



Anexo 30 Control de Nivel para Preparación de Testigo de Hormigón.



Anexo 31 Equipo para Elaboración de Testigos de Hormigón.



Anexo 32 Testigos de Hormigón Granulometría Diseñada.



Anexo 33 Preparación de testigo de hormigón para Ensayo de Rotura.



Anexo 34 Rotura de Cilindro de Hormigón.



Anexo 35 Ensayo de Rotura Compresión Axial.



Anexo 36 Cilindros Ensayados.



Anexo 37 Colocación de Caping en Testigos de Hormigón.



Anexo 38 Preparación de Material para Ensayo de Abrasión.



Anexo 39 Máquina de Los Ángeles.



Anexo 40 Material Resultante de Ensayo de Abrasión.



Anexo 41 Preparación de Solución de Sulfato de Sodio.



Anexo 42 Preparación de Muestras de Agregado Grueso para Ensayo de Resistencia a los Sulfatos.



Anexo 43 Ciclo de Hidratado.



Anexo 44 Lavado de Agregado Grueso Después de Último Ciclo.



Anexo 45 Muestra de Agregado después de Ensayo de Resistencia a los Sulfatos con grietas y Fisuras.



Anexo 46 Testigo de Hormigón Ensayado.

Anexo 47

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO

LAMINA No. URUZCA

ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Roca gris verdosa, oscura, fino-granular sus vesicular rellenas con minerales secundarios, se identifica vetillas de carbonatos, fuerte magnetismo.

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura porfiritica, con cristales de diferente tamaño, en zonas se observa concentraciones de olivinos formando una textura granular, pocas plagioclasas se han identificado y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados a clorita y serpentinizados.

PORCENTAJE APROXIMADO DE MINERALES

Fenocristales	60%
Plagioclasas	20 – 25%
Piroxenos	10 – 15%
Olivino	5 – 10%
Minerales de alteración	5 – 10%
Opacos	3 – 5%
Matriz	40%
Minerales de alteración	10 – 15%
Plagioclasas	3 – 5%
Piroxenos	5 – 10 %
Olivinos	1 – 5%
Opacos	5 – 8%
TOTAL	100%

CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES

Plagioclasas.- Gran parte de estos minerales están alterados, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas poco desarrolladas, sus bordes estas corroídos con zonas de minerales fino-granulares. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que mas dominan, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas, los olivinos se encuentran serpentinizados se identifica por su relieve característico que es alto son de tinte verdoso, la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas sub-redondeadas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita asociados a ferro magnesianos (olivinos y augitas). Existe poco cuarzo secundario y carbonatos se encuentran relleno espacios en la matriz. Tiene alto porcentaje de minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como pirrotina.

CONCLUSIONES

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (augitas y olivinos) característicos de una roca basáltica, gran parte de estos minerales están cloritizados, y parcialmente serpentinizados.

Se observa en sectores de la muestra vetillas rellenas de sílice y carbonatos, estos minerales son producto de fracturamientos y rellenos de fluido hidrotermal.

Presenta la roca minerales metálicos (sulfuros de hierro -pirrotina), que han sido incluidos por hidrotermalismo, estos minerales son inestables en procesos de meteorización y alteración.

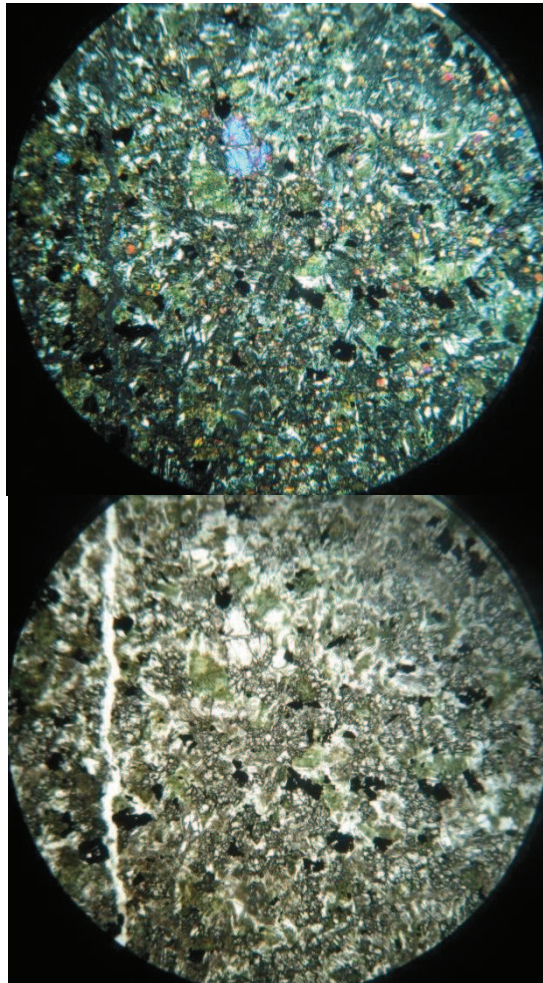
La roca es compacta su grado de alteración es alto, presenta minerales nocivos y que pueden provocar reactividad como la clorita y sulfuros.

La roca contiene minerales de alteración, en valores inferiores al 25%, estos minerales secundarios son producto de alteración.

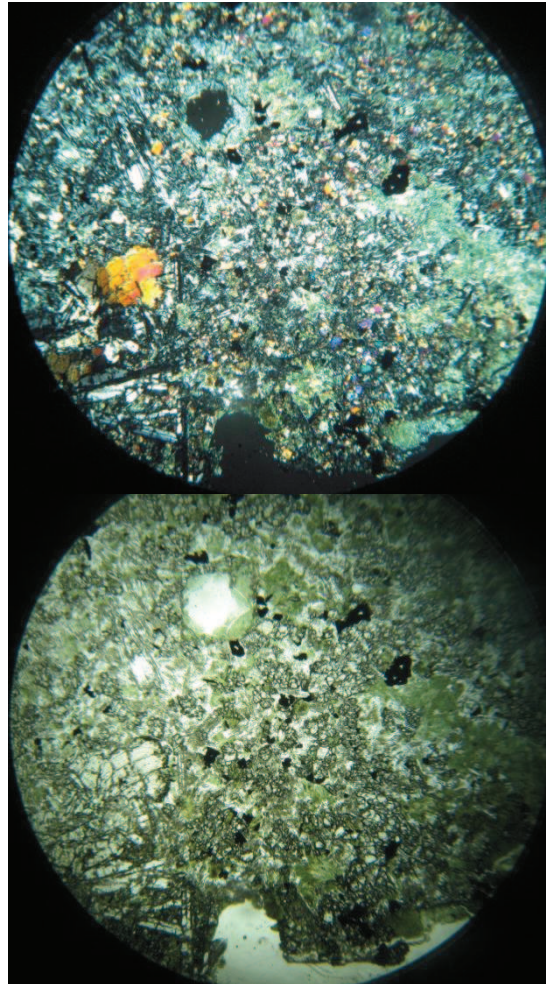
Se identifica en la lámina un porcentaje importante de minerales secundarios identificado por sus características ópticas y en finas vetillas que pueden ser potencialmente reactivo álcali-agregado.

La roca es compacta, su grado de alteración es alto, presenta importantes contenido de minerales nocivos y que pueden provocar reactividad e inestabilidad como la clorita, y los sulfuros

Nombre de la roca: Basalto con olivino cloritizado.



Microfotografía en luz polarizada (fotografía izquierda): pequeños cristales de olivinos y piroxenos (augitas) en su gran mayoría característicos de rocas basálticas, los minerales son de formas sub-redondeados debido a su alteración a clorita y serpentinizados, se puede identificar minerales de alteración (trazas de carbonatos). Foto derecha: Microfotografía en Luz natural: Con relieve alto son los piroxenos y olivinos a su alrededor minerales pequeños de tinte algo verdoso de clorita, asociados a las plagioclasas y clino-piroxenos (augitas). Los opacos (metálicos) de color negros en las dos fotografías se encuentran aislados. Se puede ver una fina vetilla rellena con carbonatos Magnificación X20.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba.): Los fenocristales son de tamaño heterogéneo, con colores fuertes son minerales augitas, las plagioclasas de color gris en la zona central están alteradas asociados a cloritas. Microfotografía en Luz natural (Abajo) Los minerales pequeños de tinte verdoso son de clorita, asociados a los clinopiroxenos y olivinos. Dispersos se observa minerales negros de pirrotina. Magnificación X20.

Anexo 48.

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO

LAMINA No.HOLCIM PICOAZÁ

ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Roca gris oscura verdosa, en sectores se observa vesículas, con finos fenocristales de plagioclasas y ferro-magnesianos (piroxenos), presenta magnetismo.

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura porfiritica inter-granular, dimensional seriada con fenocristales de plagioclasas desde 0.01 a 0,5 mm, en zonas se observa concentraciones de plagioclasas y ferro magnesianos (piroxenos y anfíboles) alterados a clorita.

PORCENTAJE APROXIMADO DE MINERALES

Fenocristales	70%
Plagioclasas	40 – 45%
Piroxenos	10 – 15%
Olivinos	3 – 5%
Minerales de alteración	1 – 2%
Opacos	1 – 5%
Matriz	30%
Plagioclasas	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %
Olivinos	1 – 5%
Anfíboles	1 – 3%
Minerales de alteración	3 – 5%
Opacos	1 – 5%
TOTAL	100%

CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES

Plagioclasas.- Gran parte de estos minerales están limpios, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas bien desarrolladas, sus bordes están ligeramente corroídos. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que mas dominan de este grupo, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas y olivinos, los anfíboles (hornblendas) por su clivaje característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas prismáticas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita y trazas de serpentinita asociados a ferro magnesianos (hornblenda y augitas) y olivinos respectivamente. Trazas de carbonatos se encuentran rellenando espacios en la matriz. Tiene minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como magnetita.

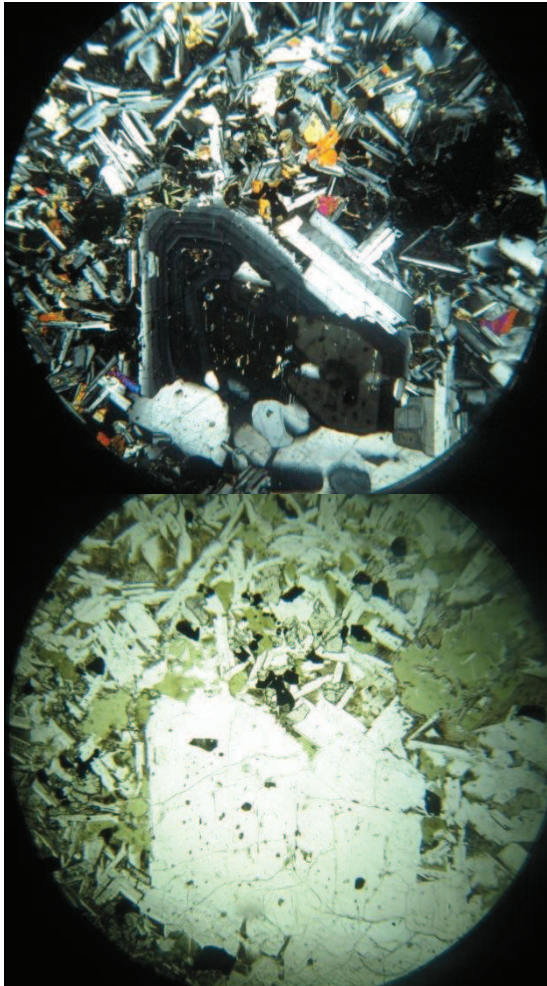
CONCLUSIONES

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (olivinos-augitas y hornblendas) característicos de una roca basáltica, gran parte de estos minerales están cloritizados.

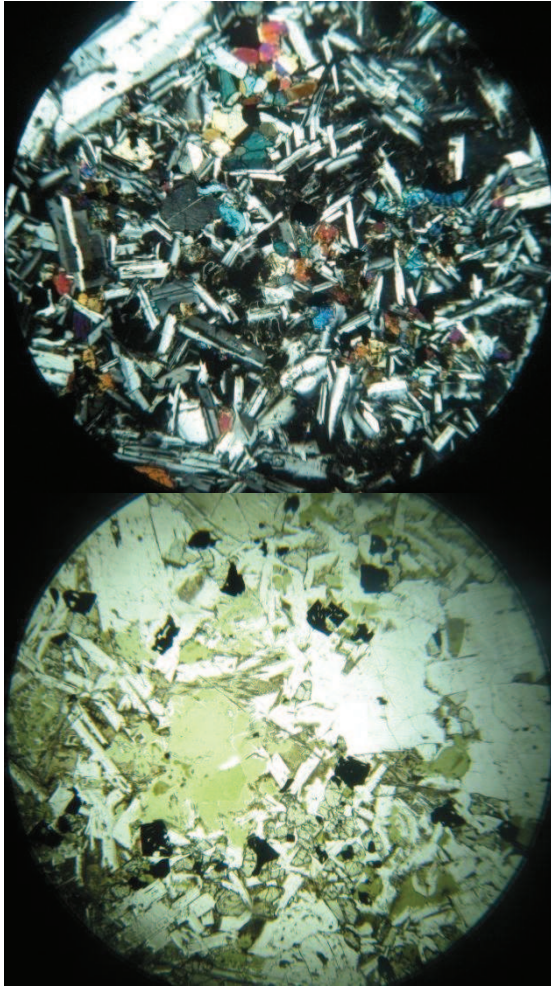
Presenta la roca poco porcentaje de minerales metálicos (magnetitas), La roca es compacta y de dureza alta, su grado de alteración es bajo, presenta pocos minerales nocivos y que pueden provocar reactividad como la clorita y vidrio.

La roca contiene minerales de alteración, en valores inferiores al 5%, estos minerales secundarios son producto de alteración.

Nombre de la roca: Basalto cloritizado.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba): fenocristales pequeños de olivinos y piroxenos (augitas) con colores fuertes característicos de rocas basálticas, los minerales grandes son de plagioclasas normales y zonadas sus bordes bien definidos, los espacios entre las plagioclasas están ocupados por vidrio devitrificado. Foto Abajo: Microfotografía en Luz natural: Con relieve alto son los piroxenos a su alrededor minerales pequeños de tinte algo verdoso de clorita, asociados a las plagioclasas y clino-piroxenos (augitas). Los opacos (metálicos) solo los de color negro en las dos fotografías y se encuentran aislados. Magnificación X20.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba.): Los fenocristales dispersos con colores fuertes son minerales ferro-magnesianos olivinos y augitas, las plagioclasas están ligeramente alteradas son de color gris/blanco, alargados en toda la lamina. Microfotografía en Luz natural (Abajo) Los minerales pequeños de tinte verdoso son de clorita, asociados a los clinopiroxenos (augitas). Dispersos se observa minerales negros de magnetita. Magnificación X20.

Anexo 49.

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO

LAMINA No. AGRESA

ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Roca gris oscura, en sectores vesicular, verdosa con finos fenocristales de plagioclasas y ferro-magnesianos, se identifica la roca fracturada presenta magnetismo, se observa vetillas milimétricas de calcita.

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura porfiritica (cristales grandes y pequeños), en zonas se observa concentraciones de plagioclasas y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados a clorita, en la matriz se observa orientación de plagioclasas que indican su depositación por fluidez.

PORCENTAJE APROXIMADO DE MINERALES

Fenocristales	30%
Plagioclasas	15 – 20%
Piroxenos	5 – 10%
Anfíboles	1 – 2%
Olivinos	1 – 3%
Matriz	70%
Plagioclasas	35 – 40%
Minerales de alteración	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %
Anfíboles	1 – 3%
Olivinos	1 – 3 %
Opacos	1 – 5%
TOTAL	100%

CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES

Plagioclasas.- Los fenocristales de plagioclasas (labradoritas) presentan sus bordes ligeramente corroídos, tienen sus bordes bien desarrollados, las maclas polisintéticos están bien formadas. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos (augitas) son los minerales de los ferro-magnesianos, por sus propiedades ópticas tienen colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas y con relieve más alto los olivinos, los anfíboles (hornblendas) por su clivaje característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve moderado - alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita en la matriz asociados a los a ferro magnesianos (hornblenda y augitas). Se ha identificado en la matriz carbonatos y rellenando finas vetillas. Los minerales opacos (metálicos) son muy pocos y presentan ligero magnetismo.

CONCLUSIONES

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (augitas y hornblendas) característicos de una roca basáltica, gran parte de estos minerales están cloritizados.

Se observa en sectores de la muestra vetillas rellenas de carbonatos, estos minerales son producto de fracturamientos y rellenos de fluido hidrotermal.

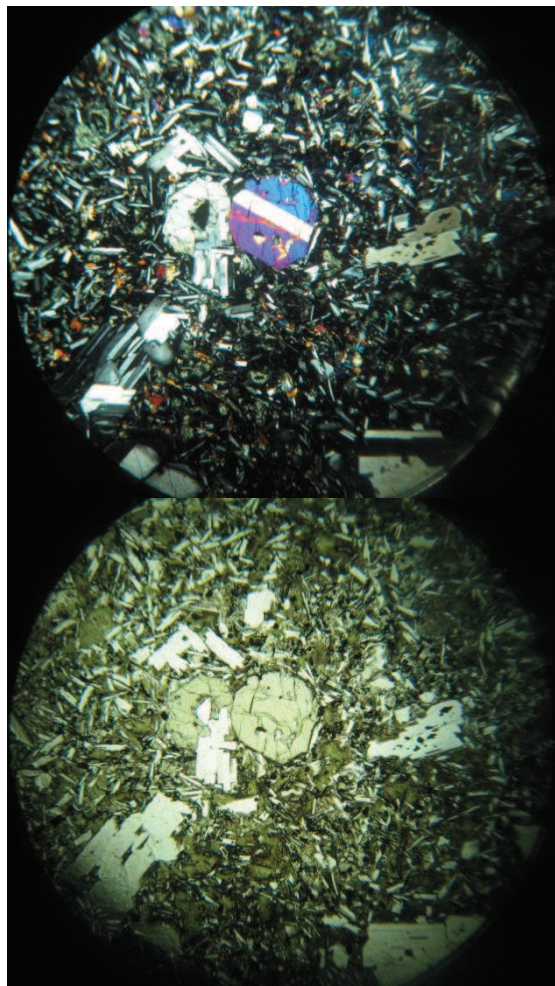
Presenta la roca minerales metálicos, que han sido incluidos por hidrotermalismo, estos minerales son inestables en procesos de meteorización y alteración.

La roca es compacta y de dureza alta debido a su génesis, su grado de alteración es moderado, presenta minerales nocivos en la matriz y que pueden provocar reactividad como la clorita.

La roca contiene minerales de alteración, en valores inferiores al 15%, estos minerales secundarios son producto de alteración.

La roca es compacta su grado de alteración es moderado, presenta minerales nocivos en la matriz que pueden provocar reactividad e inestabilidad como la clorita.

Nombre de la roca: Basalto cloritizado.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba): Típica textura porfírica, fenocristales de gran tamaño en la parte central es de piroxenos (augitas), con colores de birrefringencia azul, los minerales son de

formas prismáticas, se puede identificar minerales de alteración (trazas de carbonatos). Foto Abajo: Microfotografía en Luz natural: Con relieve alto son los piroxenos a su alrededor minerales pequeños de tinte algo verdoso de clorita, asociados a las plagioclasas y clino-piroxenos (augitas). Los opacos (metálicos) de color negro en las dos fotografías se encuentran aislados. Magnificación X20.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba.): Los fenocristales son de tamaño heterogéneo con tonalidad gris/blanco de plagioclasas, y con colores fuertes en la matriz son de augitas, las plagioclasas están ligeramente alteradas. Microfotografía en Luz natural (Abajo) Los minerales pequeños de tinte verdoso son de clorita, asociados a los clinopiroxenos. Dispersos se observa minerales negros metálicos. Magnificación X20.

Anexo 50.

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO

LAMINA No. HOLCIM CHORRILLO

ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Roca gris oscura verdosa, densa ($< 3\text{gr/cm}^3$), fino-granular, masiva y frágil, con alto porcentaje de minerales alterados y en secciones serpentizada. Se identifica poco magnetismo.

ESTUDIO MICROSCÓPICO

Textura porfirítica, con cristales de diferente tamaño, en zonas se observa pocas plagioclasas alargadas y ferro magnesianos (piroxenos y olivinos) alterados a clorita y serpentinizados.

PORCENTAJE APROXIMADO DE MINERALES

Fenocristales	40%
Plagioclasas	15 – 20%
Olivinos	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10%
Minerales de alteración	1– 5 %
Matriz	60%
Plagioclasas	10 – 15%
Piroxenos	5 – 10 %
Olivinos	10 – 15%
Minerales de alteración	15 – 20%
Opacos	1 – 5%
TOTAL	100%

CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES

Plagioclasas.- Gran parte de estos minerales están alterados, se ha identificado por tener algunos relictos de maclados polisintéticos, son de formas poco desarrolladas, sus bordes estas corroídos con zonas de minerales fino-granulares. El relieve es moderado algunos cristales presentan un ángulo extinción.

Ferro magnesianos: Los piroxenos tienen características de augitas y son los minerales que mas dominan, por sus propiedades ópticas, colores de birrefringencia de segundo orden (colores fuertes) y por su relieve alto se los ha identificado como augitas, los olivinos (serpentinizados) por su relieve característico bajo el microscopio son de color café claro y verdoso en luz natural, presentan relieve alto, y la mayoría de los cristales tienen su clivaje poco definido, son de formas redondeadas, la gran mayoría presenta sus bordes alterados.

Como minerales de alteración se observa clorita asociados a ferro magnesianos (olivinos y augitas). Pocos carbonatos se encuentran rellenando espacios en la matriz. Tiene bajo porcentaje de minerales opacos (metálicos) que por su magnetismo son identificados como pirrotina.

CONCLUSIONES

La roca tiene componentes ferro-magnesianos (augitas y olivinos) característicos de una roca basáltica, gran parte de estos minerales están cloritizados y serpentinizados.

Se observa en sectores de la muestra vetillas rellenas de carbonatos, estos minerales son producto de fracturamientos y rellenos de fluido hidrotermal.

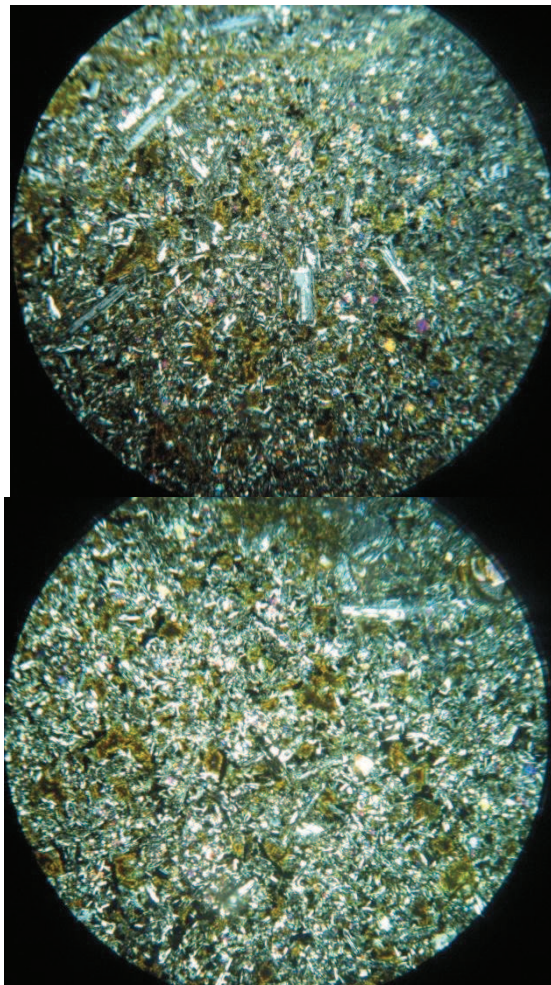
Presenta la roca trazas de minerales metálicos, que han sido incluidos por hidrotermalismo, estos minerales son inestables en procesos de meteorización y alteración.

La roca es compacta, meteorizada y frágil debido a la serpentiniación, su grado de alteración es alto, presenta minerales nocivos y que pueden provocar reactividad como la clorita, serpentinita.

La roca contiene minerales de alteración, en valores inferiores al 20%, estos minerales secundarios son producto de alteración de ferro magnesianos.

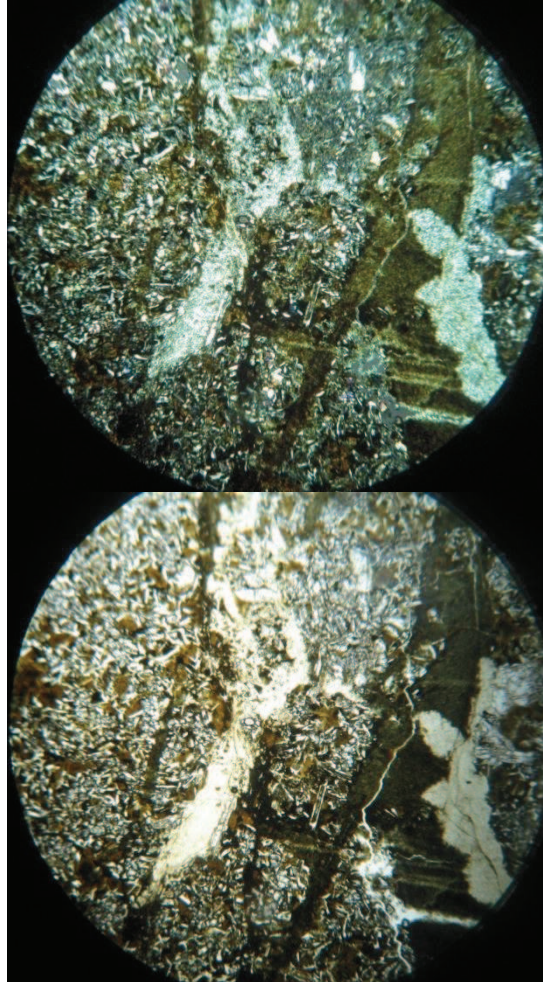
Se identifica en la lámina un porcentaje importante de clorita y serpentinita que pueden ser potencialmente reactivo álcali-agregado, adicionalmente se ha observado trazas de epidota.

Nombre de la roca: Basalto serpentizado.



Microfotografía en luz polarizada (fotografía izquierda): fenocristales de piroxenos (augitas) y olivino sub-redondeados y con relieve alto en su gran mayoría característicos de rocas basálticas, en la parte central se puede identificar minerales de tono verdoso con características de

serpentinita y clorita. Foto derecha: Microfotografía en Luz natural: Con relieve alto son los piroxenos y olivinos a su alrededor minerales pequeños de tinte algo verdoso de clorita, asociados a las plagioclasas y clino-piroxenos (augitas). Los opacos (metálicos) de color negro en las dos fotografías se encuentran aislados. Magnificación X20.



Microfotografía en luz polarizada (Arriba.): Se observa vetillas de minerales secundarios conformados por carbonatos y serpentinas, con colores fuertes son minerales augitas y olivinos, las plagioclasas están alteradas asociados en la matriz. Microfotografía en Luz natural (foto Abajo) Los minerales pequeños de tinte verdoso son de clorita y serpentina, asociados a los clinopiroxenos y olivinos, con relieve y de forma prismática se observa minerales pequeños de epidota. Dispersos se observa minerales negros de pirrotina. Magnificación X20.

Francisco Viteri S. MSc.

0992049440

BIBLIOGRAFÍA.

1. Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto/Ing. Abraham Polanco Rodríguez.
2. <http://www.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-fino>
3. <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/granulometria-del-agregado-fino.html>
4. <http://www.slideshare.net/KalimanSolin1/agregadosecaes#btnNext>
5. <http://www.slideshare.net/UCGcertificacionvial/gravedad-especifica-y-absorcin-de-agregado-grueso>
6. <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon02.pdf>
7. <http://es.wikipedia.org/>
8. <http://galeon.com/matcon/lab02/granulo.htm>
9. <http://www.galeon.com/matcon/lab02/abrasion.htm>
10. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/245/1/T-UCE-0011-8.pdf>
11. [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8132/1/Tesina_Mass_Concrete%20\(Final\).pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8132/1/Tesina_Mass_Concrete%20(Final).pdf)
12. <http://www.inen.gob.ec/>
13. <http://rebar.ecn.purdue.edu/>
14. <http://publiespe.espe.edu.ec/academicas/hormigon/hormigon01.htm>
15. <http://upcommons.upc.edu/>
16. <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>