

***UNIVERSIDAD RICARDO PALMA***

***FACULTAD DE INGENIERÍA***

***ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL***

***CONCRETO DE ALTA DENSIDAD CON SUPER PLASTIFICANTE***



***TESIS***

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

***PRESENTADO POR***

***BACH.ING. ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO***

Lima – Perú  
2008

## **CONTENIDO**

### **ÍNDICE**

#### **CAPÍTULO I: EL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD.....1**

- 1.1 Introducción
- 1.2 Contextualización Histórica
- 1.3 El Problema
- 1.4 Importancia
- 1.5 Objetivo
- 1.6 Resultados Esperados
- 1.7 Dosificaciones del Concreto de Alta densidad.
- 1.8 Metodología.

#### **CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....8**

- 2.1 Cemento
  - 2.1.1 Definición.
  - 2.1.2 Composición química.
  - 2.1.3 Características físicas del cemento Pórtland tipo I (SOL).
- 2.2 Agua
  - 2.1.1 Definición.
  - 2.1.2 Requisitos y normas.
- 2.3 Aditivos para el concreto.
  - 2.3.1 Definición.
  - 2.3.2 Glenium 3200 Hes.

#### **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE LOS AGREGADOS.....19**

- 3.1 Agregado fino.
  - 3.1.1 Definición.
  - 3.1.2 Agregado fino pesado baritina.
  - 3.1.3 Requisitos.
  - 3.1.4 Granulometría de la baritina.
  - 3.1.5 Granulometría de arena convencional.

- 3.1.6 Módulo de finura.
- 3.1.7 Peso específico.
- 3.1.8 Porcentaje de absorción.
- 3.1.9 Peso Unitario.
  - 3.1.9.1 Peso Unitario Suelto.
  - 3.1.9.2 Peso Unitario Compactado.
- 3.1.10 Contenido de humedad.
- 3.1.11 Porcentaje que pasa la malla N°200.
- 3.1.12 Superficie específica.

### 3.2. Agregado Grueso.

- 3.2.1 Definición.
- 3.2.2 Características y propiedades físicas.
- 3.2.3 Granulometría.
- 3.2.4 Módulo de finura.
- 3.2.5 Peso específico.
- 3.2.6 Porcentaje de Absorción.
- 3.2.7 Peso Unitario.
  - 3.2.7.1 Peso unitario suelto.
  - 3.2.7.2 Peso unitario compactado.
- 3.2.8 Contenido de humedad.
- 3.2.9 Porcentaje que pasa la malla n°200.

### 3.3 Agregado Global.

- 3.3.1 Definición.
- 3.3.2 Peso unitario compactado

### 3.4 Cuadro de Resultados: Arena gruesa, baritina, piedra chancada, agregado global.

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLA.....136

- 4.1 Concreto Patrón.
  - 4.1.1 Selección del Asentamiento.
  - 4.1.2 Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
  - 4.1.3 Determinación de la cantidad de agua de mezclado.
  - 4.1.4 Determinación del contenido de aire.
  - 4.1.5 Selección de la relación agua-cemento.
  - 4.1.6 Relación del Contenido de cemento.
  - 4.1.7 Selección de porcentajes de combinación de ag. fino y grueso.
  - 4.1.8 Ajuste por contenido de humedad de los agregados.
  - 4.1.9 Determinación de los pesos secos de los agregados.

- 4.1.10 Número de diseños. .
- 4.1.11 Procedimiento de diseño.
- 4.1.12 Resultados y Gráficos.
- 4.1.13 Diseño de Final del Concreto Patrón.
- 4.2 Diseño de Concreto de Alta Densidad o Pesado.
  - 4.2.1 Peso Unitario Compactado del Agregado Global.
  - 4.2.2 Resultados y Gráficos.
  - 4.2.3 Diseño Final de Concreto Pesado.

## CAPÍTULO V: ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO.....173

- 5.1 Asentamiento.
  - 5.1.1 Equipos.
  - 5.1.2 Procedimiento.
  - 5.1.3 Resultados y gráficos de asentamiento de concreto
- 5.2 Peso Unitario.
  - 5.2.1 Resultados del Peso Unitario Compactado del C. Patrón.
  - 5.2.2 Resultados del Peso Unitario Compactado del C. de Alta Densidad.
- 5.3 Porcentaje de Fluidéz.
  - 5.3.1 Resultados y Gráficos.
- 5.4 Contenido de Aire.
  - 5.4.1 Resultados y Gráficos.
- 5.5 Exudación.
  - 5.4.1 Resultados y Gráficos.
- 5.6 Ensayo de Tiempo de fragua, del Patrón y C.Pesado.  
Resultados y Gráficos.

## CAPÍTULO VI: ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO.....216

- 6.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión..
  - 6.1.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón al estado endurecido  $A/C=0.50,0.55,0.60$ ; Resultados y Gráficos
  - 6.1.2 Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Pesado al estado endurecido  $A/C=0.50,0.55,0.60$ ; Resultados y Gráficos

- 6.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.
  - 6.2.1 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión diametral del Concreto Patrón.  
al estado endurecido A/C=0.50,0.55,0.60; Resultados y Gráficos
  - 6.2.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión diametral del Concreto Pesado.  
al estado endurecido A/C=0.50,0.55,0.60; Resultados y Gráficos
- 6.3 Ensayo de Resistencia a la Flexión del Concreto.
  - 6.3.1 Ensayo de Resistencia a la flexión del Concreto Patrón.  
al estado endurecido A/C=0.50,0.55,0.60; Resultados y Gráficos
  - 6.3.2 Ensayo de Resistencia a la flexión del Concreto Pesado.  
al estado endurecido A/C=0.50,0.55,0.60; Resultados y Gráficos
- 6.4 Ensayo de Módulo de Elasticidad.
  - 6.4.1 Equipos y materiales.
  - 6.4.2 Ejecución del Método.
  - 6.4.3 Cálculo.
  - 6.4.4 Resultados y Gráficos.

CAPÍTULO VII: CUADRO DE RESULTADOS.....256

- 7.1 Análisis al Estado Fresco.
- 7.2 Análisis al Estado Endurecido.
- 7.3 Análisis Comparativo de Costos.

CAPÍTULO VIII: COSTO ESTIMADO DEL C. DE ALTA DENSIDAD.....265

Presupuesto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....266

BIBLIOGRAFÍA.....275

ANEXOS .....276



## **CAPÍTULO I**

### **EL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

#### **1.1-INTRODUCCIÓN**

En la presente tesis se ha estudiado el concreto de alta densidad o llamado también hormigón pesado, se estudiarán con detalle los materiales que conforman el concreto de alta densidad así como su diseño de mezcla y aplicaciones más usuales, el transporte y los métodos de colocación más utilizados, así como algunas características y aspectos relevantes a tener en cuenta.

Al tratarse el hormigón de Alta Densidad de un material singular por sus especificaciones y escaso en sus aplicaciones, es necesario seguir unos controles de calidad rigurosos y procedimientos para la fabricación y puesta en obra.

El siguiente estudio se dividirá en distintos capítulos que pretenden exponer lo que se ha investigado sobre el concreto de alta densidad.

## **1.2-CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA**

Por lo que a nosotros nos concierne, y ya centrados específicamente en el concreto de Alta Densidad, nos tenemos que remontar a los años 60 del siglo XX para encontrar sus inicios. El concreto de alta densidad tiene propiedades de utilidad como material de protección contra la radiación. Su aplicación en la industria de la construcción es relativamente reciente, y coincide con el desarrollo de la energía nuclear. Una pantalla de este tipo de concreto puede servir como protección contra los rayos gamma y los rayos X y además suponer un ahorro económico respecto a los concretos ordinarios. Ya que para la misma protección se necesitan espesores mayores. A pesar de que con las nuevas tecnologías el grado de conocimiento de este material ha aumentado considerablemente, es cierto que aún queda un largo camino que recorrer. Son pocos y puntuales las construcciones en territorio peruano, por ejemplo uno de ellos lo constituye el blindaje del block del reactor nuclear construido en Huarangal Lima, en las que se ha utilizado este tipo de hormigón, lo que aún denota su grado de desconocimiento y/o la dificultad para obtener los aglomerados necesarios para producirlo.



### **1.3-EL PROBLEMA**

El problema es el peligro biológico que representan las radiaciones, reside en que ellas pueden atravesar los tejidos humanos, perdiendo parte de su energía en el proceso. Esta pérdida de energía es de magnitud suficiente para ionizar átomos de las células, modificando el delicado balance químico de las mismas y causando la muerte de la célula. Si la radiación mata el número adecuado de células el organismo muere por lo tanto es necesario atenuar las radiaciones lo suficiente como para que no puedan causar daño permanente a las personas expuestas a ellas.

La unidad de radiación gamma es el roentgen (r). Se considera que una dosis total de 700r. es letal para los seres humanos y una dosis de 200r, podría enfermar a por lo menos la mitad de las personas que la reciben.

Se considera que el efecto de los neutrones es más nocivo que el de las radiaciones gamma.

Los standard de tolerancia señalan que para que no ocurran resultados dañinos durante un tiempo indefinido de exposición, la dosis máxima permisible debe ser de 300 miliroentgen por semana ó 6,25 miliroentgen por hora.

#### **1.4-IMPORTANCIA**

El concreto de alta densidad es comúnmente utilizado para escudos biológicos en plantas de energía nuclear, unidades médicas, en investigación atómica y en instalaciones de pruebas. Otros materiales pueden emplearse para este objetivo, pero el Concreto de Alta Densidad es generalmente el más económico y tiene otras ventajas. Muros masivos de concreto convencional están siendo usados para fungir como escudos. Sin embargo, cuando el espacio es limitado, la reducción en el espesor del escudo se logra utilizando el concreto pesado. Su aplicación en la industria de la construcción no es masiva, y coincide con el desarrollo de la energía nuclear. Una pantalla de este tipo de hormigón puede servir como protección contra los rayos gamma y los rayos X y además suponer un ahorro económico respecto a los hormigones ordinarios. (Ya que para la misma protección se necesitan espesores mayores).

#### **1.5-OBJETIVO**

El objetivo de este estudio comprende pruebas de calificación y evaluación de los materiales a emplearse en el diseño y obtención de un concreto de

Alta Densidad para atenuar las radiaciones lo suficiente como para que no puedan causar daño permanente a las personas expuestas a ellas.

Esto se puede conseguir diseñando Concretos de Alta Densidad con pesos unitarios superiores a los de los hormigones ordinarios.

Otro de los objetivos principales es que nuestro concreto, pretenda alcanzar un peso unitario compactado de entre 2.800 a 4.880kg/m<sup>3</sup>, así como resistencias a la compresión mayores a los 300kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días. Esto se consigue usando agregados pesados, para nuestro caso usaremos agregado fino BARITINA.

## **1.6-RESULTADOS ESPERADOS**

La alta densidad de nuestro concreto es el resultado esperado, no obstante, no debemos olvidarnos de propiedades como la resistencia a la compresión y elasticidad.

Los concretos de alta densidad suelen usarse cuando el grosor de la obra que estamos ejecutando está limitado. De esta forma, con un concreto más denso conseguimos reducir los espesores necesarios. Por este motivo, vamos a necesitar un concreto que desarrolle una alta resistencia a la compresión.

Otro resultado esperado a tener en cuenta es la consistencia plástica al estado fresco. Las propiedades y composiciones de los diferentes componentes del concreto deben ser lo más homogéneas posible.

### **1.7-DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

Como ya se ha comentado con anterioridad, los estudios existentes sobre concretos de alta densidad se han centrado siempre en obtener concretos aptos para la construcción de escudos de protección y centrales nucleares.

Para concretos de alta densidad se requiere de cantidades de cemento comprendidas entre 280 y 580 kg/m<sup>3</sup> y una relación agua/cemento alrededor de 0.5.

Buscaremos que las curvas granulométricas se adapten a las Normas ASTM. A pesar de estas “premisas” iniciales, es muy usual hacer cambios en obra.

### **1.8-METODOLOGÍA**

Se realizarán dos diseños:

a-Un Concreto Patrón:

Con cemento Pórtland tipo I (Sol), agua potable, agregado fino (arena gruesa), y como agregado grueso (piedra chancada), y aditivo(glenium 3200hes-pe), teniendo como relación agua/cemento de 0,5; 0,55 y 0,60.

b-Concreto de alta densidad:

Con cemento Pórtland tipo I (Sol), agua potable, como agregado fino pesado (baritina), agregado grueso (piedra chancada), y aditivo (glenium 3200hes-pe), teniendo como relación agua/cemento de 0,5; 0,55 y 0,60.

Se evaluó las propiedades del concreto al estado fresco y endurecido.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

#### **2.1 CEMENTO**

##### **2.1.1 Definición**

Según la norma ASTM C-150, el cemento Pórtland es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio (yeso).

La norma ASTM C-150 clasifica el cemento Pórtland en cinco diferentes tipos de acuerdo a las propiedades de los cuatro compuestos principales: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V.

### **2.1.2 Composición química**

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado, y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

Aún cuando la hidratación del cemento es un fenómeno sumamente complejo, existen simplificaciones que permiten interpretar sus efectos en el concreto. El porcentaje de los cuatro componentes principales, que se encuentran en el clinker depende de las proporciones relativas entre los compuesto ácidos y la cal, los componentes ácidos llamados también factores hidráulicos incluyen la sílice, la alúmina y el óxido férrico, siendo los dos últimos denominados fundentes.

De acuerdo a Bogue, los porcentajes límites de los componentes principales del clinker, deben estar alrededor de los siguientes valores:

| <b>COMPONENTE</b>                     | <b>NOMENCLATURA</b> | <b>%</b>         |
|---------------------------------------|---------------------|------------------|
| <b>Silicato tricálcico</b>            | <b>(C3S)</b>        | <b>30% a 60%</b> |
| <b>Silicato dicálcico</b>             | <b>(C2S)</b>        | <b>15% a 60%</b> |
| <b>Aluminato tricálcico</b>           | <b>(C3A)</b>        | <b>7% a 15%</b>  |
| <b>Aluminio- Ferrico tetracálcico</b> | <b>(C4AF)</b>       | <b>8% a 10%</b>  |



## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL)

TABLA N°1

| ELEMENTO  | SOL TIPO I |
|---|------------|
| Óxido de Calcio, CaO (%)                              | 63,20      |
| Óxido de Sílice, SiO <sub>2</sub> (%)                 | 19,79      |
| Óxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 6,15       |
| Óxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)   | 2,82       |
| Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O (%)                | 0,96       |
| Óxido de Sodio, Na <sub>2</sub> O (%)                 | 0,28       |
| Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> (%)               | 2,58       |
| Óxido de Magnesio, MgO (%)                            | 3,16       |
| Cal Libre (%)   | 0,52       |
| Punto de Ignición (%)                                 | 0,80       |
| Residuos Insolubles (%)                               | 0,62       |
| CaO Libre (%)   | 0,52       |
| Álcalis (%)   | 0,91       |

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND

### TIPO I (SOL)

TABLA N° 2

| DESCRIPCIÓN                                       | TIPO I |
|---|--------|
| Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )              | 3,11   |
| Fineza Malla 100 (%)                              | 0,04   |
| Fineza Malla 200 (%)                              | 4,14   |
| Superficie Específico Blaine (cm <sup>2</sup> /g) | 34,77  |
| Contenido de Aire (%)                             | 9,99   |
| Expansión en Autoclave (%)                        | 0,18   |
| Fraguado Inicial Vicat (Hr:Min)                   | 01:49  |
| Fraguado Final Vicat (Hr:Min)                     | 03:29  |
| f'c a 3 Días (kg/cm <sup>2</sup> )                | 254    |
| f'c a 7 Días (kg/cm <sup>2</sup> )                | 301    |
| f'c a 28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )               | 357    |
| Calor de Hidratación, 7 Días (cal/g)              | 70,60  |
| Calor de Hidratación, 28 Días (cal/g)             | 84,30  |

## **2.2 AGUA**

### **2.2.1 Definición**

Se entiende por agua de mezclado a la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c) y está compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

El agua de amasado cumple una doble función en el concreto; por un lado permite la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayor del 1%, agua que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados, igualmente aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, que puedan producir efectos

desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o la durabilidad del concreto o sobre las armaduras.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elemento embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

### **2.2.2 Requisitos y normas**

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma N.T.P. 339.088 y ser de preferencia, potable. Se considerarán aptas para el mezclado del concreto el empleo de aguas no potables cuyas propiedades y contenidos en sustancias disueltas sean como máximo la siguiente:

| <b>REQUISITOS</b>                     | <b>UNIDAD</b> | <b>MÁXIMO</b> |
|---------------------------------------|---------------|---------------|
| Cloruros                              | ppm           | 300           |
| Sulfatos                              | ppm           | 300           |
| Sales de magnesio                     | ppm           | 125           |
| Sales solubles                        | ppm           | 500           |
| pH                                    |               | mayor de 7    |
| Sólidos en suspensión                 | ppm           | 500           |
| Materia orgánica expresada en oxígeno | ppm           | 10            |

## 2.3 ADITIVOS PARA CONCRETO.

### 2.3.1 Definición

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto.

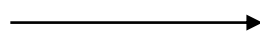
Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a éstos durante el mezclado a fin de:

- a) Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando.
- b) Facilitar su colocación.
- c) Reducir los costos de operación.

En el diseño se ha usado el aditivo **GLENIUM® 3200 HES** que es el que reúne todos los requerimientos y especificaciones para el diseño de concreto pesado así como también después de varios diseños preliminares se decidió usar la cantidad de ;

Dosificación de aditivo

**0,91L**



**100Kg.de Cemento**

El cual nos garantizó un asentamiento de 4.0” para la relación  $a/c=0.5$ , y otras propiedades del concreto al estado fresco, y al estado endurecido, que se detallarán más adelante.

A continuación detallamos información del fabricante.

### **2.3.2Glenium ® 3200 hes**

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

#### **Descripción**

Glenium 3200 hes es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Es muy efectivo en la producción de concretos con diferentes niveles de trabajabilidad.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

#### Datos de la mezcla

|   |                  |
|---|------------------|
| Cemento Tipo I, kg/m <sup>3</sup> (lb/yd <sup>3</sup> ) | 386 (650)        |
| Asentamiento, mm(in) 175-200 (7-8)                      | 175-200 (7-8)    |
| Contenido de aire, %                                    | Sin aire ocluido |
| Reducción de agua, dosis de aditivo ajustada            | 20%              |

#### Resistencia a la compresión

| Mezcla                          | 8 h     | 24 h     | 24 h     |
|---------------------------------|---------|----------|----------|
| Normal                          | 1,7 MPa | 5,2 MPa  | 13 MPa   |
| Superplastificante convencional | 2,0 MPa | 8,0 MPa  | 18,8 MPa |
| GLENIUM 3200 HES                | 4,1 Mpa | 13,5 MPa | 23,4 MPa |





## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE LOS AGREGADOS**

#### **3.1 AGREGADO FINO**

##### **3.11 Definición**

Se define como Agregado Fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 9.4 mm (3/8”) y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C 33.

##### **3.1.2 Agregado Fino Pesado Baritina**

Para nuestro estudio utilizaremos como Agregado Fino Pesado Baritina proporcionada por la COMPAÑÍA MINERA AGREGADOS CALCAREOS (COMACSA), que utilizaremos en el diseño de concreto de alta densidad.

La evaluación de la Baritina se realizará en base a los límites establecidos por la Normas ASTM C637-98a (2003), C638-92 Reapproved(2002), especificaciones técnicas de agregados para concreto contra la radiación. Así como también el uso de la Baritina en el concreto de alta densidad se sustentara en base a experiencias y

referencias bibliograficas nacionales e internacionales que a continuación pasamos a detallar;

**a-Norma ASTM C637-98a (Reapproved 2003)**

Standard Specification for Aggregates for Radiation- Shielding Concrete.

**b-Norma ASTM 638-92(Reapproved 2002)**

Standar Descriptive Nomenclature of constituents of aggregates for radiation-Shielding Concrete.

Barium Minerals

*Barite* (BaSO<sub>4</sub>), peso específico de 4 – 4,5kg/m<sup>3</sup>.

c- Ing. Enrique Pasquel Carvajal.-“Tópicos de Tecnología del concreto”.

**Concreto Pesado.(Ref.10.16)**

En la elaboración de estos concretos se utilizan agregados de pesos específicos entre 3,4 y 7,5; combinados entre ellos o con agregados normales, dependiendo del peso unitario que se desea para el concreto y las condiciones particulares de la atenuación que se especifique.

En la *Tabla 10.2(Ref. 10.15)* se pueden apreciar algunos de estos agregados típicos:

**Tabla 10.2**

| Denominación                  | Peso Específico | Peso Unitario del<br>Concreto Pesado<br>(Kg / m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|-----------------|--|
| Limonita, Geotita             | 3,4 a 3,8       | 3 000 a 3 300  |
| Barita                        | 4,0 a 4,4       | 3 400 a 3 800  |
| Ilmenita, Hematita, Magnetita | 4,2 a 5,0       | 3 600 a 4 000  |
| Acero, Hierro                 | 6,5 a 7,5       | 5 200 a 5 800  |

---

## EL CONCRETO PESADO

Concreto pesado:

Los Concretos Pesados se caracterizan por su densidad, que varía entre 2,8 a 6 T/m<sup>3</sup>, a diferencia de los concretos normales, que se encuentran entre 2,2 a 2,3 T/m<sup>3</sup>.

La fabricación de los concretos pesados se realiza con los cementos Pórtland normalizados y con agregados pesados, naturales o artificiales, cuyas masas volumétricas absolutas se encuentran entre 3,5 a 7,6.

Los agregados pesados deben tener granulometría conveniente, resistencia mecánica y compatibilidad con el cemento Pórtland. Generalmente se usan agregados como las **baritas**, minerales de fierro como la magnetita,

limonita y hematita. También, agregados artificiales como el fósforo de hierro y partículas de acero como subproducto industrial.

La aplicación principal de los Concretos Pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También se utiliza en paredes de bóvedas y cajas fuertes, en pisos industriales, en elementos, que sirven de contra-peso y en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos.

**e- Manuel Alvarez Paz .-“EL HORMIGÓN PESADO”**

**Capítulo II, páginas 8-9.**

En la Tabla 2.1, de la normativa ACI, se pueden distinguir varias dosificaciones para diferentes hormigones de Alta Densidad. Como se puede apreciar en la tabla, esta propiedad varía en función de los áridos utilizados.

| Conventionally placed concrete                   |  |                             |                                      |        |                 |                                   |                                       |     |
|--|--|-----------------------------|--------------------------------------|--------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----|
| Density<br>(unit<br>weight)<br>kg/m <sup>3</sup> | Compressi<br>ve strengtg<br>age<br>months<br>(Mpa) | Cement<br>kg/m <sup>3</sup> | Heavy aggregate (kg/m <sup>3</sup> ) |        |                 | Mix<br>water<br>kg/m <sup>3</sup> | Water<br>content<br>kg/m <sup>3</sup> |     |
|  |  |                             | Fine                                 | Coarse | Min             |                                   | Max                                   |     |
| 4810   | 34,5   | 376                         | Iron Shot                            | 3120   | 0               | 192                               | 56                                    | 192 |
|  |  |                             | Magnetite                            | 1120   |                 |                                   |                                       |     |
| 4810   | 33,6   | 386                         | Ferrophosforous                      | 1470   | Ferrophosforous | 2740                              | 203                                   | 203 |
| 4200   | 36,9   | 380                         | Ferrophosforous                      | 1120   | Ferrophosforous | 1120                              | 205                                   | 205 |
|  |  |                             | Barite                               | 560    | Barite          | 800                               |                                       |     |
| 3720   | 44,8   | 389                         | Magnetite                            | 1380   | Magnetite       | 1760                              | 184                                   | 216 |
| 3560   | 41,4   | 309                         | Barite                               | 1380   | Barite          | 1680                              | 186                                   | 186 |
| 3510   | 44,8   | 399                         | Hydorus iron                         | 1310   | Hydorus iron    | 1600                              | 192                                   | 280 |
| 3040   | 39,6   | 335                         | Serpentine                           | 800    | Magnetite       | 1700                              | 208                                   | 304 |

Tabla 2.1 Proporciones para el hormigón de alta densidad (American Concrete Institut)



La barita es una roca de cantera compuesta de un 90 a 95% de Sulfato de bario con un peso específico de entre 4.1 y 4.3. Se puede procesar con cierta facilidad para transformarla en árido fino y grueso, y normalmente se obtiene un hormigón de densidad 3.7. En la figura 2.4 podemos apreciar una imagen del mineral de barita.

**Figura 2.4 Imagen del mineral de barita (elaboración propia)**

Debo puntualizar que conseguir agregados como la magnetita, limonita, geotita, hemanita y la misma baritina de pesos específicos altos comprendidos entre 3000 – 7000kg/m<sup>3</sup>, son difíciles de conseguir, así como también su explotación de cantera no está vigente por ejemplo la magnetita.

Después de detallar el uso de la baritina en el Concreto de alta densidad, a continuación detallamos la descripción y las especificaciones de la Baritina producida por la COMPAÑÍA MINERA AGREGADOS CALCÁREOS (COMACSA) que utilizaremos en nuestro diseño.



## COMACSA

Dirección: Av. Universitaria 6330 los Olivos Lima Perú

## Baritina

### Descripción:

Es un producto de la familia de los sulfatos, de la subclase sulfatos anhidros y que posee un gran peso específico. Además es un material de excelente granulometría, con una media ideal.

**Color:** Blanco grisáceo

**Uso:** Baritina diseñada especialmente para la creación de morteros que soportan altos niveles de **radiación**.

### Seguridad:

Evite el contacto con los ojos, en caso contrario lave con abundante agua, durante 10 minutos manteniendo los ojos abiertos, después consulte con su médico.

**Aviso Legal:**

La presente información es proporcionada en base a la experiencia de COMACSA, siempre que los productos sean adecuadamente manipulados, almacenados y transportados. En la práctica los productos muchas veces son utilizados en función de la experiencia y asesoría que pueda recibir el usuario, por lo que no se puede deducir ninguna garantía.

**BARITINA: COMPAÑÍA MINERA AGREGADOS CALCÁREOS  
(COMACSA)**



Foto1



Foto2

La Baritina, se ensayará para verificar si cumple con los límites establecidos por las Normas Peruanas y/o Normas ASTM C637-98a

(2003), C638-92 (2003) Especificaciones Técnicas de agregados para concreto contra la radiación.

### **3.1.3 Requisitos**

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias; de perfil preferentemente angular; duro; compacto y resistente; libre de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

### **3.1.4 Granulometría de la Baritina**

Al Agregado Fino Baritina, lo ensayaremos para verificar si cumple con los límites establecidos por las Normas ASTM C637-98a( Reapproved 2003), C638-92 (Reapproved 2003) Especificaciones técnicas de Agregados para Concreto contra la radiación.

| <b>Agregado Fino Baritina</b> |                |
|-------------------------------|----------------|
| <b>ASTM C 637</b>             | <b>Límites</b> |

| Abertura          | Designación<br>previa | ASTM C 637 |
|-------------------|-----------------------|------------|
| 2,36 mm           | No 8                  | 100        |
| 1,18 mm           | No 16                 | 95-100     |
| 600 $\mu\text{m}$ | No 30                 | 55-80      |
| 300 $\mu\text{m}$ | No 50                 | 30-55      |
| 150 $\mu\text{m}$ | No 100                | 10-30      |
| 75 $\mu\text{m}$  | No 200                | 0-10       |
|                   |                       |            |

### **3.1.5 Granulometría de la Arena**

El agregado fino utilizado en el diseño del concreto patrón es Arena Gruesa cuya procedencia es de la Cantera Gloria.

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.012 o ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

| <b>Agregado Fino Arena</b> |                               |                                 |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| <b>NTP 400.012</b>         |                               | <b>Límites<br/>ASTM C 33-84</b> |
| <b>Abertura</b>            | <b>Designación<br/>previa</b> |                                 |
| 9,5 mm                     | 3/8 in                        | 100                             |
| 4,75 mm                    | No 4                          | 95-100                          |
| 2,36 mm                    | No 8                          | 80-100                          |
| 1,18 mm                    | No 16                         | 50-85                           |
| 600 µm                     | No 30                         | 25-60                           |
| 300 µm                     | No 50                         | 10-30                           |
| 150 µm                     | No 100                        | 2-10                            |

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado o un contenido de cemento mayor de 255 kg/m<sup>3</sup>; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 obteniendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0,2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla. Si se sobrepasa el valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

**Arena Gruesa: Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000  
Carretera Central**





### 3.1.6 Módulo de Finura.

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8”, hasta la malla de tamaño más grande según la norma N.T.P. 400.011.

Los valores típicos tienen un rango entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.

$$= \frac{500}{V-W}$$

### 3.1.7 Peso Específico.

El Peso Específico según la norma ASTM C 127-84 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

- Peso Específico de Masa (G).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V-W}$$

- Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco (G<sub>ss</sub>).

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente} = \frac{500}{V-W}$$

- Peso Específico Aparente (Ga).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$Peso\ específico\ aparente\ (G_a) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

### 3.1.8 Porcentaje de Absorción.

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas.

$$Porcentaje\ de\ absorción\ (\%) = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

### 3.1.9 Peso Unitario.

El Peso Unitario o Densidad de Masa de un Agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el Peso Unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en  $\text{kg/m}^3$ .

El Peso Unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

#### 3.1.9.1 Peso Unitario Suelto:

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescrita que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado pasando la varilla por la superficie. Se obtiene el Peso Unitario Suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PUS = f \times W_s$$

### 3.1.9.2 Peso Unitario Compactado:

El recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el Peso Unitario Compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$

### 3.1.10 Contenido de Humedad

Podemos definir el contenido de Humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

*Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua. Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos.*

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

### 3.1.11 Porcentaje que Pasa la Malla N° 200.

Según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.018 el Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa a malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Pesd da muestra} - \text{Pesd da muestra lavada y secada}}{\text{Pesd da muestra}} \times 100$$

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- Se superpone los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que

éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.

- Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



### 3.1.12 Superficie Específica.

La Superficie Específica o área superficial del agregado fino se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en cm<sup>2</sup>/g.

$$Superficie\ Específica\ (cm^2/g) = \frac{0,06}{P.Específica\ Agregado} \times \sum \frac{P_i}{d_i}$$

Además.

$$\sum \frac{P_i}{d_i} = \frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \frac{P_3}{d_3} + \dots + \frac{P_n}{d_n}$$

Donde:

P<sub>i</sub>: Porcentaje retenido por la malla del agregado.

d<sub>i</sub>: Diámetro promedio de dos mallas consecutivas.

## **3.2A GREGADO GRUESO**

### **3.2.1 Definición.**

Se define como Agregado Grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.012 ó ASTM C 33. Para la siguiente investigación se trabajó con piedra chancada cuya procedencia es de la Cantera Gloria.

**Piedra Chancada: Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima;  
km14+8000 Carretera Central**



### **3.2.2 Características y Propiedades Físicas.**

Varias Propiedades Físicas comunes del agregado, son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto. A continuación se tratan estas Propiedades Físicas, así como su medición.

### **3.2.3 Granulometría**

El tamaño máximo del Agregado Grueso 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 tamaños mayores. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado donde se produce el primer retenido y el tamaño máximo corresponde a la malla más pequeña por la que pasa todo el agregado.

Una vez definida la Granulometría, para la producción de un concreto de calidad, es necesario que el aprovisionamiento del Agregado Grueso presente la menor variación posible, manteniéndose la regularidad de su Granulometría.

Las especificaciones reglamentarias se dan en la siguiente tabla:

## REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS

| Norma ASTM | Tamaño Máximo Nominal | Porcentaje acumulado en los tamises reglamentarios |          |       |        |         |         |         |         |         |        |  |
|------------|-----------------------|--|----------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--|
|            |                       | 100 mm   | 90 mm    | 75 mm | 63 mm  | 50 mm   | 37,5 mm | 25,0 mm | 19,0 mm | 12,5 mm | 9,5 mm |  |
| 1          | 90 a 37,5 mm          | 100  | 90 - 100 | --    | 25-60  | --      | 0 - 15  | --      | 0 - 5   | --      | --     |  |
| 2          | 63 a 37,5 mm          | --   | --       | 100   | 90-100 | 35 - 70 | 0 - 15  | --      | 0 - 5   | --      | --     |  |
| 3          | 50 a 37,5 mm          | --   | --       | --    | 100    | 90-100  | 35-70   | 0-15    | --      | 0-15    | --     |  |
| 357        | 50 a 4,75 mm          | --   | --       | --    | 100    | 95-100  | --      | 35-70   | --      | 0ct-30  | --     |  |
| 4          | 37,5 a 19,0 mm        | --   | --       | --    | --     | 100     | 90-100  | 20-55   | 0-15    | --      | 0-5    |  |
| 467        | 37,5 a 4,75 mm        | --   | --       | --    | --     | 100     | 95-100  | --      | 35-70   | --      | 0ct-30 |  |
| 5          | 25,0 a 9,55 mm        | --   | --       | --    | --     | --      | 100     | 90-100  | 20-55   | 0-10    | 0-5    |  |
| 56         | 25,0 a 9,5 mm         | --   | --       | --    | --     | --      | 100     | 90-100  | 40-85   | 0ct-40  | 0-15   |  |
| 57         | 25,0 a 4,75 mm        | --   | --       | --    | --     | --      | 100     | 95-100  | --      | 25-60   | --     |  |
| 6          | 19,0 a 9,5 mm         | --   | --       | --    | --     | --      | --      | 100     | 90-100  | 20-55   | 0-15   |  |
| 67         | 19,0 a 4,75 mm        | --   | --       | --    | --     | --      | --      | 100     | 90-100  | --      | 20-55  |  |
| 7          | 12,5 a 4,75 mm        | --   | --       | --    | --     | --      | --      | --      | 100     | 90-100  | 40-70  |  |
| 8          | 9,5 a 2,36 mm         | --   | --       | --    | --     | --      | --      | --      | 100     | 100     | 85-100 |  |

### 3.2.4 Módulo de Finura

El Módulo de Finura del Agregado Grueso es útil en las mezclas de concreto y se obtiene, conforme a la norma N.T.P. 400.011, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100, similar a la del agregado fino.

$$\text{Módulo de Finura} = \frac{\sum \% \text{retenido en malla}}{100}$$

### 3.2.5 Peso Específico

El Peso Específico del Agregado Grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y

control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750.

A continuación se muestran las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de Pesos Específicos, al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{(B-C)}$$

|   |                   |
|---|-------------------|
| <i>Peso específico de masa saturado superficialmente seco</i> | $= \frac{B}{B-C}$ |
|---|-------------------|

$$\text{Peso específico aparente (Ca)} = \frac{A}{(A-C)}$$

### 3.2.6 Porcentaje de Absorción

Se denomina Absorción del Agregado Grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del Agregado Grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta la expresión que se utiliza para calcular el Porcentaje de

Absorción al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Porcentaje de absorción (\%)} = 100 \times \frac{(B-A)}{A}$$

### 3.2.7 Peso Unitario

El Peso Unitario del Agregado Grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en kg/m<sup>3</sup>. Es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 kg/m<sup>3</sup>.

La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

#### 3.2.7.1. Peso Unitario Suelto:

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño



máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

### 3.2.7.2. Peso Unitario Compactado:

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Luego se obtiene el Peso Unitario Compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$

### 3.2.8 Contenido de Humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de la mezclas de diseño.

$$\text{Contenido húmedo (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

*Piedra Chancada: Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima;  
km14+8000 Carretera Central*



### **3.2.9 Porcentaje que Pasa la Malla N° 200.**

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Se calcula dividiendo el peso del material que pasa la malla N° 200 y el peso de la muestra, así como se muestra a continuación.

$$\% \text{ que pasa a malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de muestra que pasa a malla } N^{\circ} 200}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

### **3.3 AGREGADO GLOBAL**

#### **3.3.1 Definición**

Se define como Agregado Global a la mezcla en proporciones estimadas de porcentajes de agregado fino y grueso, para así obtener la mejor combinación que nos de el más alto Peso Unitario Compactado.

#### **3.3.2 Peso Unitario Compactado**

En nuestro ensayo del Peso Unitario Compactado del Agregado Global se procedió de la siguiente manera;

Se combina el agregado fino y grueso en diferentes proporciones realizando ensayos del peso unitario compactado del agregado global.

Luego de efectuar los cálculos correspondientes se obtiene el mayor valor de todos los ensayos realizados, en nuestro caso se realizaron 6 ensayos.

Luego de obtener el resultado de las 3 mejores combinaciones que nos dan el mayor peso unitario compactado del Agregado Global podemos pensar

que estas combinaciones nos darán la mayor compacidad entre los agregados y por consecuencia un concreto homogéneo.

Debo recalcar que estas combinaciones serán evaluadas a través de una gama de ensayos preliminares de diseño de concreto, para así determinar la mejor combinación definitiva para el diseño.

**CUADRO DE RESULTADOS DE LOS  
AGREGADOS  
ARENA, BARITINA, PIEDRA,  
AGREGADO GLOBAL**

-Granulometría

-Superficie Específica

-Malla N°200

-Peso Unitario

-Contenido de Humedad

-Peso específico y Absorción

## **ARENA GRUESA**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

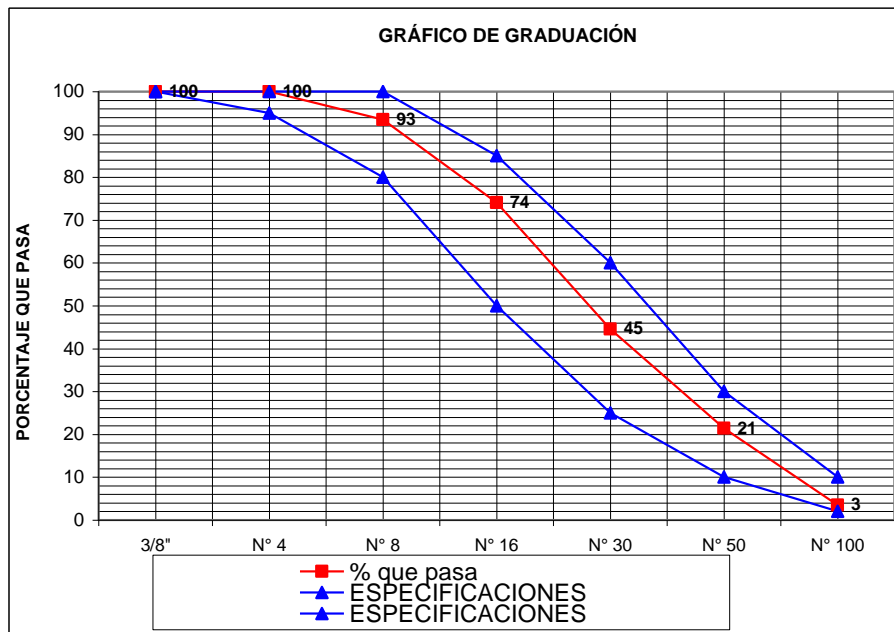
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°1  
 AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 8   | 32,90              | 7          | 7                    | 93         | 80               | 100 |
| N° 16  | 96,80              | 19         | 26                   | 74         | 50               | 85  |
| N° 30  | 147,50             | 30         | 55                   | 45         | 25               | 60  |
| N° 50  | 115,50             | 23         | 79                   | 21         | 10               | 30  |
| N° 100 | 90,10              | 18         | 97                   | 3          | 2                | 10  |
| Fondo  | 17,20              | 3          | 100                  | 0          |                  |     |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 2,63





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

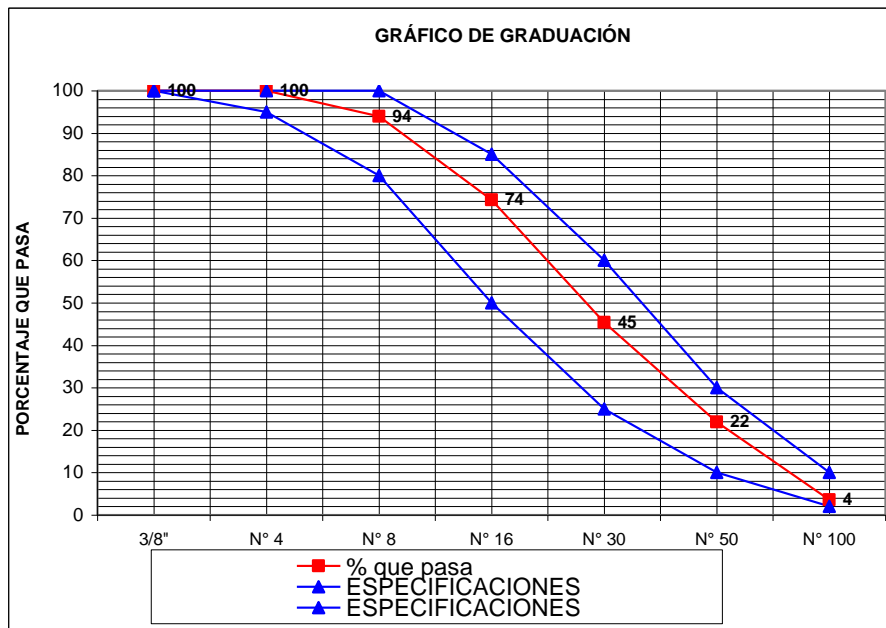
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°2  
 AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 8   | 30,10              | 6          | 6                    | 94         | 80               | 100 |
| N° 16  | 98,60              | 20         | 26                   | 74         | 50               | 85  |
| N° 30  | 144,30             | 29         | 55                   | 45         | 25               | 60  |
| N° 50  | 117,20             | 23         | 78                   | 22         | 10               | 30  |
| N° 100 | 92,10              | 18         | 96                   | 4          | 2                | 10  |
| Fondo  | 17,70              | 4          | 100                  | 0          |                  |     |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 2,61





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°3  
 AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 8   | 34,10              | 7          | 7                    | 93         | 80               | 100 |
| N° 16  | 100,20             | 20         | 27                   | 73         | 50               | 85  |
| N° 30  | 135,00             | 27         | 54                   | 46         | 25               | 60  |
| N° 50  | 116,70             | 23         | 77                   | 23         | 10               | 30  |
| N° 100 | 95,90              | 19         | 96                   | 4          | 2                | 10  |
| Fondo  | 18,10              | 4          | 100                  | 0          |                  |     |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 2,61







LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

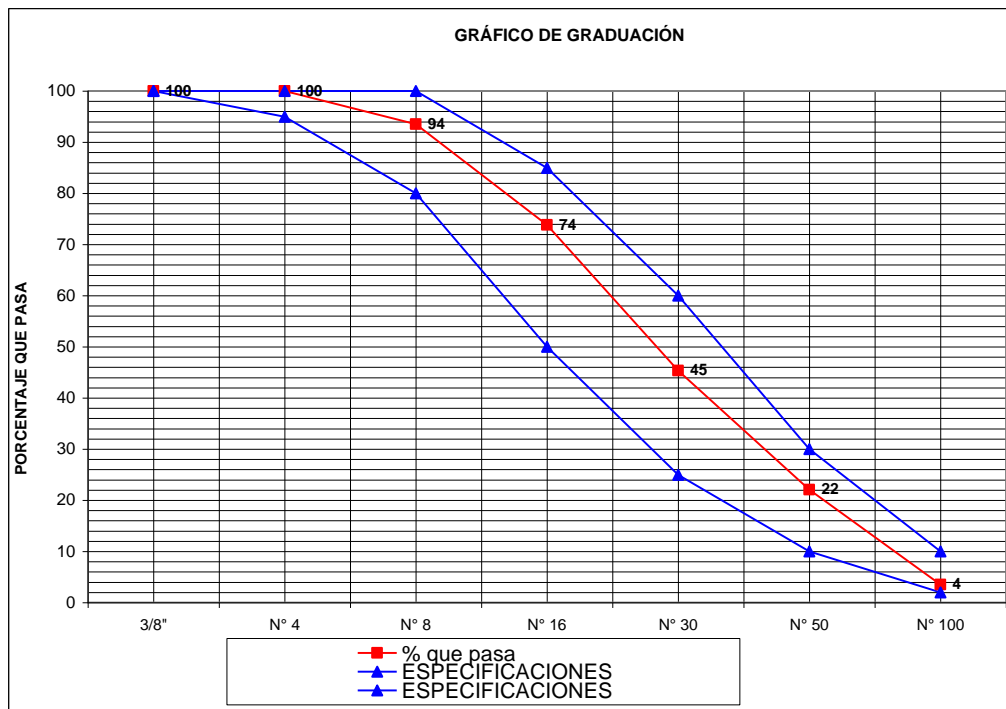
**PROMEDIO DE LOS ENSAYOS 1,2,3**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| TAMIZ N° | Peso retenido en cada malla |        |        | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|----------|-----------------------------|--------|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
|          | M1                          | M2     | M3     |                    |            |                      |            |                  |     |
| 3/8"     | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4     | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 8     | 32,90                       | 30,10  | 34,10  | 32,37              | 6          | 6                    | 94         | 80               | 100 |
| N° 16    | 96,80                       | 98,60  | 100,20 | 98,53              | 20         | 26                   | 74         | 50               | 85  |
| N° 30    | 147,50                      | 144,30 | 135,00 | 142,27             | 28         | 55                   | 45         | 25               | 60  |
| N° 50    | 115,50                      | 117,20 | 116,70 | 116,47             | 23         | 78                   | 22         | 10               | 30  |
| N° 100   | 90,10                       | 92,10  | 95,90  | 92,70              | 19         | 96                   | 4          | 2                | 10  |
| Fondo    | 17,20                       | 17,70  | 18,10  | 17,67              | 4          | 100                  | 0          |                  |     |
| Total    | 500,00                      | 500,00 | 500,00 | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 2,62





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO

ENSAYO 1

TIPO DE AGREGADO : ARENA      FECHA : 08/05/2008  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA  
PESO DE LA MUESTRA : 500 gr  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ Nº | % RETENIDO | DIAMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO /D.PROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                  |
| Nº 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                  |
| Nº 8     | 32,90      | 2,380         | 0,357        | 13,82              |
| Nº 16    | 96,80      | 1,190         | 0,179        | 81,34              |
| Nº 30    | 147,50     | 0,595         | 0,089        | 247,90             |
| Nº 50    | 115,50     | 0,297         | 0,045        | 388,89             |
| Nº 100   | 90,10      | 0,149         | 0,022        | 604,70             |
| TOTAL    |            |               |              | 1336,65            |

mf = 2.62

$$\text{Superficie Específica} = \frac{6 \times 1336.65}{100 \times 2.62} = 30,61 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

|  |
|--|
| <b>Superficie Específica = 30,61 cm<sup>2</sup>/gr</b> |
|--|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO

ENSAYO 2

TIPO DE AGREGADO : ARENA      FECHA : 08/05/2008  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA  
PESO DE LA MUESTRA : 500 gr  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ Nº | % RETENIDO | DIAMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO /D.PROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                  |
| Nº 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                  |
| Nº 8     | 30,10      | 2,380         | 0,357        | 12,65              |
| Nº 16    | 98,60      | 1,190         | 0,179        | 82,86              |
| Nº 30    | 144,30     | 0,595         | 0,089        | 242,52             |
| Nº 50    | 117,20     | 0,297         | 0,045        | 394,61             |
| Nº 100   | 92,10      | 0,149         | 0,022        | 618,12             |
| TOTAL    |            |               |              | 1350,76            |

mf = 2.62

Superficie Específica =  $\frac{6 \times 1350.76}{100 \times 2.62} = 30,93 \text{ cm}^2/\text{gr}$

|  |
|--|
| <b>Superficie Específica = 30,93 cm<sup>2</sup>/gr</b> |
|--|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO

**ENSAYO 3**

TIPO DE AGREGADO : ARENA      FECHA : 08/05/2008

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ Nº | % RETENIDO | DIAMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO /D.PROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                  |
| Nº 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                  |
| Nº 8     | 34,10      | 2,380         | 0,357        | 14,33              |
| Nº 16    | 100,20     | 1,190         | 0,179        | 84,20              |
| Nº 30    | 135,00     | 0,595         | 0,089        | 226,89             |
| Nº 50    | 116,70     | 0,297         | 0,045        | 392,93             |
| Nº 100   | 95,90      | 0,149         | 0,022        | 643,62             |
| TOTAL    |            |               |              | 1361,97            |

mf = 2.62

Superficie Específica =  $\frac{6 \times 1361.97}{100 \times 2.62} = 31,19 \text{ cm}^2/\text{gr}$

|  |
|--|
| <b>Superficie Específica = 31,19 cm<sup>2</sup>/gr</b> |
|--|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PROMEDIO DE LOS ENSAYOS 1,2 Y 3 DE SUPERFICIE ESPECÍFICA  
DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : ARENA      FECHA : 08/05/2008  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA  
PESO DE LA MUESTRA : 500 gr  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| ENSAYOS  | SUPERFICIE ESPECÍFICA |                     |
|----------|-----------------------|---------------------|
| 1        | 30,61                 | cm <sup>2</sup> /gr |
| 2        | 30,93                 | cm <sup>2</sup> /gr |
| 3        | 31,19                 | cm <sup>2</sup> /gr |
| PROMEDIO | 30,91                 | cm <sup>2</sup> /gr |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200

AGREGADO FINO

ENSAYO N°1

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA      NORMA      NTP 400.018  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA      FECHA : 25/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr, T.M=4.76mm,(N°4)

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|------------------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1      | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2      | 472,0    | gr.    |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2) | 28,0     | gr     |
| % QUE PASA LA MALLA N°200          | A       | 5,6      | %      |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO FINO**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA      NORMA      NTP 400.018  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA      FECHA : 25/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr, T.M=4.76mm,(N°4)

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 500,0      | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 472,6      | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 27,4       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>5,5</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO FINO**

### ENSAYO N°3

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA      NORMA      NTP 400.018  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA      FECHA : 25/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr, T.M=4.76mm,(N°4)

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 500,0      | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 471,5      | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 28,5       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>5,7</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200

AGREGADO FINO

PROMEDIO DE ENSAYOS Nº1,2,3

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA                      NORMA        NTP 400.018  
PROCEDENCIA        : CANTERA GLORIA                      FECHA        : 25/04/2008  
HECHO POR            : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr, T.M=4.76mm,(Nº4)

| DESCRIPCIÓN                                  | M1           | M2    | M3    | UNIDAD |
|--|--------------|-------|-------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA                           | 500,0        | 500,0 | 500,0 | gr     |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA           | 472,0        | 472,6 | 471,5 | gr     |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200             | 28,0         | 27,4  | 28,5  | gr     |
| % QUE PASA LA MALLA Nº200                    | 5,6          | 5,5   | 5,7   | %      |
| <b>PROMEDIO DE % QUE PASA LA MALLA Nº200</b> | <b>5,6 %</b> |       |       |        |





**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO Nº1**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.017  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 23/04/2008  
 HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,2         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,8         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1613</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS= f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 5,0         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 4,5         |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,8         |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1789</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC= f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA                      NORMA        NTP 400.017  
PROCEDENCIA        : CANTERA GLORIA                      FECHA        : 23/04/2008  
HECHO POR            : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,2         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 4,4         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,8         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1595</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS= f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 5,0         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 4,5         |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,8         |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1786</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC= f \times Wc$$



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.017  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 23/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,2         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,8         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1608</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 4,9         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 4,5         | kg           |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,8         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 359,5       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1762</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

**PROMEDIO DE ENSAYOS Nº1.2.3**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA                      NORMA                      NTP 400.017  
 PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA                      FECHA : 23/04/2008  
 HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | M1                | M2          | M3          | UNIDAD |
|--|-------------------|-------------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE | 6,2               | 6,2         | 6,2         | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                    | 1,8               | 1,8         | 1,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | 4,5               | 4,4         | 4,5         | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             | 4,5               | 4,5         | 4,5         | kg     |
| PESO DEL AGUA                          | 2,8               | 2,8         | 2,8         | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | 359,5             | 359,5       | 359,5       | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>1613</b>       | <b>1595</b> | <b>1608</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO</b>   | <b>1605 kg/m3</b> |             |             |        |

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | M1                | M2          | M3          | UNIDAD |
|--|-------------------|-------------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE | 6,7               | 6,7         | 6,7         | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        | 1,8               | 1,8         | 1,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | 5,0               | 5,0         | 4,9         | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 | 4,5               | 4,5         | 4,5         | kg     |
| PESO DEL AGUA                              | 2,8               | 2,8         | 2,8         | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | 359,5             | 359,5       | 359,5       | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>1789</b>       | <b>1786</b> | <b>1762</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO</b>   | <b>1779 kg/m3</b> |             |             |        |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA ASTM C-566  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
PESO DE LA MUESTRA : 500 gr  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

**ENSAYO N°1**

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|---------------------------|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500         | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 485,2       | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 14,8        | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | <b>3,05</b> | %      |

**ENSAYO N°2**

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|---------------------------|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500         | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 484,6       | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 15,4        | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | <b>3,18</b> | %      |

**ENSAYO N°3**

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|---------------------------|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500         | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 484,2       | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 15,8        | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | <b>3,26</b> | %      |

**Peso Original de la muestra - Peso seco**

**% HUMEDAD = ----- x100**  
**Peso seco**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (PROMEDIO)**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA ASTM C-566  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
PESO DE LA MUESTRA : 500 gr  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
AGREGADO FINO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| CONTENIDO DE HUMEDAD                     | M1          | M2    | M3    |
|--|-------------|-------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (gr)           | 500,0       | 500   | 500   |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)             | 485,2       | 484,6 | 484,2 |
| CONTENIDO DE AGUA (gr)                   | 14,8        | 15,4  | 15,8  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)                 | 3,05        | 3,18  | 3,26  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)</b> | <b>3,16</b> |       |       |

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso Original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

|                           |
|---------------------------|
| $H = (A - B) / (B) * 100$ |
|---------------------------|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 30/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 987,1    | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 310,9    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 495,5    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{495,5}{500 - 310,9} = 2,62 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{sss} = \frac{500}{500 - 310,9} = 2,64 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{495,5}{( 500 - 310,9 ) - ( 500 - 495,5 )} = 2,68 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 495,5}{495,5} \times 100 = 0,9$$





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

##### ENSAYO N°2

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 30/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M2) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 976,5    | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 300,3    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 496,0    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{496}{500 - 300.3} = 2,48 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{sss} = \frac{500}{500 - 300.3} = 2,50 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{496}{( 500 - 300.3 ) - ( 500 - 496 )} = 2,53 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 496}{496} \times 100 = 0,8$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

##### ENSAYO N°3

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 30/04/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M3) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 984,0    | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 307,8    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 496,2    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{496,2}{500 - 307,8} = 2,58 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{sss} = \frac{500}{500 - 307,8} = 2,60 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{496,2}{( 500 - 307,8 ) - ( 500 - 496,2 )} = 2,63 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 496,2}{496,2} \times 100 = 0,8$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

**PROMEDIO DE ENSAYOS N° 1.2.3**

**TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA NTP 400.022**  
**PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 30/04/2008**  
**HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO**

| DESCRIPCIÓN   | M1   | M2   | M3   | PROMEDIO | UNIDAD |
|---|------|------|------|----------|--------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)   | 2,62 | 2,48 | 2,58 | 2,56     | gr/cm3 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G <sub>ss</sub> ) | 2,64 | 2,50 | 2,60 | 2,58     | gr/cm3 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE (G <sub>a</sub> )                                | 2,68 | 2,53 | 2,63 | 2,61     | gr/cm3 |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)  | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,83     | %      |

**AGREGADO FINO BARITINA**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

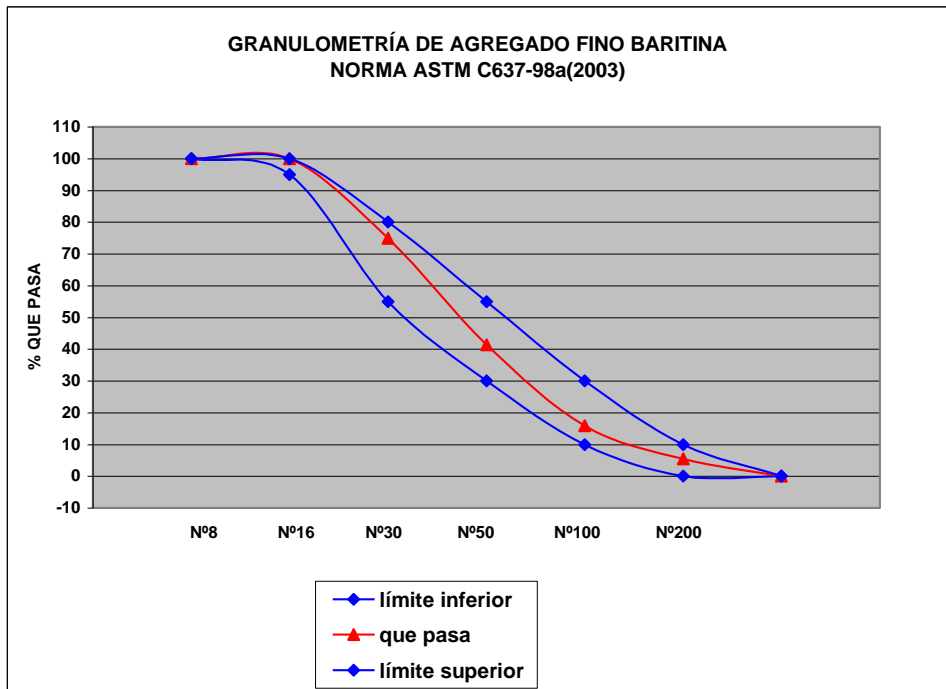
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA ASTM C637-98a(2003)  
 PROCEDENCIA : COMACSA FECHA 08/05/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°1

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 8   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 16  | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 30  | 125,70             | 25         | 25                   | 75         | 55               | 80  |
| N° 50  | 167,30             | 33         | 59                   | 41         | 30               | 55  |
| N° 100 | 127,80             | 26         | 84                   | 16         | 10               | 30  |
| 200    | 52,10              | 10         | 95                   | 5          | 0                | 10  |
| fondo  | 27,10              | 5          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 1,68





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

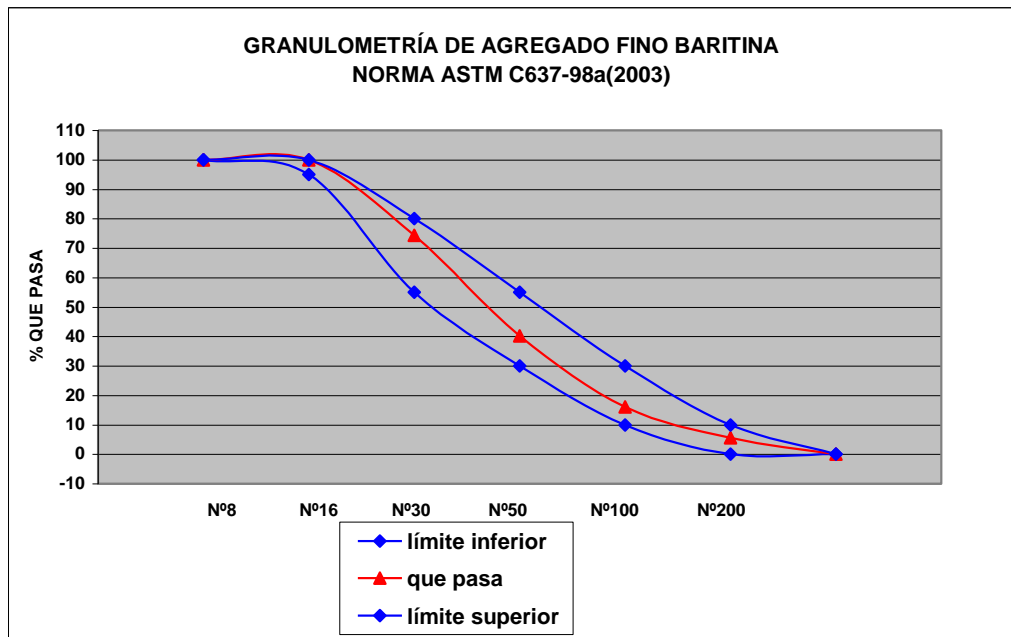
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA                      NORMA    ASTM C637-98a(2003)  
 PROCEDENCIA        : COMACSA                      FECHA     08/05/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr                      HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°2

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 8   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 16  | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 30  | 128,50             | 26         | 26                   | 74         | 55               | 80  |
| N° 50  | 170,80             | 34         | 60                   | 40         | 30               | 55  |
| N° 100 | 120,60             | 24         | 84                   | 16         | 10               | 30  |
| 200    | 51,90              | 10         | 94                   | 6          | 0                | 10  |
| fondo  | 28,20              | 6          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 1,70







FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

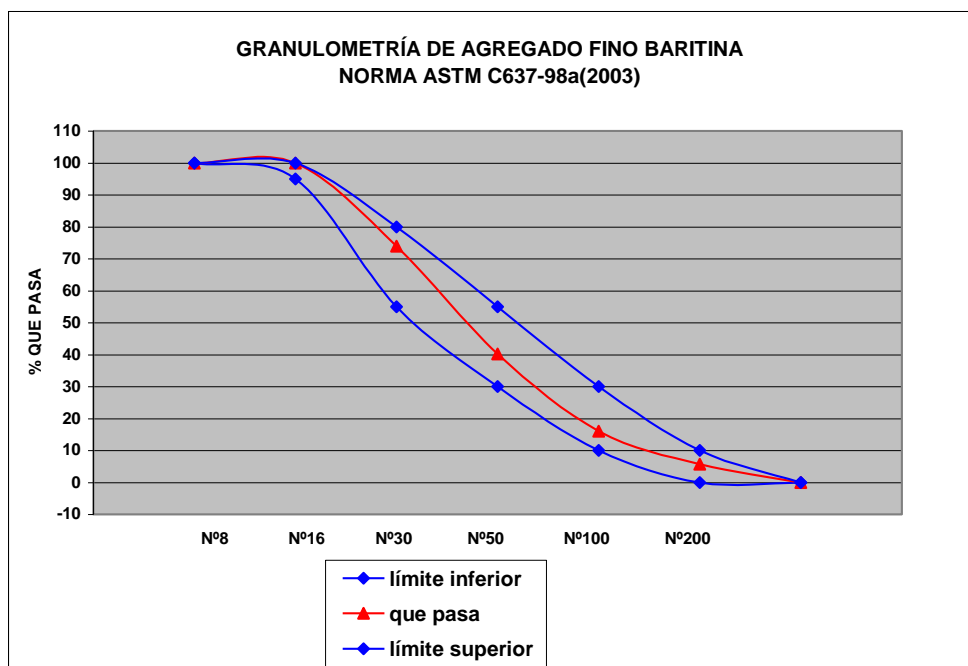
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA                      NORMA    ASTM C637-98a(2003)  
 PROCEDENCIA    : COMACSA                      FECHA    08/05/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr                      HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 ENSAYO N°3

| Malla  | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
|        |                    |            |                      |            |                  |     |
| 3/8"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 4   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 8   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| N° 16  | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| N° 30  | 130,07             | 26         | 26                   | 74         | 55               | 80  |
| N° 50  | 169,10             | 34         | 60                   | 40         | 30               | 55  |
| N° 100 | 120,60             | 24         | 84                   | 16         | 10               | 30  |
| 200    | 51,90              | 10         | 94                   | 6          | 0                | 10  |
| fondo  | 28,33              | 6          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total  | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 1,70





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA ASTM C637-98a(2003)  
 PROCEDENCIA : COMACSA FECHA 08/05/2008  
 PESO DE LA MUESTRA : 500 gr HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 PROMEDIO DE ENSAYOS : 1,2,3

| TAMIZ Nº | Peso retenido en cada malla |        |        | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|----------|-----------------------------|--------|--------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
|          | M1                          | M2     | M3     |                    |            |                      |            |                  |     |
| 3/8"     | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| Nº 4     | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| Nº 8     | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| Nº 16    | 0,00                        | 0,00   | 0,00   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 95               | 100 |
| Nº 30    | 125,70                      | 128,50 | 130,07 | 128,09             | 26         | 26                   | 74         | 55               | 80  |
| Nº 50    | 167,30                      | 170,80 | 169,10 | 169,07             | 34         | 59                   | 41         | 30               | 55  |
| Nº 100   | 127,8                       | 120,6  | 120,6  | 123,00             | 25         | 84                   | 16         | 10               | 30  |
| 200      | 52,1                        | 51,9   | 51,9   | 51,97              | 10         | 94                   | 6          | 0                | 10  |
| fondo    | 27,1                        | 28,2   | 28,33  | 27,88              | 6          | 100                  |            | 0                | 0   |
| Total    | 500,00                      | 500,00 | 500,00 | 500,00             |            |                      |            |                  |     |

mf = 1,69



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO 1**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA      FECHA : 08/05/2008

PROCEDENCIA : COMACSA

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ Nº | % RETENIDO | DIÁMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO/D.PROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|-------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                 |
| Nº 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                 |
| Nº 8     | 0,00       | 2,380         | 0,357        | 0,00              |
| Nº 16    | 0,00       | 1,190         | 0,179        | 0,00              |
| Nº 30    | 125,70     | 0,595         | 0,089        | 211,26            |
| Nº 50    | 167,30     | 0,297         | 0,045        | 563,30            |
| Nº 100   | 127,80     | 0,149         | 0,022        | 857,72            |
| Nº 200   | 52,10      | 0,071         | 0,011        | 733,80            |
| TOTAL    |            |               |              | 2366,08           |

mf =1.68

Superficie Específica =  $\frac{6 \times 2366.08}{100 \times 1.68} = 84,50 \text{ cm}^2/\text{gr}$

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Superficie Específica | 84,50 cm <sup>2</sup> /gr |
|-----------------------|---------------------------|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO**

**ENSAYO 2**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA FECHA : 08/05/2008

PROCEDENCIA : COMACSA

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ Nº | % RETENIDO | DIÁMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO/D.P ROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                  |
| Nº 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                  |
| Nº 8     | 0,00       | 2,380         | 0,357        | 0,00               |
| Nº 16    | 0,00       | 1,190         | 0,179        | 0,00               |
| Nº 30    | 128,50     | 0,595         | 0,089        | 215,97             |
| Nº 50    | 170,80     | 0,297         | 0,045        | 575,08             |
| Nº 100   | 120,60     | 0,149         | 0,022        | 809,40             |
| Nº 200   | 51,90      | 0,071         | 0,011        | 730,99             |
| TOTAL    |            |               |              | 2331,43            |

mf =1.70

Superficie Específica =  $\frac{6 \times 2366.08}{100 \times 1.70} = 82,29 \text{ cm}^2/\text{gr}$

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Superficie Específica | 82,29 cm <sup>2</sup> /gr |
|-----------------------|---------------------------|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO

##### ENSAYO 3

TIPO DE AGREGADO : BARITINA FECHA : 08/05/2008

PROCEDENCIA : COMACSA

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

| TAMIZ N° | % RETENIDO | DIÁMETRO (mm) | D.PROM. (cm) | %RETENIDO/D.P ROM. |
|----------|------------|---------------|--------------|--------------------|
| 3/8"     | 0          | 9,520         | 1,426        | 0                  |
| N° 4     | 0          | 4,750         | 0,714        | 0                  |
| N° 8     | 0,00       | 2,380         | 0,357        | 0,00               |
| N° 16    | 0,00       | 1,190         | 0,179        | 0,00               |
| N° 30    | 125,70     | 0,595         | 0,089        | 211,26             |
| N° 50    | 167,30     | 0,297         | 0,045        | 563,30             |
| N° 100   | 127,80     | 0,149         | 0,022        | 857,72             |
| N° 200   | 52,10      | 0,071         | 0,011        | 733,80             |
| TOTAL    |            |               |              | 2366,08            |

mf =1.70

Superficie Específica =  $\frac{6 \times 2366.08}{100 \times 1.70} = 83,51 \text{ cm}^2/\text{gr}$

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Superficie Específica | 83,51 cm <sup>2</sup> /gr |
|-----------------------|---------------------------|



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PROMEDIO DE LOS ENSAYOS 1,2 Y 3 DE SUPERFICIE ESPECÍFICA  
DEL AGREGADO FINO**

**TIPO DE AGREGADO : BARITINA**

| ENSAYOS         | SUPERFICIE ESPECÍFICA |                          |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| 1               | 84,50                 | cm <sup>2</sup> /gr      |
| 2               | 82,29                 | cm <sup>2</sup> /gr      |
| 3               | 83,51                 | cm <sup>2</sup> /gr      |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>83,43</b>          | <b>cm<sup>2</sup>/gr</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO FINO BARITINA**

**ENSAYO N°1**

**TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA NTP 400.018**  
**PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 02/05/2008**  
**HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO**  
**PESO DE LA MUESTRA : 500gr. T.M=1.18mm.(N°16)**

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 500,0      | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 482,4      | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 17,6       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>3,5</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200

AGREGADO FINO BARITINA

ENSAYO Nº2

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA NTP 400.018  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr. T.M=1.18mm.(Nº16)

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|------------------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1      | 500,0    | gr     |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2      | 482,2    | gr     |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200   | (P1-P2) | 17,8     | gr     |
| % QUE PASA LA MALLA Nº200          | A       | 3,6      | %      |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO FINO BARITINA**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA NTP 400.018  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr. T.M=1.18mm.(N°16)

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 500,0      | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 483,4      | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 16,6       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>3,3</b> | <b>%</b> |





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200

#### AGREGADO FINO BARITINA

#### PROMEDIO DE ENSAYOS Nº1,2,3

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA NTP 400.018  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA : 500gr. T.M=1.18mm.(Nº16)

| DESCRIPCIÓN                                  | M1    | M2           | M3    | UNIDAD |
|--|-------|--------------|-------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA                           | 500,0 | 500,0        | 500,0 | gr     |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA           | 482,4 | 482,2        | 483,4 | gr     |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200             | 17,6  | 17,8         | 16,6  | gr     |
| % QUE PASA LA MALLA Nº200                    | 3,5   | 3,6          | 3,3   | %      |
| <b>PROMEDIO DE % QUE PASA LA MALLA Nº200</b> |       | <b>3,5 %</b> |       |        |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO BARTINA**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : COMACSA

FECHA : 05/05/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

RECIPIENTE CILÍNDRICO DE METAL DE 1/10 PS3 DE CAPACIDAD

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 4,9         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 3,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,0         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>2429</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 7,5         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 5,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 3,8         |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,0         |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>2837</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO BARTINA**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA : NTP 400.017  
 PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 05/05/2008  
 HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
 RECIPIENTE CILÍNDRICO DE METAL DE 1/10 PS3 DE CAPACIDAD

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 5,0         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 3,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,0         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>2434</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 7,6         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 5,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 3,8         |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,0         |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>2850</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO BARTINA**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : COMACSA

FECHA : 05/05/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

RECIPIENTE CILÍNDRICO DE METAL DE 1/10 PS3 DE CAPACIDAD

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 6,7         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 4,9         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 3,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 2,0         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>2425</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 7,5         | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 1,7         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 5,7         | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 3,8         | kg           |
| PESO DEL AGUA                              |            | 2,0         | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 491,2       | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>2815</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO BARTINA**

**PROMEDIO DE ENSAYOS Nº1,2,3**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : COMACSA

FECHA : 05/05/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

RECIPIENTE CILÍNDRICO DE METAL DE 1/10 PS3 DE CAPACIDAD

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | M1                | M2            | M3            | UNIDAD |
|--|-------------------|---------------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE | 6,7               | 6,7           | 6,7           | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                    | 1,7               | 1,7           | 1,7           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | 4,9               | 5,0           | 4,9           | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             | 3,8               | 3,8           | 3,8           | kg     |
| PESO DEL AGUA                          | 2,0               | 2,0           | 2,0           | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | 491,2             | 491,2         | 491,2         | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>2429,2</b>     | <b>2434,1</b> | <b>2424,7</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO</b>   | <b>2429 kg/m3</b> |               |               |        |

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | M1                | M2            | M3            | UNIDAD |
|--|-------------------|---------------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE | 7,5               | 7,6           | 7,5           | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        | 1,7               | 1,7           | 1,7           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | 5,8               | 5,8           | 5,7           | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 | 3,8               | 3,8           | 3,8           | kg     |
| PESO DEL AGUA                              | 2,0               | 2,0           | 2,0           | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | 491,2             | 491,2         | 491,2         | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>2837,0</b>     | <b>2850,3</b> | <b>2814,8</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO</b>   | <b>2834 kg/m3</b> |               |               |        |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

NORMA : ASTM C-566

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

FECHA : 08/04/2008

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

PROCEDENCIA : COMACSA

#### ENSAYO N°1

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500      | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 497,6    | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 2,4      | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,48     | %      |

#### ENSAYO N°2

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500      | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 497,8    | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 2,2      | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,44     | %      |

#### ENSAYO N°3

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 500      | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 497,3    | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 2,7      | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,54     | %      |

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso Original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

PROMEDIO DE LOS ENSAYOS 1,2 Y 3

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

NORMA : ASTM C-566

PESO DE LA MUESTRA : 500 gr

FECHA : 08/04/2008

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

PROCEDENCIA : COMACSA

| CONTENIDO DE HUMEDAD              | M1    | M2    | M3    |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (gr)    | 500   | 500   | 500   |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)      | 497,6 | 497,8 | 497,3 |
| CONTENIDO DE AGUA (gr)            | 2,4   | 2,2   | 2,7   |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)          | 0,48  | 0,44  | 0,54  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%) | 0,49  |       |       |

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso Original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$H = (A - B) / (B) * 100$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO BARITINA**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 06/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 1048,0   | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 371,8    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 497,5    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |



### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{497,5}{500 - 371.8} = 3,88 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{sss} = \frac{500}{500 - 371.8} = 3,90 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{497,5}{( 500 - 371.8 ) - ( 500 - 497.5 )} = 3,96 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 497.5}{497,5} \times 100 = 0,5$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO BARITINA

##### ENSAYO N°2

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 06/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 1047,6   | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 371,4    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 496,6    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{496,6}{500 - 371,4} = 3,86 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G<sub>sss</sub>)

$$G_{\text{sss}} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{\text{sss}} = \frac{500}{500 - 371,4} = 3,89 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (G<sub>a</sub>)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{496,6}{( 500 - 371,4 ) - ( 500 - 496,6 )} = 3,97 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 496,6}{496,6} \times 100 = 0,7$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO BARITINA**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : BARITINA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : COMACSA FECHA : 06/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA FIOLA   |         | 176,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA                                       |         | 500,0    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA                 |         | 676,2    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA +<br>PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA |         | 1047,8   | gr.    |
| PESO DEL AGUA  | W       | 371,6    | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SECA  | A       | 497,8    | gr.    |
| VOLUMEN DE LA FIOLA  | V       | 500,0    | ml     |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( V - W )}$$

$$G = \frac{497,8}{500 - 371.6} = 3,88 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{\text{sss}} = \frac{500}{( V - W )}$$

$$G_{\text{sss}} = \frac{500}{500 - 371.6} = 3,89 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( V - W ) - ( 500 - A )}$$

$$G_a = \frac{497,8}{( 500 - 371.6 ) - ( 500 - 497.8 )} = 3,94 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( 500 - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{500 - 497.8}{497,8} \times 100 = 0,4$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO BARITINA

PROMEDIO DE ENSAYOS Nº 1,2,3

TIPO DE AGREGADO : BARITINA

PROCEDENCIA : COMACSA

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

NORMA : NTP 400.022

FECHA : 06/05/2008

| DESCRIPCIÓN   | M1   | M2   | M3   | PROMEDIO | UNIDAD             |
|---|------|------|------|----------|--------------------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)   | 3,88 | 3,86 | 3,88 | 3,87     | gr/cm <sup>3</sup> |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G <sub>ss</sub> ) | 3,90 | 3,89 | 3,89 | 3,89     | gr/cm <sup>3</sup> |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE (G <sub>a</sub> )                                | 3,96 | 3,97 | 3,94 | 3,96     | gr/cm <sup>3</sup> |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)  | 0,5  | 0,7  | 0,4  | 0,53     | %                  |

# **AGREGADO GRUESO PIEDRA**



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°1

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA NTP 400.012

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA 16/04/2008

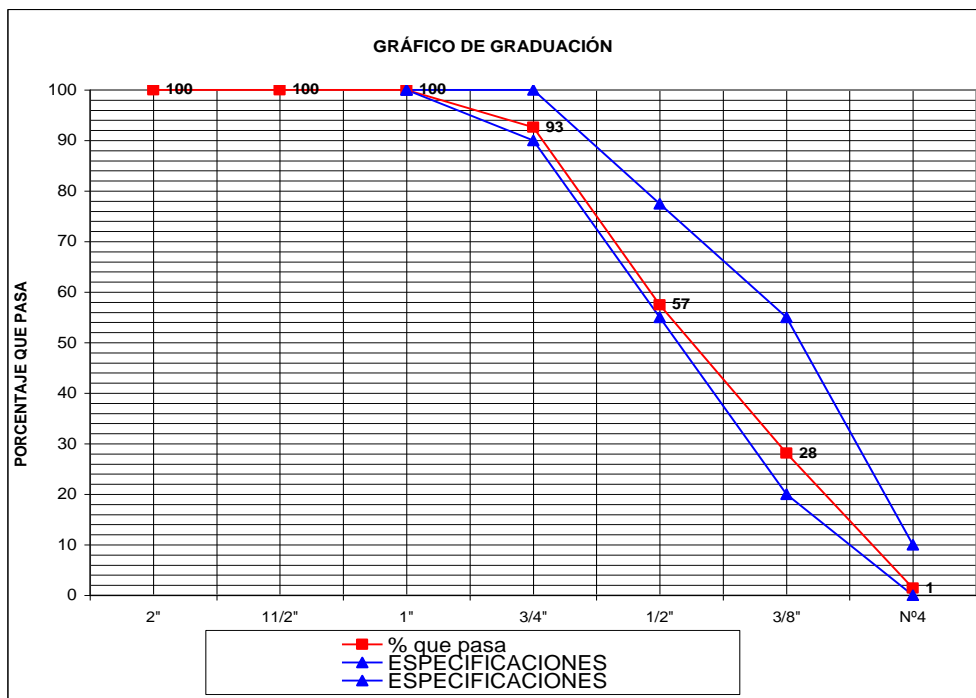
PESO DE LA MUESTRA : 12000gr (M1)

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

AGREGADO GRUESO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| TAMIZ N° | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|----------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 2"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1 1/2"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| 3/4"     | 886,50             | 7          | 7                    | 93         | 90               | 100 |
| 1/2"     | 4215,00            | 35         | 43                   | 57         | 55               | 78  |
| 3/8"     | 3526,50            | 29         | 72                   | 28         | 20               | 55  |
| N°4      | 3199,50            | 27         | 99                   | 1          | 0                | 10  |
| Fondo    | 172,50             | 1          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total    | 12000,00           |            |                      |            |                  |     |

mg: 6,78  
T.M : 1"  
T.M.N : 3/4"







LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°2

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.012

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 16/04/2008

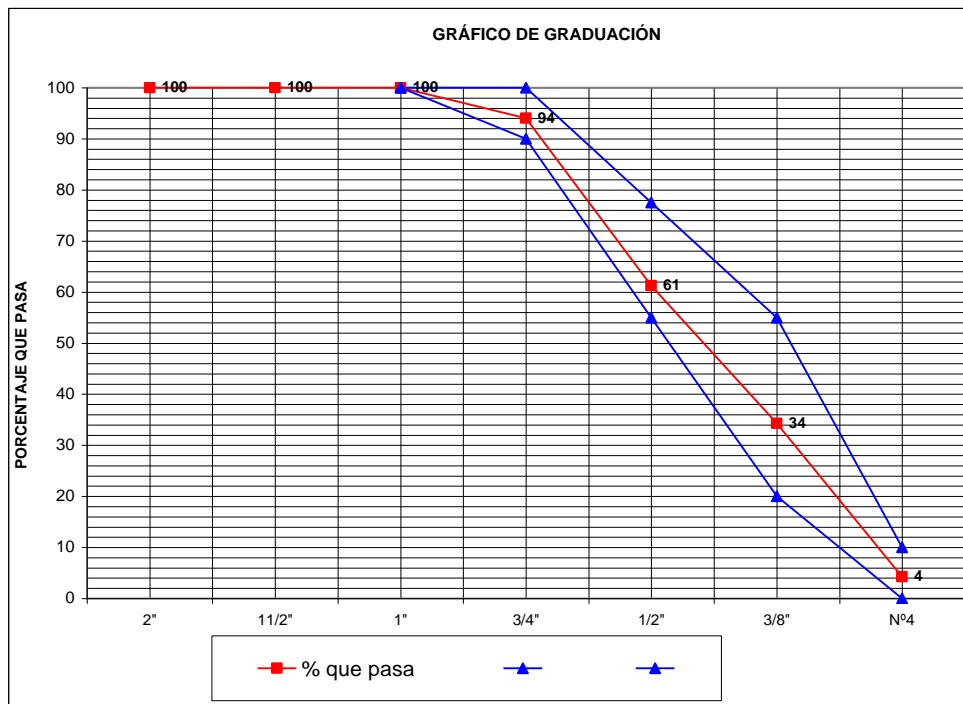
PESO DE LA MUESTRA : 12000gr (M2)

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

AGREGADO GRUESO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| TAMIZ N° | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|----------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 2"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1 1/2"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| 3/4"     | 715,50             | 6          | 6                    | 94         | 90               | 100 |
| 1/2"     | 3937,50            | 33         | 39                   | 61         | 55               | 78  |
| 3/8"     | 3232,50            | 27         | 66                   | 34         | 20               | 55  |
| N°4      | 3607,50            | 30         | 96                   | 4          | 0                | 10  |
| Fondo    | 507,00             | 4          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total    | 12000,00           |            |                      |            |                  |     |

mg : 6,67  
TM : 1"  
TMN : 3/4"





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°3

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA NTP 400.012

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA 16/04/2008

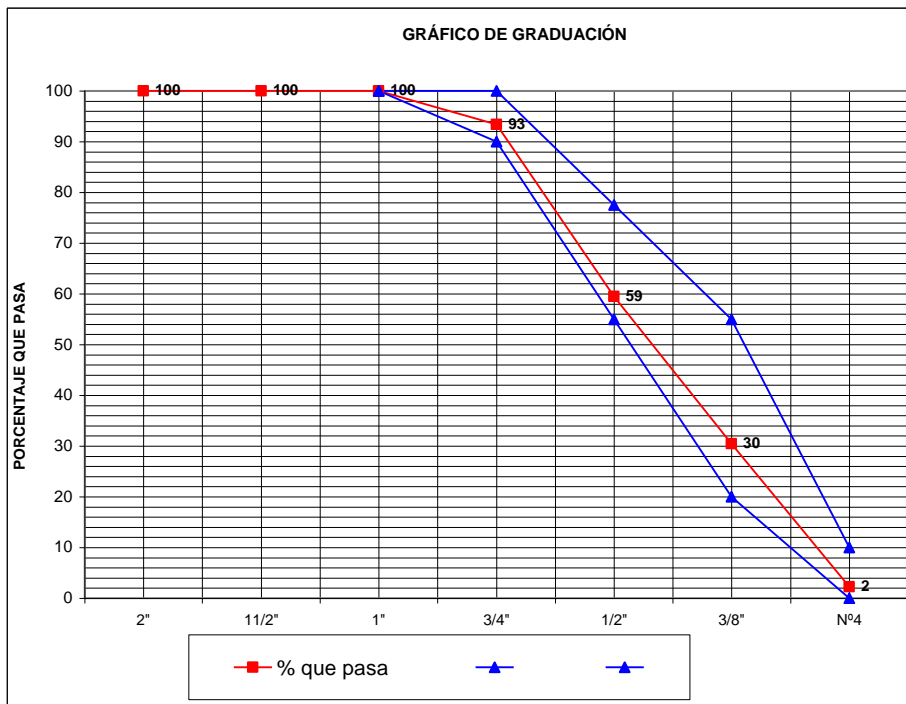
PESO DE LA MUESTRA : 12000gr (M3)

HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

AGREGADO GRUESO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| TAMIZ N° | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |     |
|----------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|-----|
| 2"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1 1/2"   | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |     |
| 1"       | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              | 100 |
| 3/4"     | 798,00             | 7          | 7                    | 93         | 90               | 100 |
| 1/2"     | 4066,50            | 34         | 41                   | 59         | 55               | 78  |
| 3/8"     | 3481,50            | 29         | 70                   | 30         | 20               | 55  |
| N°4      | 3381,00            | 28         | 98                   | 2          | 0                | 10  |
| Fondo    | 273,00             | 2          | 100                  | 0          | 0                | 0   |
| Total    | 12000,00           |            |                      |            |                  |     |

mg : 6,74  
TM : 1"  
TMN : 3/4"





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : : PIEDRA CHANCADA  
PROCEDENCIA : : CANTERA GLORIA  
PESO DE LA MUESTRA : : 12000 gr

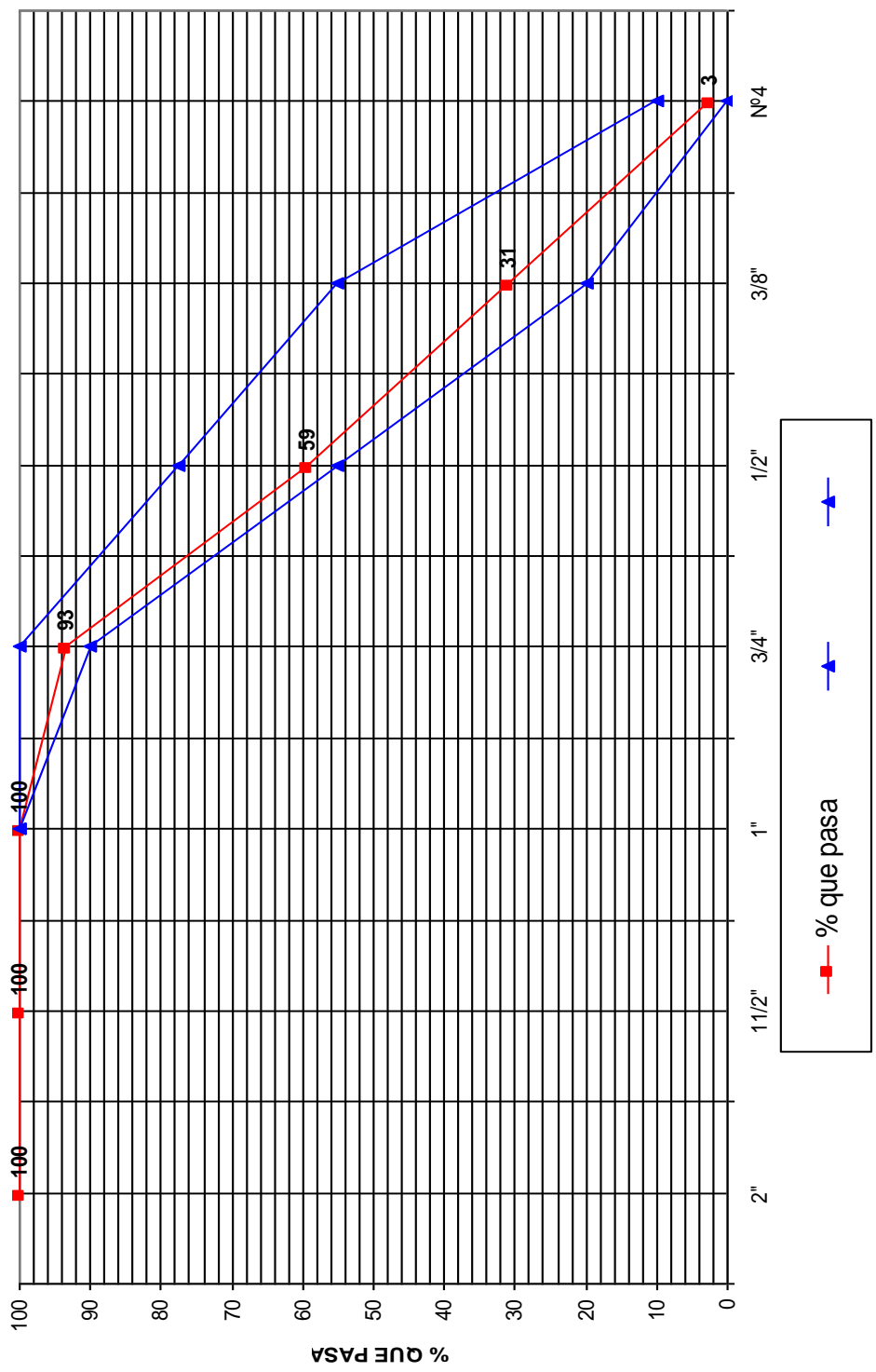
NORMA NTP 400.012  
FECHA 16/04/2008  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO

AGREGADO GRUESO : Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

| TAMIZ N° | Peso retenido en cada malla |          |          | Peso Retenido (gr) | % Retenido | % Retenido Acumulado | % que pasa | ESPECIFICACIONES |
|----------|-----------------------------|----------|----------|--------------------|------------|----------------------|------------|------------------|
|          | M1                          | M2       | M3       |                    |            |                      |            |                  |
| 2"       | 0,00                        | 0,00     | 0,00     | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |
| 1 1/2"   | 0,00                        | 0,00     | 0,00     | 0,00               | 0          | 0                    | 100        |                  |
| 1"       | 0,00                        | 0,00     | 0,00     | 0,00               | 0          | 0                    | 100        | 100              |
| 3/4"     | 886,50                      | 715,50   | 798,00   | 800,00             | 7          | 7                    | 93         | 90               |
| 1/2"     | 4215,00                     | 3937,50  | 4066,50  | 4073,00            | 34         | 41                   | 59         | 55               |
| 3/8"     | 3526,50                     | 3232,50  | 3481,50  | 3413,50            | 28         | 69                   | 31         | 20               |
| N°4      | 3199,50                     | 3607,50  | 3381,00  | 3396,00            | 28         | 97                   | 3          | 0                |
| Fondo    | 172,50                      | 507,00   | 273,00   | 317,50             | 3          | 100                  | 0          | 0                |
| Total    | 12000,00                    | 12000,00 | 12000,00 | 12000,00           |            |                      |            |                  |

mg 6,73  
TM 1"  
TMN 3/4"

# GRÁFICO DE GRADUACIÓN





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.018

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 25/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 5000,0     | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 4959,8     | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 40,2       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>0,8</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.018

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 25/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 5000,0     | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 4953,0     | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 47,0       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>0,9</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200**

**AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.018

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 25/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

| DESCRIPCIÓN                        | SÍMBOLO  | CANTIDAD   | UNIDAD   |
|------------------------------------|----------|------------|----------|
| PESO DE LA MUESTRA                 | P1       | 5000,0     | gr       |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA | P2       | 4957,2     | gr       |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200   | (P1-P2)  | 42,8       | gr       |
| <b>% QUE PASA LA MALLA N°200</b>   | <b>A</b> | <b>0,9</b> | <b>%</b> |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200

AGREGADO GRUESO

PROMEDIO DE ENSAYOS Nº1.2.3

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.018

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 25/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

| DESCRIPCIÓN                                  | M1           | M2     | M3     | UNIDAD |
|--|--------------|--------|--------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA                           | 5000,0       | 5000,0 | 5000,0 | gr     |
| PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA           | 4959,8       | 4953,0 | 4957,2 | gr     |
| MATERIAL QUE PASA LA MALLA Nº200             | 40,2         | 47,0   | 42,8   | gr     |
| % QUE PASA LA MALLA Nº200                    | 0,8          | 0,9    | 0,9    | %      |
| <b>PROMEDIO DE % QUE PASA LA MALLA Nº200</b> | <b>0,9 %</b> |        |        |        |





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 24/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 26,5        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 20,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 19,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 13,9        | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1489</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS= f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 29,4        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 23,6        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 19,7        |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 13,9        |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1698</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC= f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 24/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 26,0        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 20,2        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 19,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 13,9        | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1453</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 29,1        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 23,3        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 19,7        |              |
| PESO DEL AGUA                              |            | 13,9        |              |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1676</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

NORMA : NTP 400.017

FECHA : 24/04/2008

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE |            | 26,5        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                    |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | Ws         | 20,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             |            | 19,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA                          | Wa         | 13,9        | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>PUS</b> | <b>1489</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUS = f \times Ws$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO    | CANTIDAD    | UNIDAD       |
|--|------------|-------------|--------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |            | 29,0        | kg           |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |            | 5,8         | kg           |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc         | 23,2        | kg           |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |            | 19,7        | kg           |
| PESO DEL AGUA                              |            | 13,9        | kg           |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f          | 71,9        | m-3          |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>PUC</b> | <b>1669</b> | <b>kg/m3</b> |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**PROMEDIO DE LOS ENSAYOS 1,2,3**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA

NORMA : NTP 400.017

PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA

FECHA : 24/04/2008

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

| DESCRIPCIÓN                            | M1                | M2          | M3          | UNIDAD |
|--|-------------------|-------------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE | 26,5              | 26,0        | 26,5        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                    | 5,8               | 5,8         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA              | 20,7              | 20,2        | 20,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE             | 19,7              | 19,7        | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                          | 13,9              | 13,9        | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE   | 71,9              | 71,9        | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>            | <b>1489</b>       | <b>1453</b> | <b>1489</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO</b>   | <b>1477 kg/m3</b> |             |             |        |

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

| DESCRIPCIÓN                                | M1                | M2          | M3          | UNIDAD |
|--|-------------------|-------------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE | 29,4              | 29,1        | 29,0        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        | 5,8               | 5,8         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | 23,6              | 23,3        | 23,2        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 | 19,7              | 19,7        | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                              | 13,9              | 13,9        | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | 71,9              | 71,9        | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | <b>1698</b>       | <b>1676</b> | <b>1669</b> | kg/m3  |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO</b>   | <b>1681 kg/m3</b> |             |             |        |

$$f = 1000/Wa$$

$$PUC = f \times Wc$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA ASTM C-566  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA 08/04/2008  
PESO DE LA MUESTRA = 5000gr (T.M = 1")  
HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
Cantera "Gloria" Ate Vitarte; Provincia Lima; km14+8000 Carretera Central

#### ENSAYO Nº1

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 5000     | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 4978     | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 22       | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,44     | %      |

#### ENSAYO Nº2

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 5000     | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 4984     | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 16       | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,32     | %      |

#### ENSAYO Nº3

| DESCRIPCIÓN               | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---------------------------|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA | A       | 5000     | g      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | B       | 4980     | g      |
| CONTENIDO DE AGUA         | A-B     | 20       | g      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD      | H       | 0,40     | %      |

Peso Original de la muestra - Peso seco

% HUMEDAD = ----- x100  
Peso seco





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°1**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 5000 gr.

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA                   | B       | 5000     | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA |         | 3826,4   | gr.    |
| PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA                               |         | 620,2    | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA                         | C       | 3206,2   | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | A       | 4974,2   | gr.    |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{(A)}{(B - C)}$$

$$G = \frac{4974,2}{5000 - 3206,2} = 2,77 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G<sub>sss</sub>)

$$G_{sss} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$G_{sss} = \frac{5000}{5000 - 3206,2} = 2,79 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (G<sub>a</sub>)

$$G_a = \frac{(A)}{(A - C)}$$

$$G_a = \frac{4974,2}{4974,2 - 3206,2} = 2,81 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{(B - A)}{(A)} \times 100$$

$$a\% = \frac{5000 - 4974,2}{4974,2} \times 100 = 0,5$$





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°2**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M2) : 5000 gr.

| DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|--|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA<br>SUPERFICIALMENTE SECA                   | B       | 5000     | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA<br>DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA |         | 3827     | gr.    |
| PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA                                  |         | 620,3    | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA                            | C       | 3206,7   | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SECA  | A       | 4979,4   | gr.    |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( B - C )}$$

$$G = \frac{4979,4}{5000 - 3206.7} = 2,78 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{B}{( B - C )}$$

$$G_{sss} = \frac{5000}{5000 - 3206.7} = 2,79 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( A - C )}$$

$$G_a = \frac{4979,4}{4979.4 - 3206.7} = 2,81 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( B - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{5000 - 4979.4}{4979,4} \times 100 = 0,4$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

**ENSAYO N°3**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA FECHA : 02/05/2008  
HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO  
PESO DE LA MUESTRA (M3) : 5000 gr.

| DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | CANTIDAD | UNIDAD |
|---|---------|----------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA                   | B       | 5000     | gr.    |
| PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA |         | 3830     | gr.    |
| PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA                               |         | 620,3    | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA                         | C       | 3209,7   | gr.    |
| PESO DE LA MUESTRA SECA   | A       | 4971,2   | gr.    |

### 1.-PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)

$$\text{PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)} = \frac{( A )}{( B - C )}$$

$$G = \frac{4971,2}{5000 - 3209.7} = 2,78 \text{ gr/cm}^3$$

### 2.-PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (Gsss)

$$G_{sss} = \frac{B}{( B - C )}$$

$$G_{sss} = \frac{5000}{5000 - 3209.7} = 2,79 \text{ gr/cm}^3$$

### 3.-PESO ESPECÍFICO APARENTE (Ga)

$$G_a = \frac{( A )}{( A - C )}$$

$$G_a = \frac{4971,2}{4971.2 - 3209.7} = 2,82 \text{ gr/cm}^3$$

### 4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{( B - A )}{( A )} \times 100$$

$$a\% = \frac{5000 - 4971.2}{4971,2} \times 100 = 0,6$$



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

**PROMEDIO DE ENSAYOS N°1,2,3**

**TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA**

**PROCEDENCIA : CANTERA GLORIA**

**HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO**

**NORMA : NTP 400.022**

**FECHA : 02/05/2008**

| DESCRIPCIÓN   | M1   | M2   | M3   | PROMEDIO | UNIDAD |
|---|------|------|------|----------|--------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA (G)   | 2,77 | 2,78 | 2,78 | 2,78     | gr/cm3 |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G <sub>ss</sub> ) | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79     | gr/cm3 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE (G <sub>a</sub> )                                | 2,81 | 2,81 | 2,82 | 2,81     | gr/cm3 |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)  | 0,5  | 0,4  | 0,6  | 0,50     | %      |

# **AGREGADO GLOBAL**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

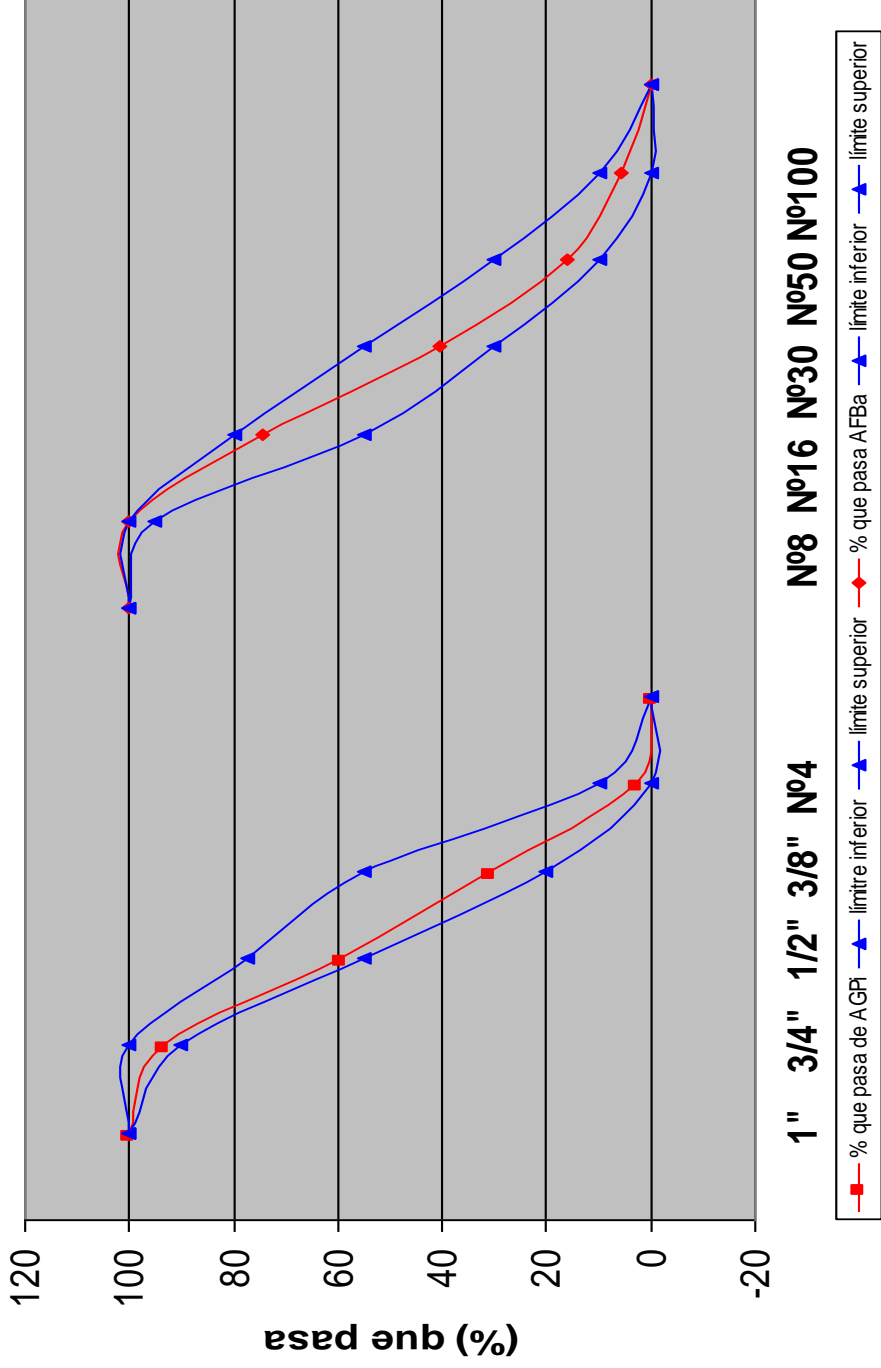
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GLOBAL

TIPO DE AGR. : BARTINA Y PIEDRA CH. NORMA ASTM C637-98a(2003), NTP 400.012  
 PESO DE LA MUESTRA : 12500 gr FECHA 08/05/2008  
 AFBa : Agregado Fino Baritina HECHO POR : ANGEL A. MILLONES PRADO  
 AGPi : Agregado Grueso Piedra

| TAMIZ | AGPi                 |              | AFBa      |              | Combinación |           | Resultados de Combinación |               | Especificaciones |     |      |
|-------|----------------------|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|---------------------------|---------------|------------------|-----|------|
|       | (%) Ret.             | (%) Ret Acu. | (%) Ret.  | (%) Ret Acu. | (50%)AGPi   | (50%)AFBa | (%) Ret.                  | (%) Ret. Acu. | (%) que Pasa     |     |      |
| 1"    | 0                    | 0            | 0         | 0            | 50          | 0,00      | 0,00                      | 0,00          | 100,00           | 100 | 100  |
| 3/4"  | 6,67                 | 6,67         | 0         | 0            | 50          | 3,33      | 3,33                      | 3,33          | 96,67            | 90  | 100  |
| 1/2"  | 33,94                | 40,61        | 0         | 0            | 50          | 16,97     | 16,97                     | 20,30         | 79,70            | 55  | 77,5 |
| 3/8"  | 28,45                | 69,05        | 0         | 0            | 50          | 14,22     | 14,22                     | 34,53         | 65,47            | 20  | 55   |
| Nº4   | 28,30                | 97,35        | 0         | 0            | 50          | 14,15     | 14,15                     | 48,68         | 51,32            | 0   | 10   |
| Nº8   | 2,65                 | 100,00       | 0         | 0            | 50          | 1,32      | 1,32                      | 50,00         | 50,00            |     | 100  |
| Nº16  |                      |              | 0         | 0            | 50          | 0,00      | 0,00                      | 0,00          | 50,00            |     | 95   |
| Nº30  |                      |              | 25,62     | 26           | 50          | 0,00      | 12,81                     | 12,81         | 37,19            |     | 55   |
| Nº50  |                      |              | 33,81     | 59,43        | 50          | 0,00      | 16,91                     | 79,72         | 20,28            |     | 30   |
| Nº100 |                      |              | 24,60     | 84,03        | 50          | 0,00      | 12,30                     | 92,02         | 7,98             |     | 10   |
| Nº200 |                      |              | 10,39     | 94           | 50          | 0,00      | 5,20                      | 97            | 2,8              |     | 0    |
| fondo |                      |              | 5,58      | 100          | 50          | 2,79      | 2,79                      | 100           | 0,0              |     |      |
|       | 100                  |              | 100       |              |             |           |                           |               |                  |     |      |
|       | mg = 6,76            |              | mf = 1,69 |              |             |           |                           |               |                  |     |      |
|       | MF Agregado Global = |              | 4,22      |              |             |           |                           |               |                  |     |      |

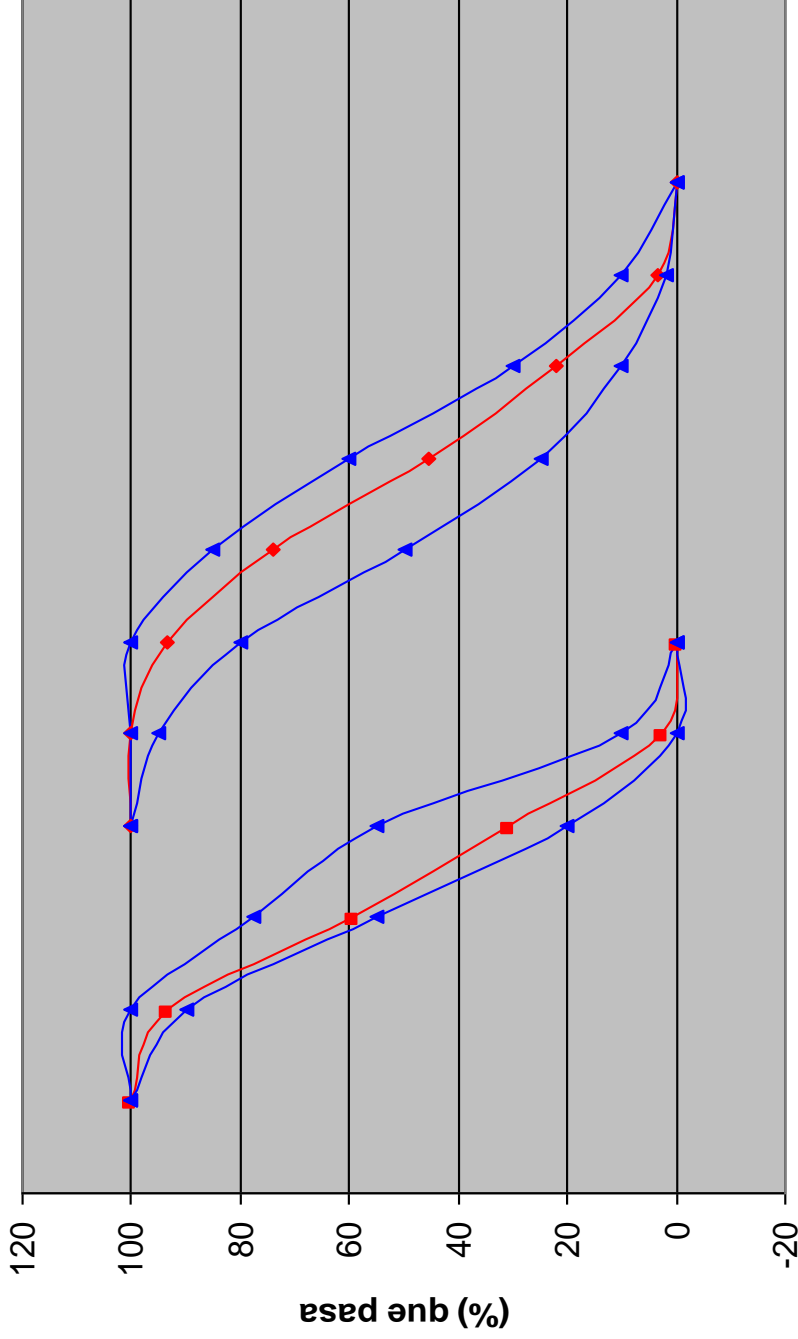
# GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL BARITINA - PIEDRA







# GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL ARENA - PIEDRA



■ — % que pasa de AGR ▲ — límite superior ◆ — % que pasa de AFA ▲ — límite inferior ▲ — límite superior

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE MEZCLAS**

#### **MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL**

El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso como un sólo material (agregado global), dirigido a:

- a) Controlar la trabajabilidad de la mezcla de Concreto.
- b) Obtener la máxima COMPACIDAD de la combinación de agregados mediante ensayos de laboratorio.

Para la adición de agua se debe tener en cuenta la durabilidad, según los códigos de diseño del ACI y Eurocódigos que son similares y por resistencia de acuerdo a la relación de Abrams(a/c).

#### **4.1-CONCRETO PATRÓN**

##### **4.1.1-Selección del Asentamiento.**

Para el diseño de mezclas de prueba del concreto patrón, así como del concreto de alta densidad se ha determinado un asentamiento cuyos valores estarán comprendidos entre 4" – 4,5", los cuales garantizarán mezclas de consistencia plástica.

##### **4.1.2-Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.**

De los valores obtenidos en el ensayo de granulometría de agregado grueso podemos observar que nuestro agregado grueso piedra chancada tiene un tamaño máximo nominal de 3/4".

### 4.1.3-Determinación de la cantidad de agua de mezclado.

El volumen unitario de agua, se determinó de las tablas (ACI – Comité Europeo del Concreto) para diseño de mezclas de concreto.

El agua de diseño necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", además se diseña teniendo en cuenta que esta mezcla es sin aire incorporado, y que el agregado grueso a utilizar tiene un TMN = 3/4".

Por lo tanto el Volumen Unitario es = 200 lt/m<sup>3</sup>

Luego de realizar las pruebas preliminares y teniendo en cuenta las tres mejores combinaciones determinadas por el P.U.C del agregado global se determinó la cantidad de agua a utilizar en las siguientes mezclas de prueba:

#### AGUA EFECTIVA Y EL ASENTAMIENTO PRELIMINAR DEL CONCRETO PATRÓN

| DISEÑO | a/c  | PROPORCIONES | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | Slump (pulgadas) |
|--------|------|--------------|------------------------------------|------------------|
| D-1    | 0,55 | 40%AF+60%AG  | 268                                | 4,50             |
| D-2    | 0,55 | 45%AF+55%AG  | 267                                | 4,00             |
| D-3    | 0,55 | 50%AF+50%AG  | 265                                | 4,00             |

### 4.1.4-Determinación del contenido de aire.

Diseñaremos teniendo en cuenta que nuestra mezcla no va a estar expuesta a condiciones de intemperismo severo por lo tanto no se considerará aire incorporado, pero sí aire atrapado.

La tabla siguiente nos da el % de aire atrapado para los diferentes tamaños máximos nominales de agregados gruesos, graduados por la norma;

ITINTEC 400.037 o ASTM C33.

| Tamaño Máximo Nominal | Aire Atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8"                  | 3%            |
| 1/2"                  | 2.50%         |
| 3/4"                  | 2.00%         |
| 1"                    | 1.50%         |
| 1 1/2"                | 1%            |
| 2"                    | 0.50%         |
| 3"                    | 0.30%         |
| 6"                    | 0.20%         |

**TMN = 3/4" corresponde: 2,00%**

#### 4.1.5-Selección de la

#### relación agua-cemento.

La relación agua-cemento, se determinó consultando las tablas para diseños de mezclas de concreto y eligiendo una resistencia probable a los 28 días de 300kg/cm<sup>2</sup> la cual nos garantiza un concreto resistente, duradero.

Tabla N°3.1

#### Relación agua - cemento por Resistencia

| f'cr | a/c  |
|------|------|
| 350  | 0,48 |
| 336  | 0,50 |
| 300  | 0,55 |
| 264  | 0,60 |
| 250  | 0,62 |

| Mezcla | Relación agua cemento |
|--------|-----------------------|
| 1      | a/c = 0,55            |

#### 4.1.6-Relación del Contenido de cemento.

Factor Cemento, lo obtendremos dividiendo el Volumen Unitario de agua entre la relación agua-cemento.

$$\text{Factor Cemento} = a/c = 200/0,55$$

$$\text{Factor Cemento} = 364 \text{ Kg/m}^3$$

$$1 \text{ bolsa de Cemento} = 42,5 \text{ Kg./bolsa}$$

$$\text{Factor Cemento} = 9 \text{ bolsas/m}^3$$

**4.1.7-Selección  
de porcentajes  
de  
combinación**

**de agregado**

**fino y grueso.**

A continuación presentamos los resultados de los ensayos de P.U.C, del agregado global (arena gruesa y piedra chancada) que determinó los 3 mejores porcentajes de combinaciones, para así determinar la mejor proporción de agregados en el diseño.





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

PESO DE LA MUESTRA : 80kg.  
 AGREGADO FINO : ARENA  
 AGREGADO GRUESO : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 3/06/2008  
 HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

COMBINACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL  
 PESOS Y % PARA HALLAR P.U.C

| % DE AFB | PESO SECO DE Af | % DE Ag | PESO SECO DE Ag | MUESTRAS |
|----------|-----------------|---------|-----------------|----------|
| 30       | 24              | 70      | 56              | M1       |
| 35       | 28              | 65      | 52              | M2       |
| 40       | 32              | 60      | 48              | M3       |
| 45       | 36              | 55      | 44              | M4       |
| 50       | 40              | 50      | 40              | M5       |
| 55       | 44              | 45      | 36              | M6       |

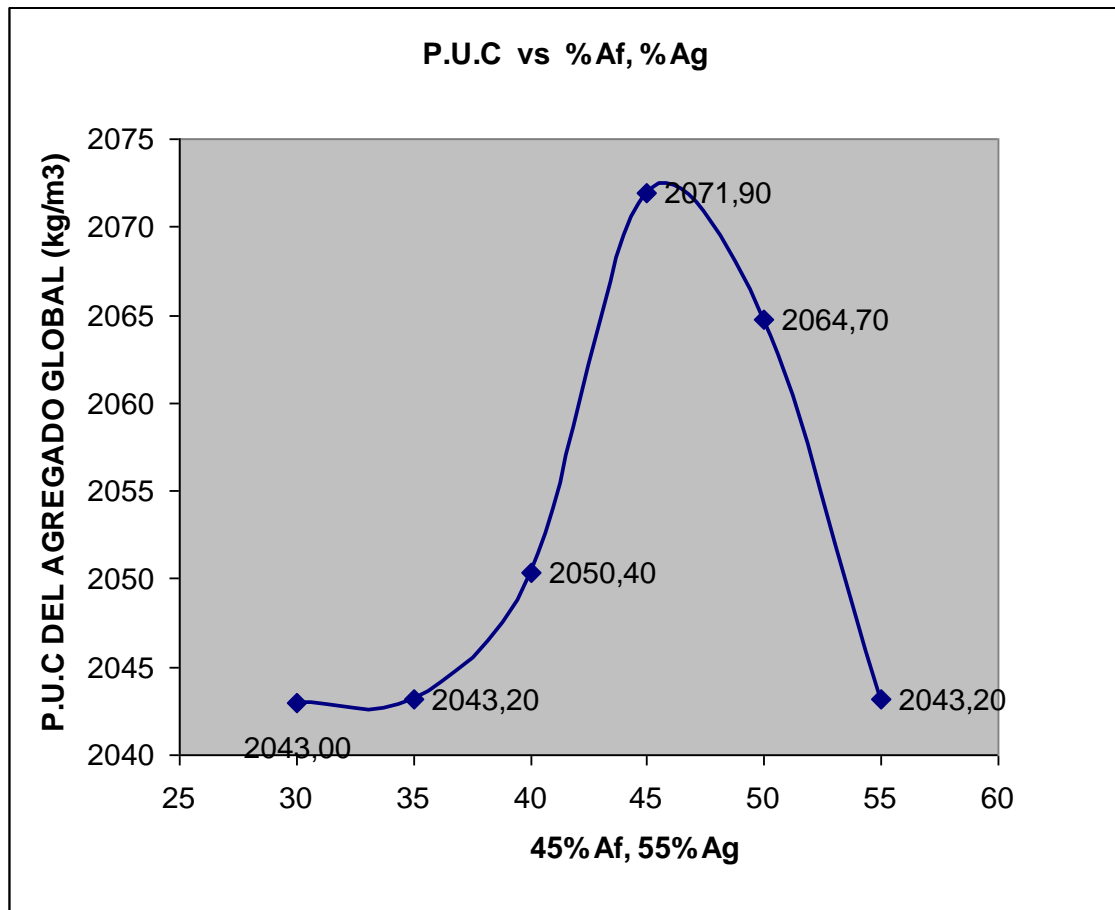
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

| DESCRIPCIÓN                           | M1          | M2          | M3          | M4          | M5          | M6          | UNIDAD            |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIP | 34,2        | 34,2        | 34,3        | 34,6        | 34,5        | 34,2        | kg                |
| PESO DEL RECIPIENTE                   | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | kg                |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA         | 28,4        | 28,4        | 28,5        | 28,8        | 28,7        | 28,4        | kg                |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE            | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | kg                |
| PESO DEL AGUA                         | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | kg                |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE  | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | m-3               |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>       | <b>2043</b> | <b>2043</b> | <b>2050</b> | <b>2072</b> | <b>2065</b> | <b>2043</b> | kg/m <sup>3</sup> |

$f = 1000/Wa$

$PUC = f \times Wc$





Se presume que la muestra M4, la cual nos ha dado el mayor P.U.C. del agregado global, es la que nos dará una mayor compacidad entre los agregados y por ende una mayor resistencia en el concreto.

Con los diseños obtenidos se ensayarán probetas a la edad de 7 días, para obtener la mayor resistencia a la compresión.

Se ha considerado en el Diseño de mezcla preliminar un Slump de 3-4”.

#### **4.1.8-Ajuste por contenido de humedad de los agregados.**

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C-566

$$\% \text{humedad} = \frac{(\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100$$

#### **4.1.9-Determinación de los pesos secos de los agregados.**

Los pesos secos de los agregados se determinarán luego de conocer los volúmenes de los agregados finos y gruesos.

#### **4.1.10-Número de diseños.**

Para realizar el diseño de concreto patrón fue necesario realizar una serie de diseños preliminares, que se ensayaron en laboratorio para así poder establecer la cantidad necesaria de agua para nuestro diseño, así como también obtener el asentamiento estimado preliminarmente comprendido entre 3-4”.

#### **4.1.11-Procedimiento de diseño.**

a-Clasificar las tres mejores combinaciones de agregado global, en nuestro

caso: 40%Af y 60Ag

45%Af y 55Ag

50%Af y 50Ag

b-Se mantendrá constante la relación  $a/c = 0,55$  para las tres combinaciones determinadas en la referencia 4.1.11.

#### **4.1.12- Diseños preliminares de concreto patrón**

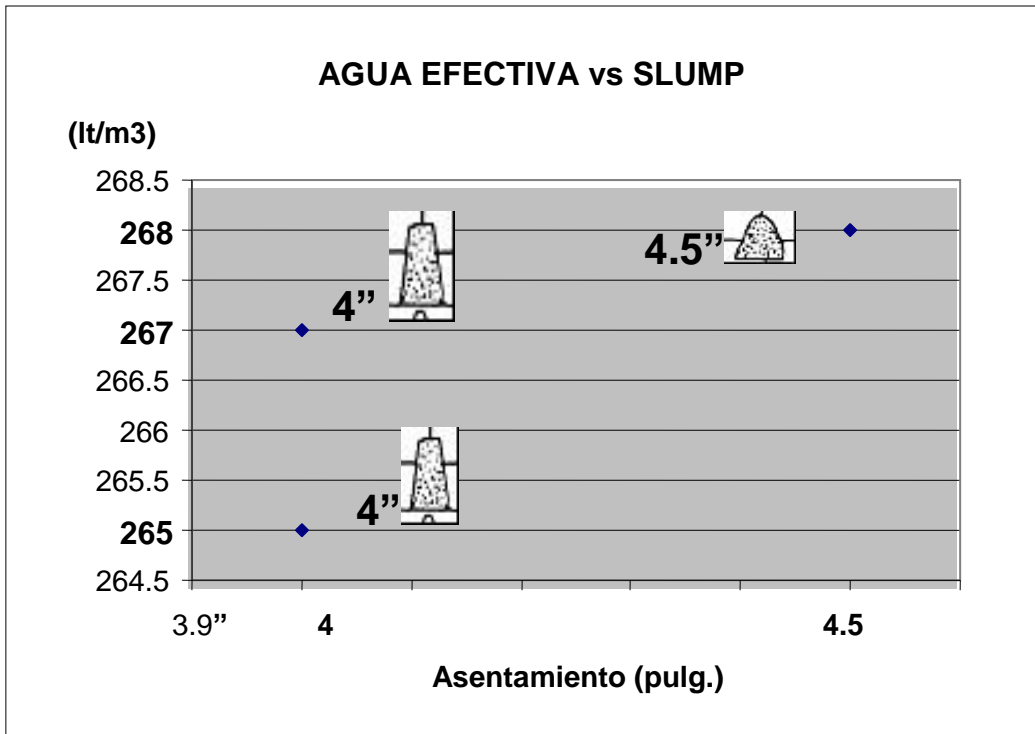
| <b>D - 1b</b>      |                     |                      |                             |
|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b>  | <b>SLUMP = 4.5"</b> |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
|                    | <b>40%Af+60%Ag</b>  |                      |                             |
| <b>Materiales</b>  | <b>D.O.</b>         | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento (kg/m3)    | 509                 | 0,025                | 12,7                        |
| Agua (lt/m3)       | 268                 | 0,025                | 6,7                         |
| Ag Fino (kg/m3)    | 567                 | 0,025                | 14,2                        |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 898                 | 0,025                | 22,5                        |
| Aditivo (lt/m3)    | 4,6                 | 0,025                | 0,1                         |

| <b>D - 2b</b>      |                    |                      |                             |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b>  | <b>SLUMP = 4"</b>  |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
|                    | <b>45%Af+55%Ag</b> |                      |                             |
| <b>Materiales</b>  | <b>D.O.</b>        | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento (kg/m3)    | 509                | 0,025                | 12,7                        |
| Agua (lt/m3)       | 267                | 0,025                | 6,7                         |
| Ag Fino (kg/m3)    | 637                | 0,025                | 15,9                        |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 823                | 0,025                | 20,6                        |
| Aditivo (lt/m3)    | 4,6                | 0,025                | 0,1                         |

| <b>D - 3b</b>      |                    |                      |                             |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b>  | <b>SLUMP = 4"</b>  |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
|                    | <b>50%Af+50%Ag</b> |                      |                             |
| <b>Materiales</b>  | <b>D.O.</b>        | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento (kg/m3)    | 509                | 0,025                | 12,7                        |
| Agua (lt/m3)       | 265                | 0,025                | 6,6                         |
| Ag Fino (kg/m3)    | 708                | 0,025                | 17,7                        |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 748                | 0,025                | 18,7                        |
| Aditivo (lt/m3)    | 4,6                | 0,025                | 0,1                         |

#### AGUA EFECTIVA Y SLUMP DE DISEÑO PRELIMINAR DEL CONCRETO PATRÓN

| Diseño | a/c  | PROPORCIONES | Agua Efectiva (lt/m3) | Slump (pulgadas) |
|--------|------|--------------|-----------------------|------------------|
| D-1    | 0,55 | 40%Af+60%Ag  | 268,00                | 4,5              |
| D-2    | 0,55 | 45%Af+55%Ag  | 267,00                | 4,0              |
| D-3    | 0,55 | 50%Af+50%Ag  | 265,00                | 4,0              |

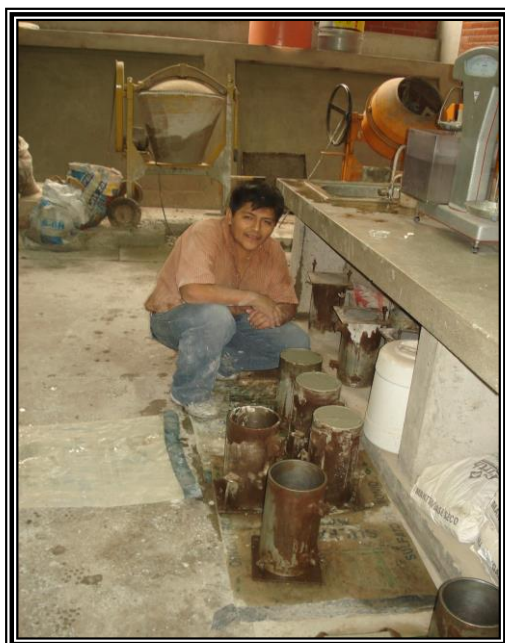


Después de hacer la serie de mezclas de prueba y de haber alcanzado por tanteo la cantidad de agua adecuada así como también el asentamiento elegido se preparan tres probetas de ensayo por cada combinación, haciendo un total de 9 probetas, las cuales se ensayarán por resistencia a la compresión a la edad de 7 días de acuerdo a la Norma ASTM C-39.



**REALIZACIÓN DE MEZCLA DE PRUEBA Y CONTROL DE SLUMP**

**OBTENCIÓN DEL SLUMP EN DISEÑO FINAL DEL CONCRETO PATRÓN**



**MOLDEO DE PROBETAS**



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PRELIMINAR DEL CONCRETO PATRON

FECHA DE VACEADO : 19 DE JUNIO DE 2008  
FECHA DE ENSAYO : 25 DE JUNIO DE 2008

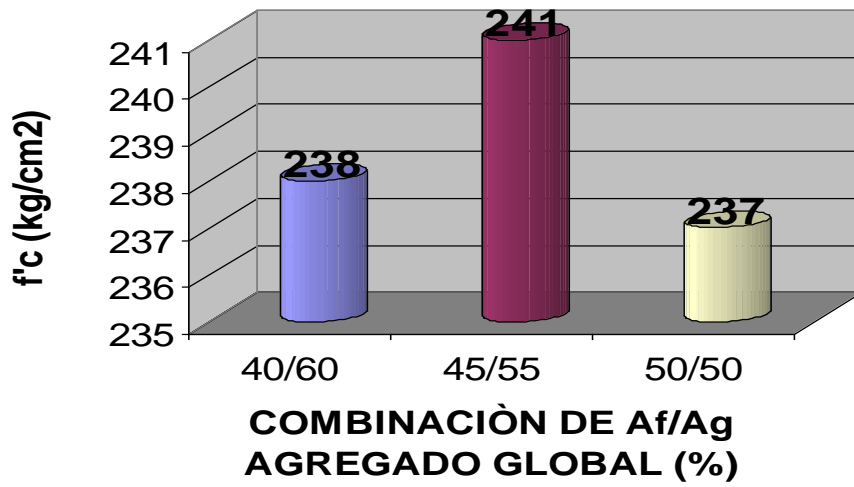
EDAD 7 DÍAS

| Relación a/c | Relación Af/Ag (%) | Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) |     |     | Promedio de Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|--------------------|---|-----|-----|---|
|              |                    | P1  | P2  | P3  |   |
| 0,55         | 40/60              | 238   | 240 | 237 | 238   |
|              | 45/55              | 241   | 239 | 243 | 241   |
|              | 50/50              | 238   | 236 | 237 | 237   |

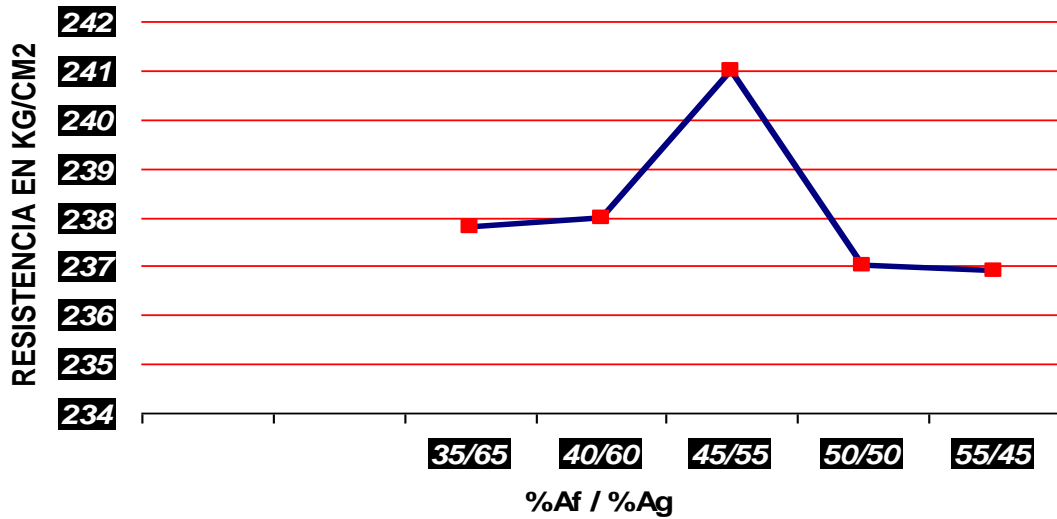
Del cuadro se observa que el máximo valor de la resistencia a compresión corresponde a la combinación de agregados, 45% Af Y 55% Ag, determinada en un inicio por el ensayo de P.U.C del agregado global.

Este valor obtenido de la relación de agregados 45% arena gruesa y 55% piedra chancada, se usa para las relaciones a/c = 0,50; 0,55 y 0,6.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LA EDAD DE 7 DÍAS



### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS RELACIÓN A/C=0.55



#### 4.1.13-Diseño final de concreto patrón





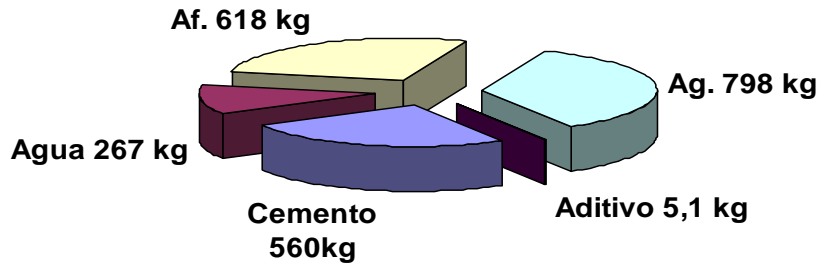
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

| DISEÑO DE MEZCLA FINAL DE CONCRETO PATRÓN |             |               |                      |
|---|-------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,50                                | D - 1       |               | Tanda en laboratorio |
|   | 45%Af+55%Ag |               |                      |
| Materiales                                | D.O.        | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m <sup>3</sup> )              | 560         | 0,025         | 14,0                 |
| Agua (L/m <sup>3</sup> )                  | 267         | 0,025         | 6,7                  |
| Ag Fino (kg/m <sup>3</sup> )              | 618         | 0,025         | 15,4                 |
| Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )           | 798         | 0,025         | 20,0                 |
| Aditivo (L/m <sup>3</sup> )               | 5,1         | 0,025         | 0,1                  |

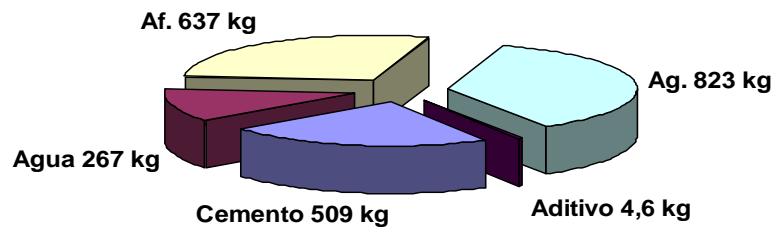
| DISEÑO DE MEZCLA FINAL DE CONCRETO PATRÓN |             |               |                      |
|---|-------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,55                                | D - 2       |               | Tanda en laboratorio |
|   | 45%Af+55%Ag |               |                      |
| Materiales                                | D.O.        | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m <sup>3</sup> )              | 509         | 0,025         | 12,7                 |
| Agua (L/m <sup>3</sup> )                  | 267         | 0,025         | 6,7                  |
| Ag Fino (kg/m <sup>3</sup> )              | 637         | 0,025         | 15,9                 |
| Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )           | 823         | 0,025         | 20,6                 |
| Aditivo (L/m <sup>3</sup> )               | 4,6         | 0,025         | 0,1                  |

| DISEÑO DE MEZCLA FINAL DE CONCRETO PATRÓN |             |               |                      |
|---|-------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,60                                | D - 3       |               | Tanda en laboratorio |
|   | 45%Af+55%Ag |               |                      |
| Materiales                                | D.O.        | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m <sup>3</sup> )              | 467         | 0,025         | 11,7                 |
| Agua (L/m <sup>3</sup> )                  | 266         | 0,025         | 6,7                  |
| Ag Fino (kg/m <sup>3</sup> )              | 654         | 0,025         | 16,3                 |
| Ag. Grueso (kg/m <sup>3</sup> )           | 844         | 0,025         | 21,1                 |
| Aditivo (L/m <sup>3</sup> )               | 4,2         | 0,025         | 0,1                  |

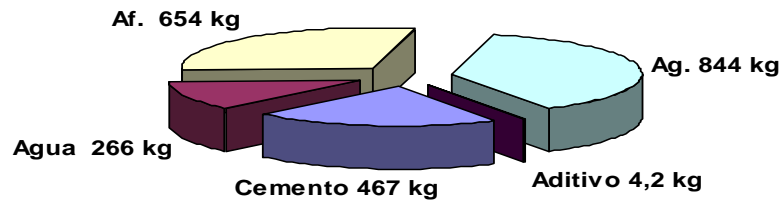
**PESOS DE LOS MATERIALES POR M3 DE  
CONCRETO**  
 $a/c=0,50$



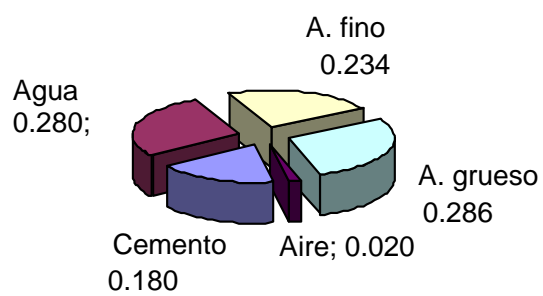
**PESOS DE LOS MATERIALES POR M3 DE CONCRETO**  
 $a/c=0,55$



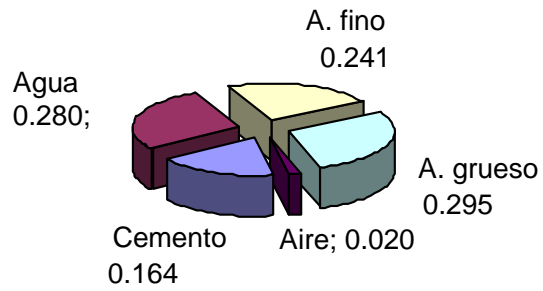
**PESOS DE LOS MATERIALES POR M3 DE CONCRETO**  
 $a/c=0,60$



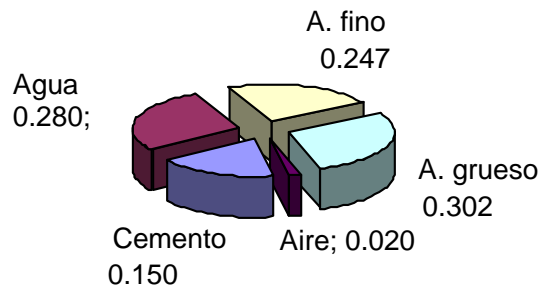
**PROPORCIONES VOLUMEN ABSOLUTO**  
 $a/c= 0,5$



**PROPORCIONES VOLUMEN ABSOLUTO**  
**a/c= 0,55**



**PROPORCIONES VOLUMEN ABSOLUTO**  
**a/c= 0,60**

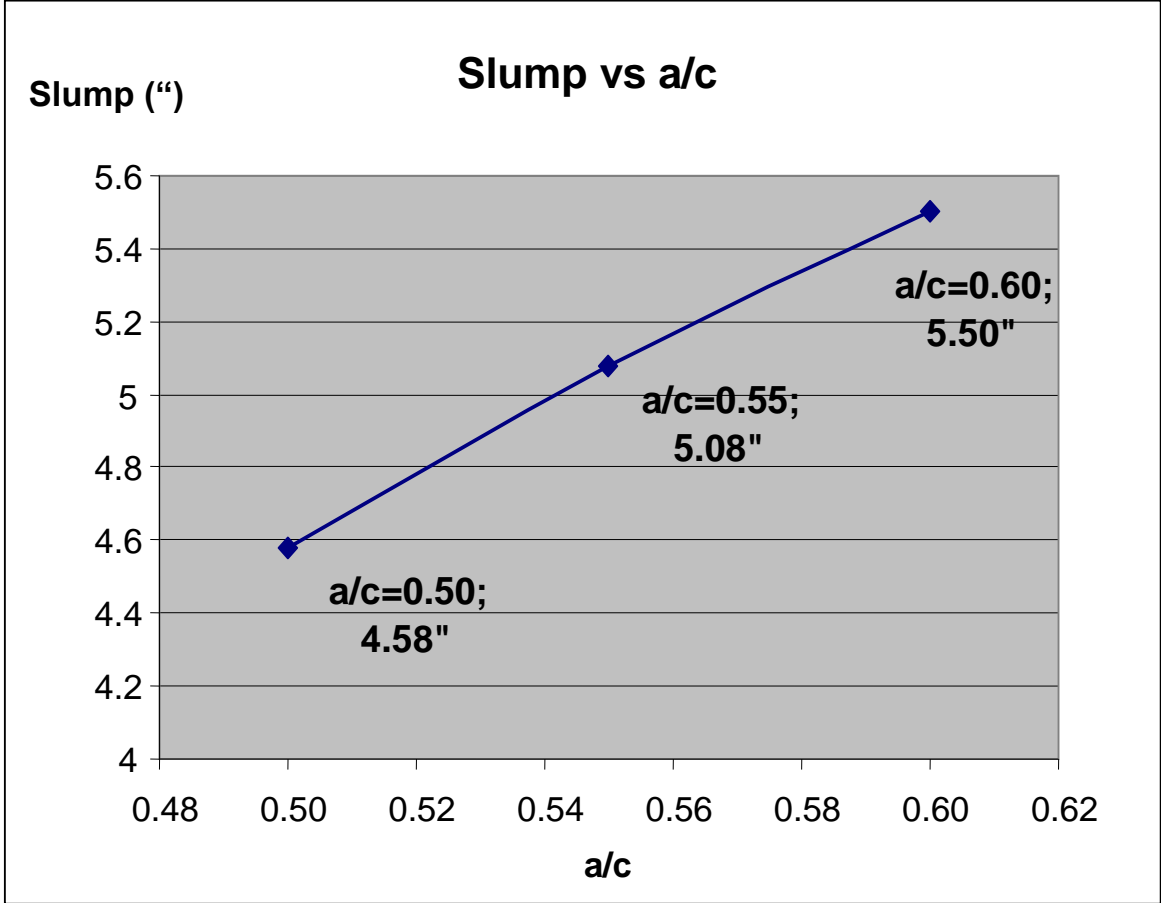


**RESULTADOS DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO PATRÓN**

| <b>DISEÑO - 1</b>  |                     |                             |                     |                                   |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| <b>Descripción</b> | <b>Relación a/c</b> | <b>Relación Af / Ag (%)</b> | <b>Agua (lt/m3)</b> | <b>Asentamiento Slump (Pulg.)</b> |
| Ensayo N°1         | 0,50                | 45/55                       | 267                 | 4,5                               |
| Ensayo N°2         | 0,50                | 45/55                       | 267                 | 4,8                               |
| Ensayo N°3         | 0,50                | 45/55                       | 267                 | 4,5                               |
| <b>PROMEDIO</b>    |                     |                             |                     | <b>4,6</b>                        |

| <b>DISEÑO - 2</b>  |                     |                             |                     |                                   |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| <b>Descripción</b> | <b>Relación a/c</b> | <b>Relación Af / Ag (%)</b> | <b>Agua (lt/m3)</b> | <b>Asentamiento Slump (Pulg.)</b> |
| Ensayo N°1         | 0,55                | 45/55                       | 267                 | 4,8                               |
| Ensayo N°2         | 0,55                | 45/55                       | 267                 | 5,0                               |
| Ensayo N°3         | 0,55                | 45/55                       | 267                 | 5,5                               |
| <b>PROMEDIO</b>    |                     |                             |                     | <b>5,1</b>                        |

| <b>DISEÑO - 3</b>  |                     |                             |                     |                                   |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| <b>Descripción</b> | <b>Relación a/c</b> | <b>Relación Af / Ag (%)</b> | <b>Agua (lt/m3)</b> | <b>Asentamiento Slump (Pulg.)</b> |
| Ensayo N°1         | 0,60                | 45/55                       | 266                 | 5,5                               |
| Ensayo N°2         | 0,60                | 45/55                       | 266                 | 5,3                               |
| Ensayo N°3         | 0,60                | 45/55                       | 266                 | 5,8                               |
| <b>PROMEDIO</b>    |                     |                             |                     | <b>5,5</b>                        |



#### **4.2-DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

El diseño del concreto de alta densidad sigue el procedimiento similar al del concreto patrón pero teniendo las precauciones del caso en la combinación de los agregados y materiales integrantes de la unidad cúbica, debido a que se trabajará con agregado fino pesado BARITINA, y agregado grueso piedra chancada.

Para el diseño de concreto de alta densidad, utilizaremos el método del AGREGADO GLOBAL, hallando la máxima compacidad entre la baritina y la piedra chancada, para ello realizaremos el ensayo del peso unitario compactado el cual nos dará un máximo valor de P.U.C, y por ende los %Af - %Ag. Iniciaremos el procedimiento de la siguiente manera:

#### 4.2.1-Peso Unitario Compactado del Agregado Global.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

#### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

PESO DE LA MUESTRA : 80kg.  
 AGREGADO FINO : BARITINA  
 AGREGADO GRUESO : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 3/06/2008  
 HECHO POR ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

#### COMBINACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL PESOS Y % PARA HALLAR P.U.C

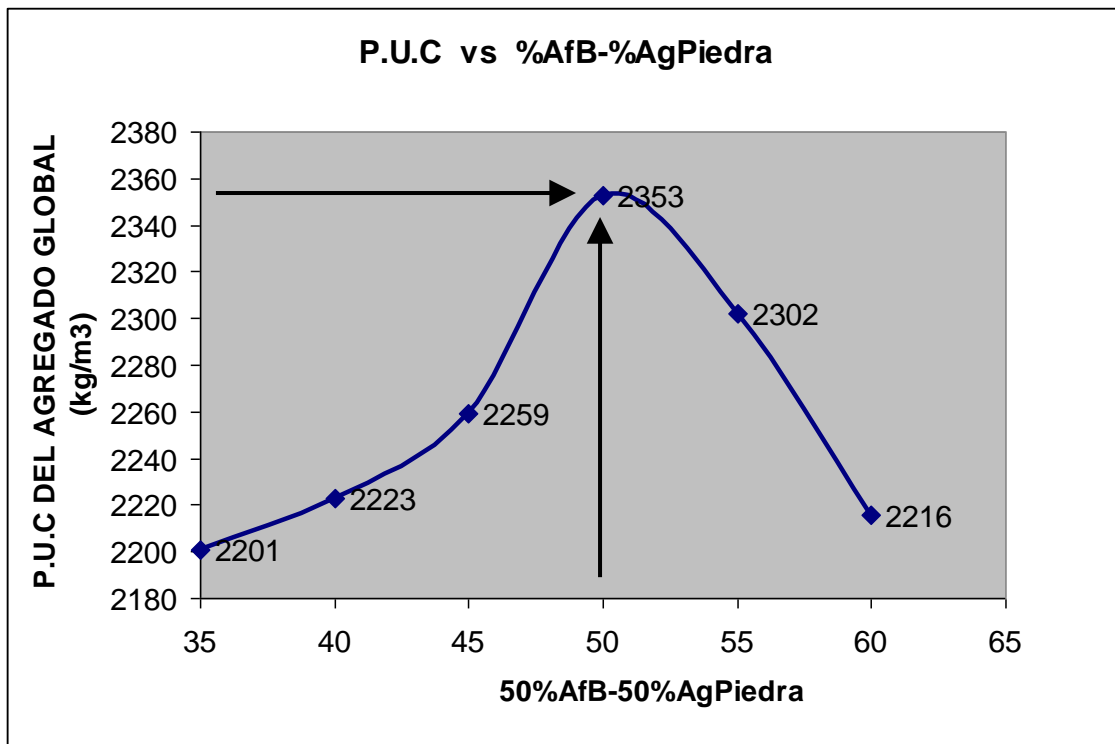
| % DE Af | PESO SECO DE Af (kg) | % DE Ag | PESO SECO DE Ag (kg) | MUESTRAS |
|---------|----------------------|---------|----------------------|----------|
| 35      | 28                   | 65      | 52                   | M1       |
| 40      | 32                   | 60      | 48                   | M2       |
| 45      | 36                   | 55      | 44                   | M3       |
| 50      | 40                   | 50      | 40                   | M4       |
| 55      | 44                   | 45      | 36                   | M5       |
| 60      | 48                   | 40      | 32                   | M6       |

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

| DESCRIPCIÓN                          | M1          | M2          | M3          | M4          | M5          | M6          | UNIDAD |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + REC  | 36,4        | 36,7        | 37,2        | 38,5        | 37,8        | 36,6        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                  | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA        | 30,6        | 30,9        | 31,4        | 32,7        | 32,0        | 30,8        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE           | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>      | <b>2201</b> | <b>2223</b> | <b>2259</b> | <b>2353</b> | <b>2302</b> | <b>2216</b> | kg/m3  |

f = 1000/Wa  
 PUC= f x Wc





#### EQUIPO Y ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO



De la gráfica de anterior P.U.C vs %AfB/%Ag podemos observar que el máximo valor corresponde a la combinación 50%AfB/50%Ag, valor que nos indica la máxima compacidad entre la Baritina y la Piedra y por ende nos garantiza un concreto con menor cantidad de poros y mayor resistencia.

Esta combinación será tomada para realizar nuestro diseño preliminar así como también se tomarán las 2 combinaciones más cercanas al valor obtenido de las combinaciones ; 45% AfB/55% AG y 55% AfB/45% Ag, para realizar los otros 2 diseños los cuales nos darán una idea más clara del diseño final de concreto de alta densidad.

De estos tres diseños se moldearán probetas a las cuales se les hará un ensayo de compresión a la edad de 7 días, y el máximo valor obtenido nos definirá el diseño final de concreto pesado.

## 4.2.2 Resultados y gráficos



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

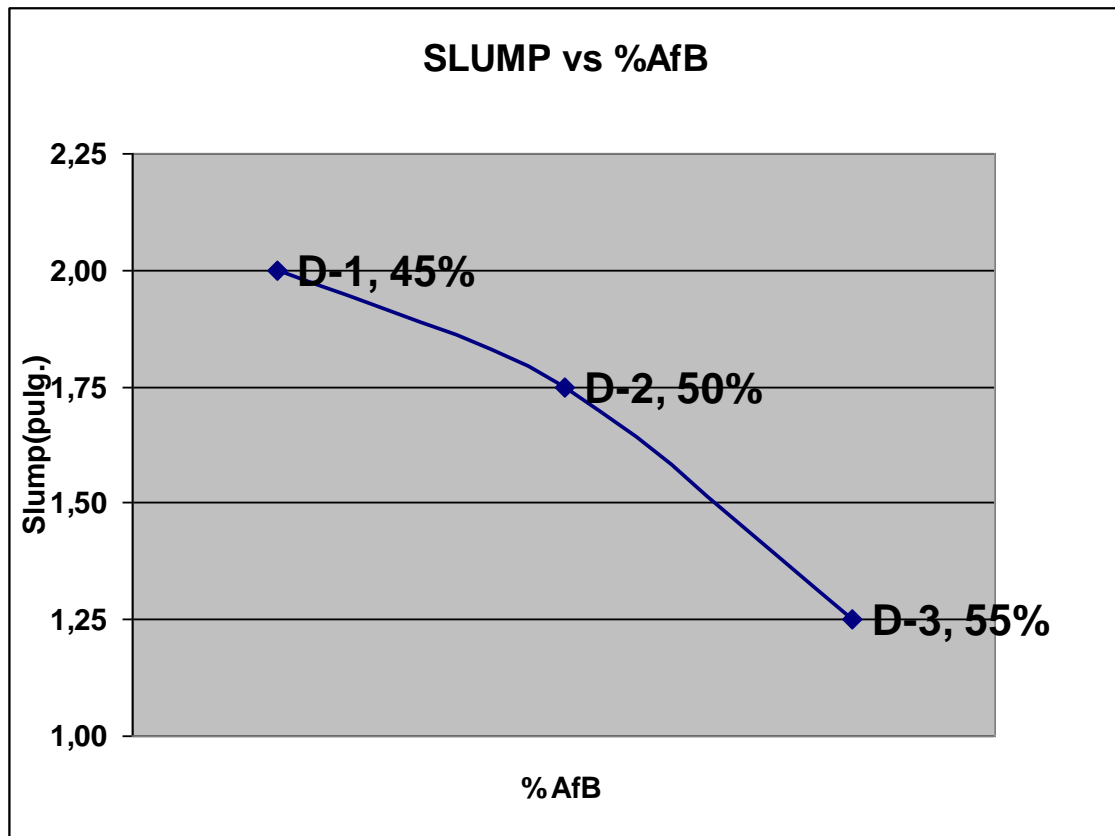
### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

#### RESUMEN DE LOS DISEÑOS PRELIMINARES DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

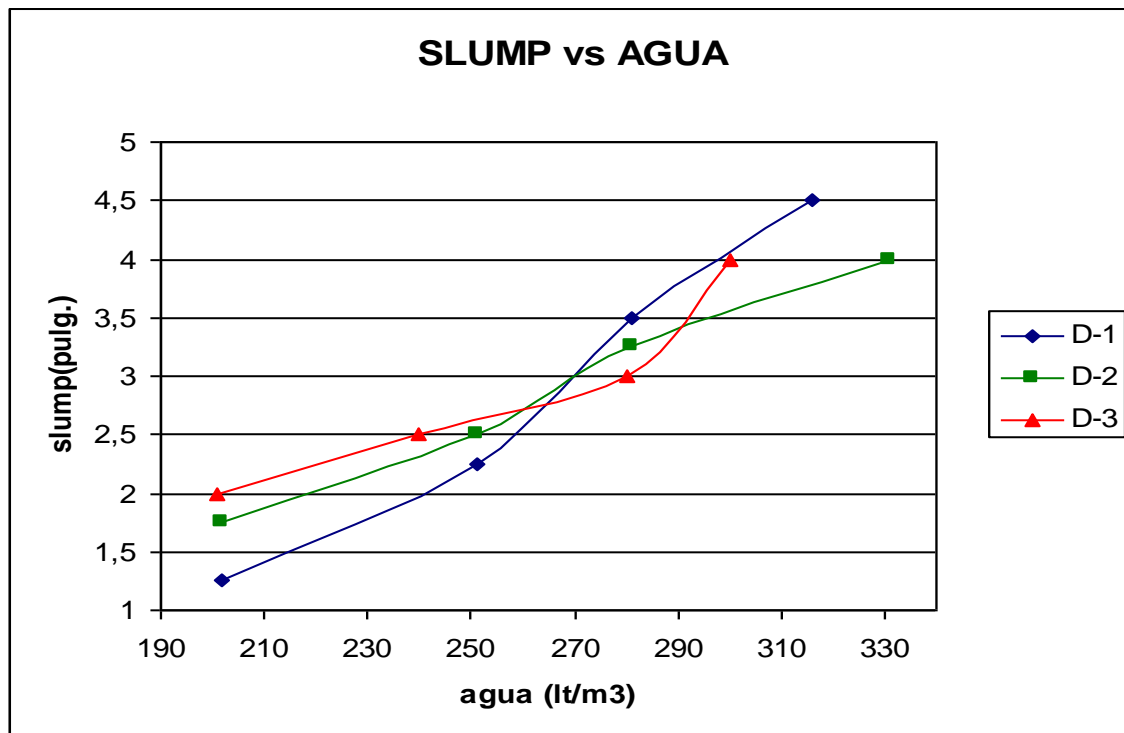
| D - 1            |              |               |                      |
|------------------|--------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,55       | 45%AfB+55%Ag |               | Tanda en laboratorio |
| SLUMP = 3 - 4"   |              |               |                      |
| Materiales       | D.O.         | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento kg/m3    | 364          | 0,025         | 9,1                  |
| Agua L/m3        | 202          | 0,025         | 5,0                  |
| Ag Fino kg/m3    | 1160         | 0,025         | 38,7                 |
| Ag. Grueso kg/m3 | 1018         | 0,025         | 18,5                 |
| Aditivo L/m3     | 3,3          | 0,025         | 0,1                  |

| D - 2            |              |               |                      |
|------------------|--------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,55       | 50%AfB+50%Ag |               | Tanda en laboratorio |
| SLUMP = 3 - 4"   |              |               |                      |
| Materiales       | D.O.         | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento kg/m3    | 364          | 0,025         | 9,1                  |
| Agua L/m3        | 202          | 0,025         | 5,0                  |
| Ag Fino kg/m3    | 1289         | 0,025         | 41,9                 |
| Ag. Grueso kg/m3 | 925          | 0,025         | 16,2                 |
| Aditivo L/m3     | 3,3          | 0,025         | 0,1                  |

| D - 3            |                |               |                      |
|------------------|----------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,55       | 55%AfB+45%AGPi |               | Tanda en laboratorio |
| SLUMP = 3 - 4"   |                |               |                      |
| Materiales       | D.O.           | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento kg/m3    | 364            | 0,025         | 9,09                 |
| Agua L/m3        | 201            | 0,025         | 5,04                 |
| Ag Fino kg/m3    | 1418           | 0,025         | 35,46                |
| Ag. Grueso kg/m3 | 833            | 0,025         | 20,82                |
| Aditivo L/m3     | 3,31           | 0,025         | 0,08                 |



Se puede observar que el diseño preliminar nos da asentamientos bajos y mezclas de consistencia seca con respecto al slump de diseño esperado, así como también se observa que el incremento de baritina influye en el slump disminuyendo su valor por lo tanto procederemos a incrementar el volumen de agua teniendo presente la relación a/c.



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

#### INCREMENTO DE AGUA EFECTIVA PARA MEJORAR EL SLUMP DE LA MEZCLA

| DISEÑO | DISEÑOS DE PUEBA | PROPORCIONES  | a/c  | INCREMENTO AGUA (L/m3) | SLUMP (pulgadas) |
|--------|------------------|---------------|------|------------------------|------------------|
| D-1    | D-1a             | 45%Af B+55%Ag | 0,55 | 251,00                 | 2,25             |
|        | D-1b             | 45%Af B+55%Ag | 0,55 | 281,00                 | 3,50             |
|        | D-1c             | 45%Af B+55%Ag | 0,55 | 316,00                 | 4,50             |
| D-2    | D-2a             | 50%Af B+50%Ag | 0,55 | 251,00                 | 2,50             |
|        | D-2b             | 50%Af B+50%Ag | 0,55 | 281,00                 | 3,25             |
|        | D-2c             | 50%Af B+50%Ag | 0,55 | 331,00                 | 4,00             |
| D-3    | D-3a             | 55%Af B+45%Ag | 0,55 | 240,00                 | 2,50             |
|        | D-3b             | 55%Af B+45%Ag | 0,55 | 280,00                 | 3,00             |
|        | D-3c             | 55%Af B+45%Ag | 0,55 | 300,00                 | 4,00             |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

| <b>D - 1</b>       |                      |                      |                             |
|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b>  | <b>45%Af B+55%Ag</b> |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
| <b>Materiales</b>  | <b>D.O.</b>          | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento (kg/m3)    | 573                  | 0,025                | 14,3                        |
| Agua (L/m3)        | 316                  | 0,025                | 7,9                         |
| Ag Fino (kg/m3)    | 841                  | 0,025                | 21,0                        |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 738                  | 0,025                | 18,5                        |
| Aditivo (L/m3)     | 5,2                  | 0,025                | 0,1                         |

| <b>D - 2</b>       |                      |                      |                             |
|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b>  | <b>50%Af B+50%Ag</b> |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
| <b>Materiales</b>  | <b>D.O.</b>          | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento (kg/m3)    | 600                  | 0,025                | 15,0                        |
| Agua (L/m3)        | 331                  | 0,025                | 8,3                         |
| Ag Fino (kg/m3)    | 889                  | 0,025                | 22,2                        |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 638                  | 0,025                | 15,9                        |
| Aditivo (L/m3)     | 5,5                  | 0,025                | 0,1                         |

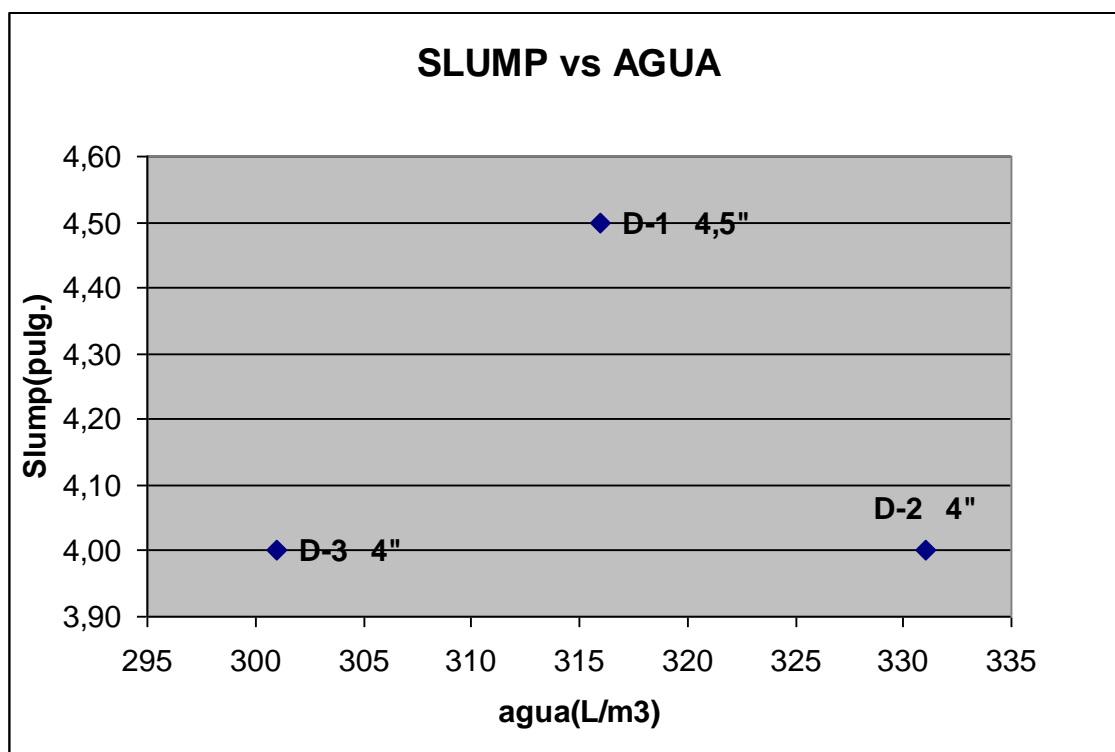
| <b>D - 3</b>      |                      |                      |                             |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>a/c = 0,55</b> | <b>55%Af B+45%Ag</b> |                      | <b>Tanda en laboratorio</b> |
| <b>Materiales</b> | <b>D.O.</b>          | <b>Vol. de Tand.</b> |                             |
| Cemento kg/m3     | 545                  | 0,025                | 13,6                        |
| Agua (L/m3)       | 301                  | 0,025                | 7,5                         |
| Ag Fino kg/m3     | 1079                 | 0,025                | 27,0                        |
| Ag. Grueso kg/m3  | 634                  | 0,025                | 15,8                        |
| Aditivo (L/m3)    | 5,0                  | 0,025                | 0,1                         |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

AGUA EFECTIVA Y ASENTAMIENTO PRELIMINAR DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

| DISEÑO | a/c  | PROPORCIONES  | AGUA EFECTIVA (lt/m3) | Slump (pulgadas) |
|--------|------|---------------|-----------------------|------------------|
| D-1    | 0,55 | 40%Af B+60%Ag | 316                   | 4,5"             |
| D-2    | 0,55 | 45%Af B+55%Ag | 331                   | 4"               |
| D-3    | 0,55 | 50%Af B+50%Ag | 301                   | 4"               |





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

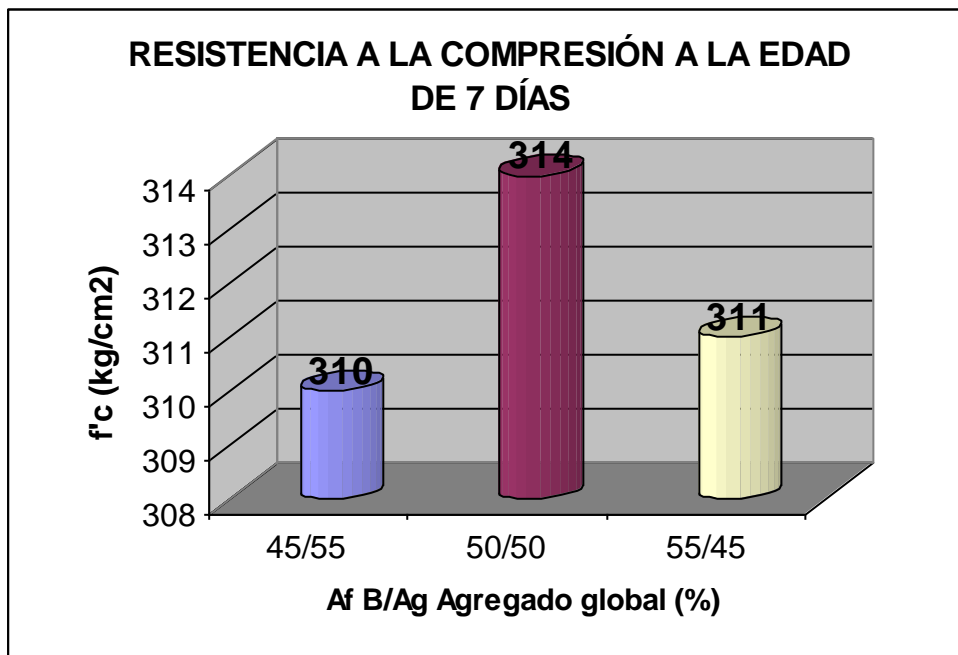
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PRELIMINAR DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

FECHA DE VACEADO : 24 DE JUNIO DE 2008

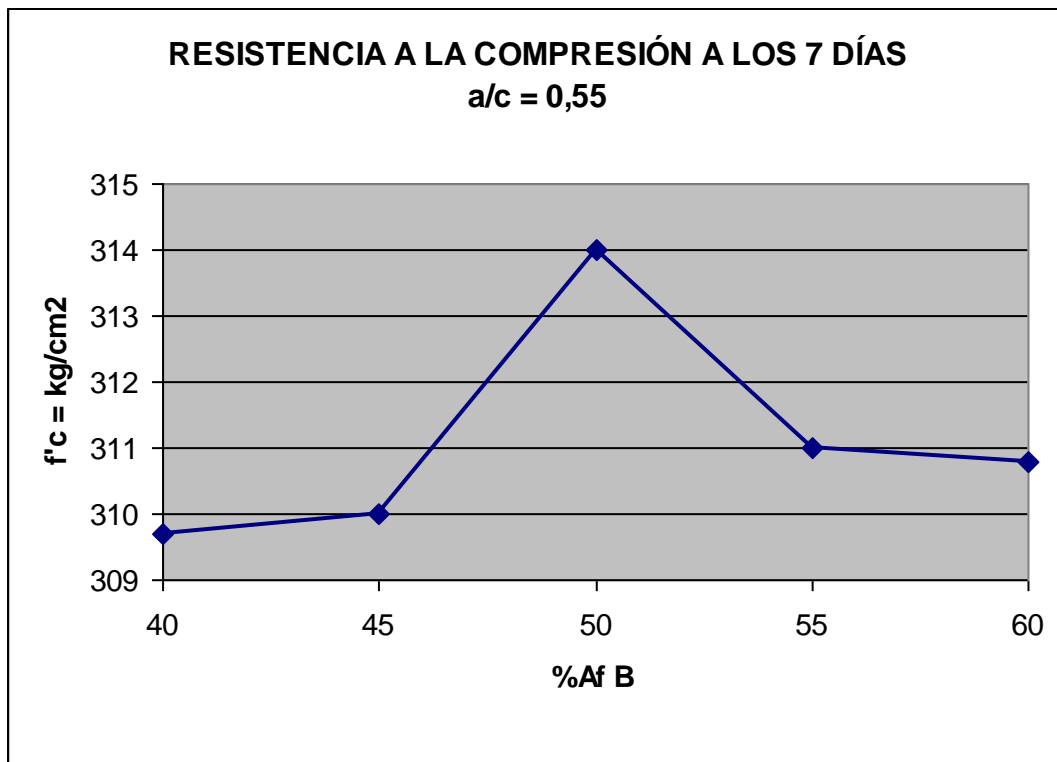
EDAD 7 DÍAS

FECHA DE ENSAYO : 30 DE JUNIO DE 2008

| Relación a/c | Relación Af B/Ag (%) | Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) |     |     | Promedio de Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------------|---|-----|-----|---|
|              |                      | P1  | P2  | P3  |   |
| 0,55         | 45/55                | 310   | 311 | 310 | 310   |
|              | 50/50                | 315   | 315 | 313 | 314   |
|              | 55/45                | 311   | 311 | 310 | 311   |







Del cuadro se observa que el máximo valor de la resistencia corresponde a la combinación de agregados, 50% de agregado fino baritina y 50% de agregado grueso. Este valor obtenido de la relación de agregados 50%baritina y 50%piedra chancada, se usa para las relaciones a/c = 0,50; 0,55 y 0,6.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

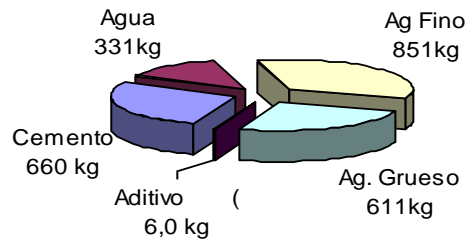
DISEÑO FINAL DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

| D - 1              |               |               |                      |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,50         | 50%Af B+50%Ag |               | Tanda en laboratorio |
| Materiales         | D.O.          | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m3)    | 660           | 0,025         | 16,5                 |
| Agua (L/m3)        | 331           | 0,025         | 8,3                  |
| Ag Fino (kg/m3)    | 851           | 0,025         | 21,3                 |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 611           | 0,025         | 15,3                 |
| Aditivo (L/m3)     | 6,0           | 0,025         | 0,2                  |

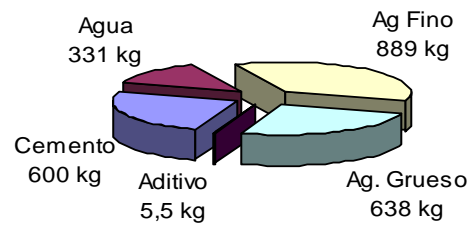
| D - 2              |               |               |                      |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,55         | 50%Af B+50%Ag |               | Tanda en laboratorio |
| Materiales         | D.O.          | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m3)    | 600           | 0,025         | 15,0                 |
| Agua (L/m3)        | 331           | 0,025         | 8,3                  |
| Ag Fino (kg/m3)    | 889           | 0,025         | 22,2                 |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 638           | 0,025         | 15,9                 |
| Aditivo (L/m3)     | 5,5           | 0,025         | 0,1                  |

| D - 3              |               |               |                      |
|--------------------|---------------|---------------|----------------------|
| a/c = 0,60         | 50%Af B+50%Ag |               | Tanda en laboratorio |
| Materiales         | D.O.          | Vol. de Tand. |                      |
| Cemento (kg/m3)    | 550           | 0,025         | 13,8                 |
| Agua (L/m3)        | 331           | 0,025         | 8,3                  |
| Ag Fino (kg/m3)    | 920           | 0,025         | 23,0                 |
| Ag. Grueso (kg/m3) | 660           | 0,025         | 16,5                 |
| Aditivo (L/m3)     | 5,0           | 0,025         | 0,1                  |

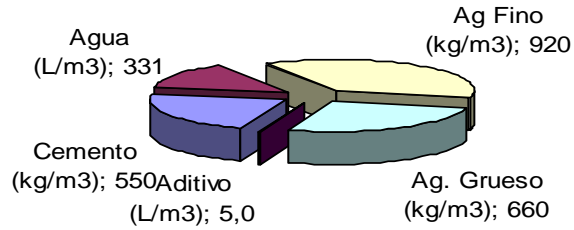
**Pesos de los materiales integrantes de la unidad  
cúbica de concreto de alta densidad  
D-1, a/c=0.5**



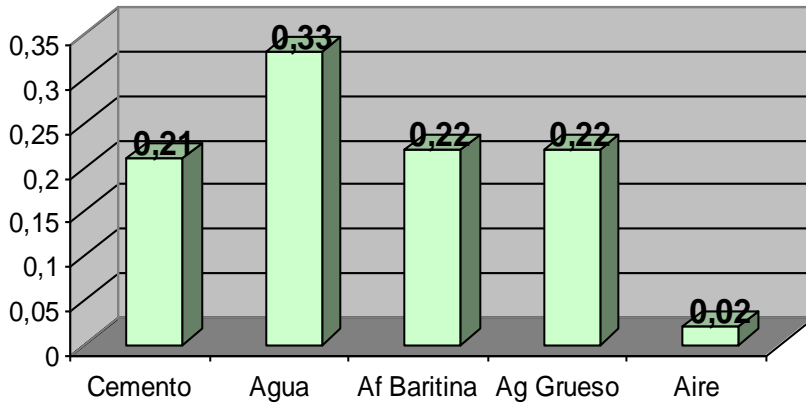
**Pesos de los materiales integrantes de la unidad  
cúbica de concreto de alta densidad  
D-2, a/c=0.55**



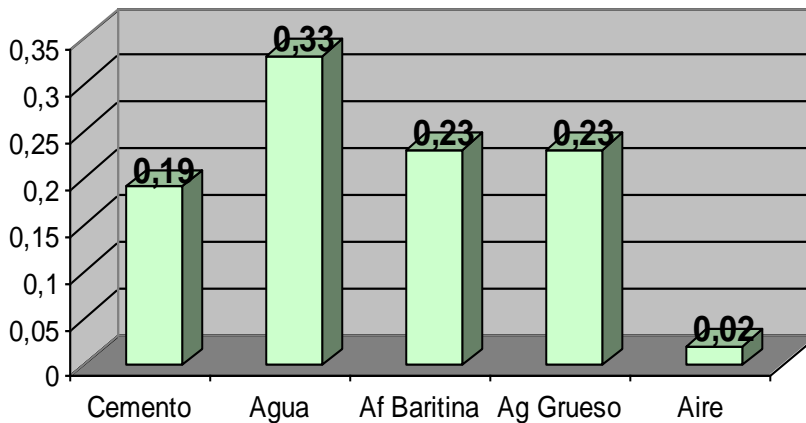
**Pesos de los materiales integrantes de la unidad  
cúbica de concreto de alta densidad  
D-3, a/c=0.6**



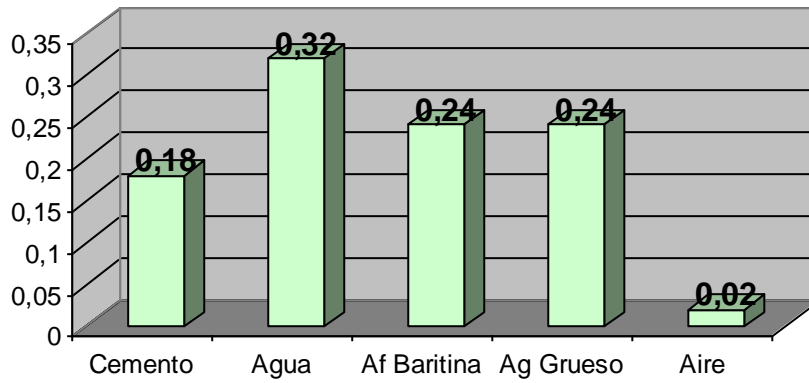
**CONCRETO DE ALTA DENSIDAD a/c=0,50  
PROPORCIONES POR VOLUMEN ABSOLUTO**



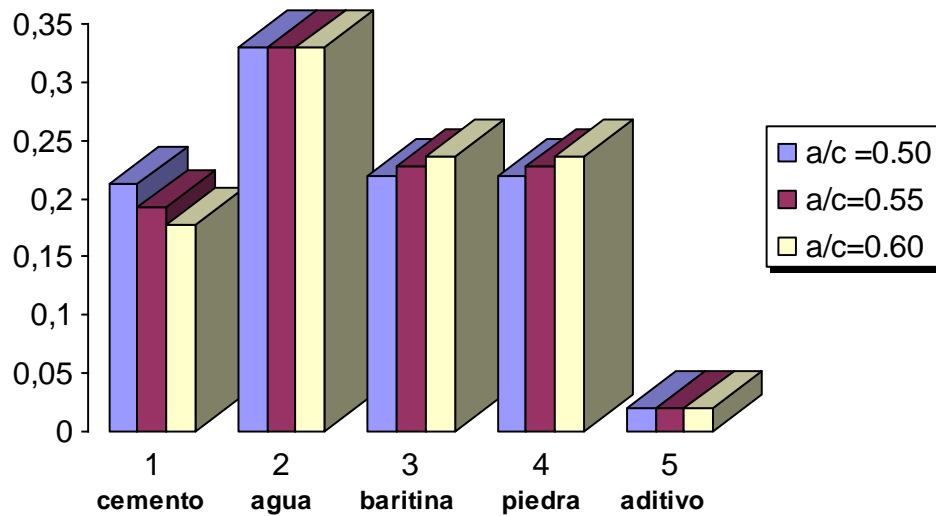
**CONCRETO DE ALTA DENSIDAD a/C=0,55  
PROPORCIONES POR VOLUMEN ABSOLUTO**



**CONCRETO DE ALTA DENSIDAD  $a/c=0,60$   
PROPORCIONES POR VOLUMEN ABSOLUTO**



**COMPARACIÓN DE DISEÑOS EN VOLUMEN  
ABSOLUTO DEL CONCRETO DE ALTA  
DENSIDAD**



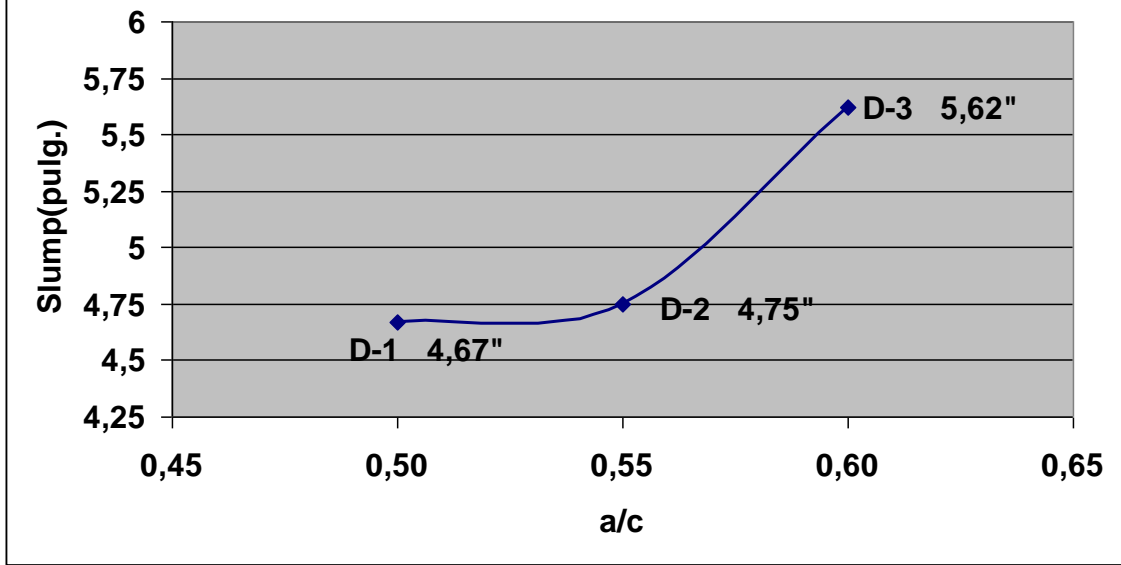
**ASENTAMIENTO DEL CONCRETO  
DE ALTA DENSIDAD**

| <b>DISEÑO - 1</b> |              |                                  |
|-------------------|--------------|----------------------------------|
| Descripción       | Relacion a/c | Asentamiento<br>Slump<br>(Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,50         | 4,75                             |
| Ensayo N°2        | 0,50         | 4,75                             |
| Ensayo N°3        | 0,50         | 4,50                             |
| <b>PROMEDIO</b>   |              | <b>4,67</b>                      |

| <b>DISEÑO - 2</b> |              |                                  |
|-------------------|--------------|----------------------------------|
| Descripción       | Relacion a/c | Asentamiento<br>Slump<br>(Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,50         | 4,50                             |
| Ensayo N°2        | 0,50         | 4,75                             |
| Ensayo N°3        | 0,50         | 5,00                             |
| <b>PROMEDIO</b>   |              | <b>4,75</b>                      |

| <b>DISEÑO - 3</b> |              |                                  |
|-------------------|--------------|----------------------------------|
| Descripción       | Relacion a/c | Asentamiento<br>Slump<br>(Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,50         | 5,50                             |
| Ensayo N°2        | 0,50         | 5,75                             |
| Ensayo N°3        | 0,50         | 5,60                             |
| <b>PROMEDIO</b>   |              | <b>5,62</b>                      |

**SLUMP vs a/c**



## CAPÍTULO V



### ENSAYO DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

#### **Introducción.**

Los siguientes ensayos que se realizaron al Concreto Patrón así como también al Concreto de alta densidad o pesado son de suma importancia debido a que la fabricación del concreto pesado no es de uso masivo y por lo tanto hay un vacío en el conocimiento de su condición en estado fresco.

En la tesis se analizará el comportamiento del concreto de alta densidad y daremos resultados, conclusiones y recomendaciones para su fabricación.

A continuación, presento el desarrollo de los ensayos realizados en laboratorio del concreto patrón y de alta densidad al estado fresco, para el control de calidad del mismo siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM y la Norma Técnica Peruana.

  10 5 0 4 0 5 0 6 (NTP 339.035).

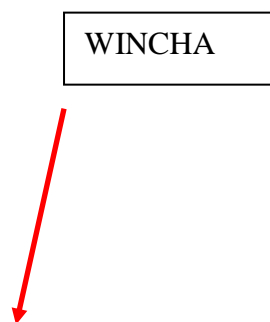
Procedimiento de ensayo según (NTP 339.035): “Método de ensayo para la medición del Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams”.

5.1.1 Equipos:



- a. Cono de Abrams; molde de forma tronco cónica de 20 cm. de diámetro en la base inferior y 10 cm. de diámetro en la base superior; altura de 30 cm; provisto de agarraderas y aletas de pie.
- b. Varilla compactadora de acero lisa de 5/8" de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm. de longitud.

## EQUIPO PARA EL ENSAYO DE ASENTAMIENTO





VARILLA DE FIERRO  
LISA DE 5/8"

CONO DE  
ABRAMS

#### 5.1.2 Procedimiento:

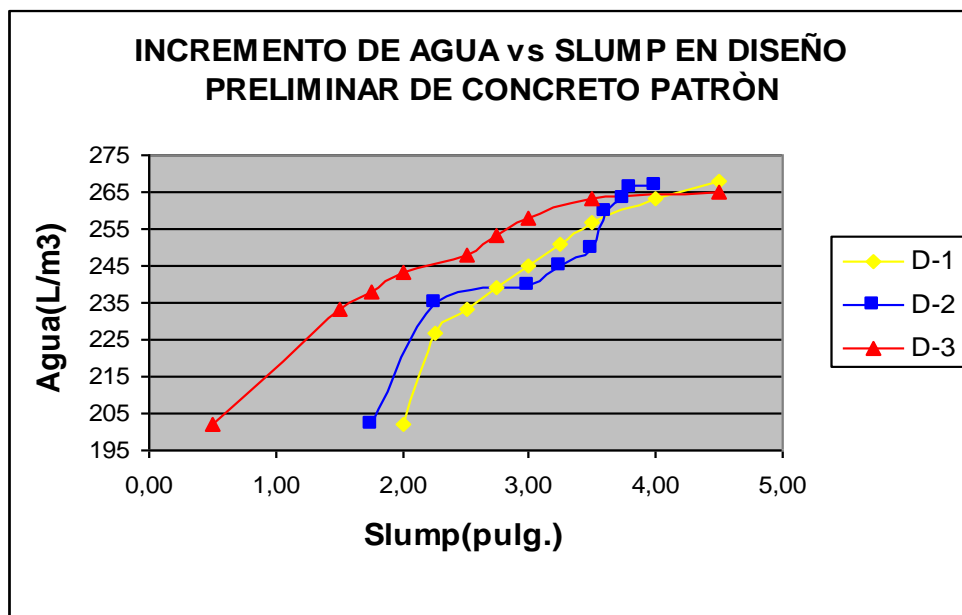
- a. Colocar el molde humedecido sobre una superficie plana no absorbente.
- b. Llenar el concreto en tres capas de aproximadamente  $1/3$  del volumen total cada capa.
- c. Compactar cada capa con la barra mediante 25 golpes uniformes en toda la sección.
- d. Enrasar el molde una vez terminada de compactar la última capa por exceso, esto se puede hacer utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.
- e. Levantar el molde en dirección vertical, y medir inmediatamente la diferencia entre la altura del molde y la altura del concreto fresco. Esta

operación debe hacerse entre 5 a 10 seg. máximo, evitar movimiento laterales o torsionales.

f. De observarse un asentamiento tipo corte, este ensayo deberá desecharse y realizarse uno nuevo con otra parte de la mezcla. Si se vuelve a cortar, el concreto carece de plasticidad y cohesión y no es válido para este ensayo.

g. Se golpea con la varilla en el centro del molde y se puede observar como es la cohesión de la mezcla.

### 5.1.3 Resultados y gráficos

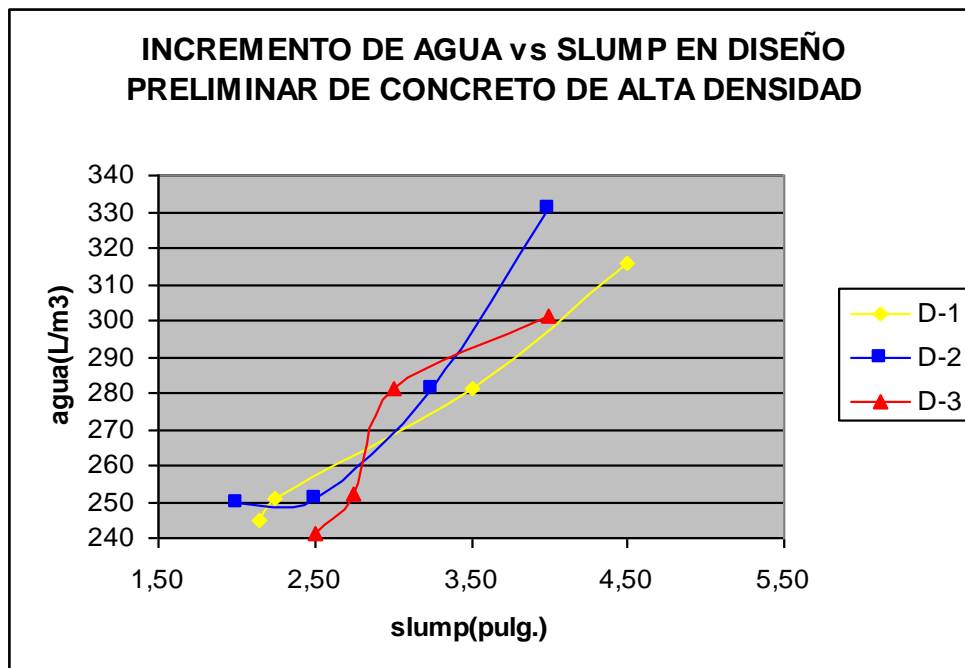




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INCREMENTO DE AGUA Y SLUMP EN DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO PATRÓN

| D-1                                  |                  | D-2                                  |                  | D-3                                  |                  |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| a/c=0.55                             |                  | a/c=0.55                             |                  | a/c=0.55                             |                  |
| 40%Af + 60%Ag                        |                  | 40%Af + 60%Ag                        |                  | 40%Af + 60%Ag                        |                  |
| INCREMENTO AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | Slump (pulgadas) | INCREMENTO AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | Slump (pulgadas) | INCREMENTO AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | Slump (pulgadas) |
| 202                                  | 2,00             | 202                                  | 1,75             | 202                                  | 0,50             |
| 227                                  | 2,25             | 235                                  | 2,25             | 233                                  | 1,50             |
| 233                                  | 2,50             | 240                                  | 3,00             | 238                                  | 1,75             |
| 239                                  | 2,75             | 245                                  | 3,25             | 243                                  | 2,00             |
| 245                                  | 3,00             | 250                                  | 3,50             | 248                                  | 2,50             |
| 251                                  | 3,25             | 260                                  | 3,60             | 253                                  | 2,75             |
| 257                                  | 3,50             | 263                                  | 3,75             | 258                                  | 3,00             |
| 263                                  | 4,00             | 266                                  | 3,80             | 263                                  | 3,50             |
| 268                                  | 4,50             | 267                                  | 4,00             | 265                                  | 4,50             |





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

INCREMENTO DE AGUA Y SLUMP EN DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO  
DE ALTA DENSIDAD

| D-1                        |                     | D-2                        |                     | D-3                        |                     |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| A/C=0.55                   |                     | A/C=0.55                   |                     | A/C=0.55                   |                     |
| 45%AFB+55%AGPi             |                     | 50%AFB+50%AGPi             |                     | 55%AFB+45%AGPi             |                     |
| INCREMENTO<br>AGUA (lt/m3) | Slump<br>(pulgadas) | INCREMENTO<br>AGUA (lt/m3) | Slump<br>(pulgadas) | INCREMENTO<br>AGUA (lt/m3) | Slump<br>(pulgadas) |
| 245                        | 2,15                | 250                        | 2,00                | 241                        | 2,50                |
| 251                        | 2,25                | 251                        | 2,50                | 252                        | 2,75                |
| 281                        | 3,50                | 281                        | 3,25                | 281                        | 3,00                |
| <b>316</b>                 | <b>4,50</b>         | <b>331</b>                 | <b>4,00</b>         | <b>301</b>                 | <b>4,00</b>         |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
RESULTADOS DE SLUMP EN DISEÑO FINAL DE CONCRETO PATRÓN

| <b>DISEÑO - 1</b> |              |                      |                           |                            |
|-------------------|--------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación Af / Ag (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,50         | 45/55                | 267                       | 4,5                        |
| Ensayo N°2        | 0,50         | 45/55                | 267                       | 4,8                        |
| Ensayo N°3        | 0,50         | 45/55                | 267                       | 4,5                        |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                      |                           | <b>4,6</b>                 |

| <b>DISEÑO - 2</b> |              |                      |                           |                            |
|-------------------|--------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación Af / Ag (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,55         | 45/55                | 267                       | 4,8                        |
| Ensayo N°2        | 0,55         | 45/55                | 267                       | 5,0                        |
| Ensayo N°3        | 0,55         | 45/55                | 267                       | 5,5                        |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                      |                           | <b>5,1</b>                 |

| <b>DISEÑO - 3</b> |              |                      |                           |                            |
|-------------------|--------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación Af / Ag (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,60         | 45/55                | 266                       | 5,5                        |
| Ensayo N°2        | 0,60         | 45/55                | 266                       | 5,3                        |
| Ensayo N°3        | 0,60         | 45/55                | 266                       | 5,8                        |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                      |                           | <b>5,5</b>                 |

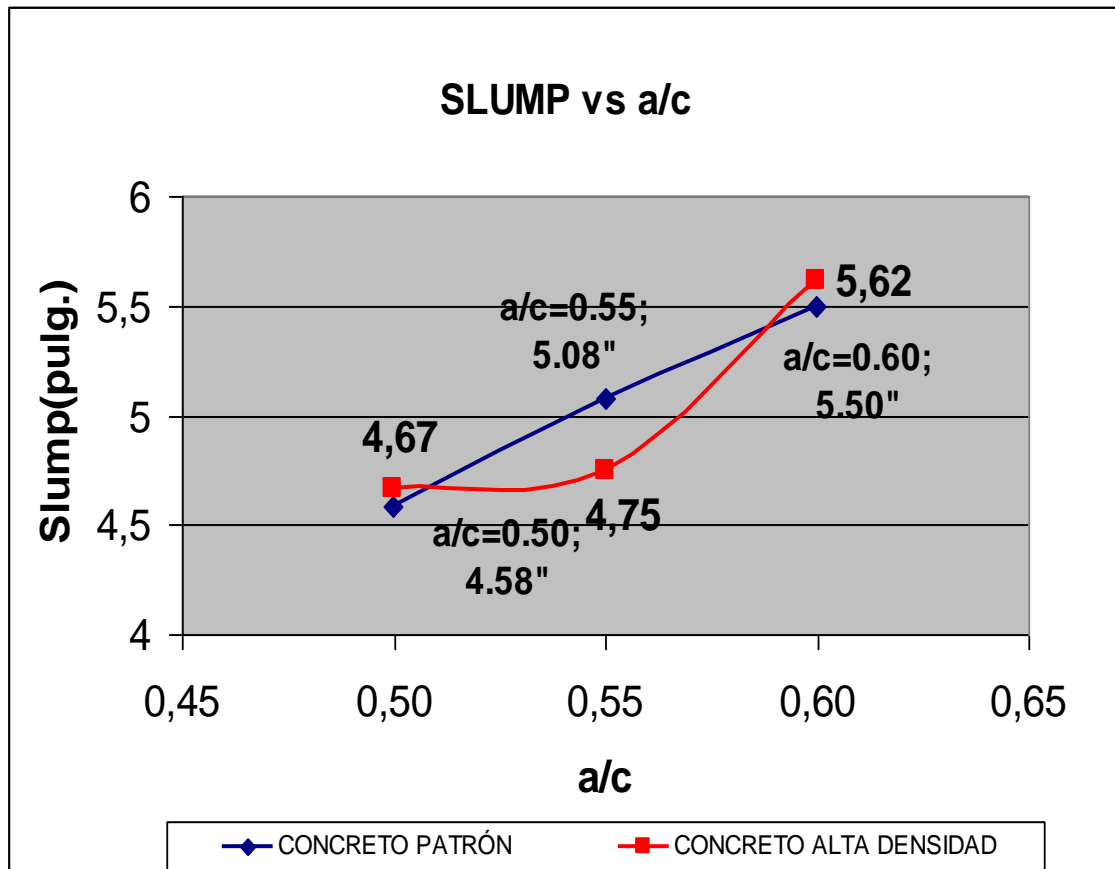


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
RESULTADOS DE SLUMP EN DISEÑO FINAL DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

| <b>DISEÑO - 1</b> |              |                       |                           |                            |
|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación AFA/AGPi (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,50         | 50/50                 | 331                       | 4,75                       |
| Ensayo N°2        | 0,50         | 50/50                 | 331                       | 4,75                       |
| Ensayo N°3        | 0,50         | 50/50                 | 331                       | 4,50                       |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                       |                           | <b>4,67</b>                |

| <b>DISEÑO - 2</b> |              |                       |                           |                            |
|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación AFA/AGPi (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,55         | 50/50                 | 331                       | 4,50                       |
| Ensayo N°2        | 0,55         | 50/50                 | 331                       | 4,75                       |
| Ensayo N°3        | 0,55         | 50/50                 | 331                       | 5,00                       |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                       |                           | <b>4,75</b>                |

| <b>DISEÑO - 3</b> |              |                       |                           |                            |
|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Descripción       | Relación a/c | Relación AFA/AGPi (%) | Agua (lt/m <sup>3</sup> ) | Asentamiento Slump (Pulg.) |
| Ensayo N°1        | 0,60         | 50/50                 | 331                       | 5,50                       |
| Ensayo N°2        | 0,60         | 50/50                 | 331                       | 5,75                       |
| Ensayo N°3        | 0,60         | 50/50                 | 331                       | 5,60                       |
| <b>PROMEDIO</b>   |              |                       |                           | <b>5,62</b>                |



## 5.2-Peso Unitario (N.T.P. 339.046)

El peso unitario es un control muy útil para verificar la uniformidad del concreto y comprobar el rendimiento de la mezcla al comparar el peso unitario del diseño con la real de obra. La norma aplicable para este ensayo es el ASTM C 138.

Es común determinar la densidad del concreto fresco compactado al medir la manejabilidad. El peso unitario se obtiene fácilmente al pesar el concreto fresco compactado en un recipiente estandarizado, de volumen y



masa conocidos; en la norma N.T.P. 339.046 se describen los procedimientos, que consisten en llenar un recipiente de volumen y de peso conocido, con concreto en estado fresco en 3 capas, consolidando cada capa con 25 golpes mediante una barra compactadora uniformemente distribuidos, luego el peso unitario, expresado en  $\text{kg/m}^3$  se hallará multiplicando el peso neto del concreto por el factor de calibración del recipiente.

La variación del peso unitario de una mezcla, generalmente son debidas al tipo de agregado clasificándose así:

Concretos normales (2 300 – 2 400  $\text{kg/m}^3$ )

**Concretos pesados (2 700 – 4 500  $\text{kg/m}^3$ )**

Concretos livianos (600 – 1 800  $\text{kg/m}^3$ )

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U = f \times W_c$$

Donde:

$W_a$  : Peso del agua, en kg.

$W_c$  : Peso del concreto neto, en kg.

$f$  : Factor de calibración del recipiente, en  $\text{m}^{-3}$ .

P.U : Peso unitario del concreto en  $\text{kg/m}^3$ .



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO PATRÓN

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 10 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 38,7        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 32,9        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2367</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 12 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 38,5        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 32,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2353</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°3**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 13 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 38,5        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 32,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2353</b> | kg/m3  |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO PATRÓN**

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 13 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 38,0          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 32,2          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2316,5</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 13 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 37,9          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 32,1          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2309,4</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 13 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 37,6          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 31,8          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2287,8</b> | kg/m3  |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO PATRÓN

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 14 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 36,6          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 30,8          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2215,8</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 14 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 36,4          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 30,6          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2201,4</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°3**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 14 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD      | UNIDAD |
|--|---------|---------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 36,7          | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8           | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 30,9          | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7          | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9          | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9          | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2223,0</b> | kg/m3  |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 16 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 45,8        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 40,0        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2878</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 16 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 45,5        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 39,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2856</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°3**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 16 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.50

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 45,6        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 39,8        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2863</b> | kg/m3  |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,8        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 39,0        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2806</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,6        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 38,8        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2791</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°3**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.55

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,8        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 39,0        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2806</b> | kg/m3  |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO COMPACTADO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

**ENSAYO N°1**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,2        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 38,4        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2763</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°2**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,0        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 38,2        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        |        |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        |        |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2748</b> | kg/m3  |

**ENSAYO N°3**

HECHO POR : ANGEL ANTONIO MILLONES PRADO

FECHA : 17 DE JUNIO DE 2008

RELACIÓN a/c = 0.60

| DESCRIPCIÓN                                | SÍMBOLO | CANTIDAD    | UNIDAD |
|--|---------|-------------|--------|
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE |         | 44,3        | kg     |
| PESO DEL RECIPIENTE                        |         | 5,8         | kg     |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA              | Wc      | 38,5        | kg     |
| PESO DEL AGUA + RECIPIENTE                 |         | 19,7        | kg     |
| PESO DEL AGUA                              |         | 13,9        | kg     |
| FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE       | f       | 71,9        | m-3    |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>            | PUC     | <b>2770</b> | kg/m3  |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

P.U.C COMPACTADO DE CONCRETO PATRÓN

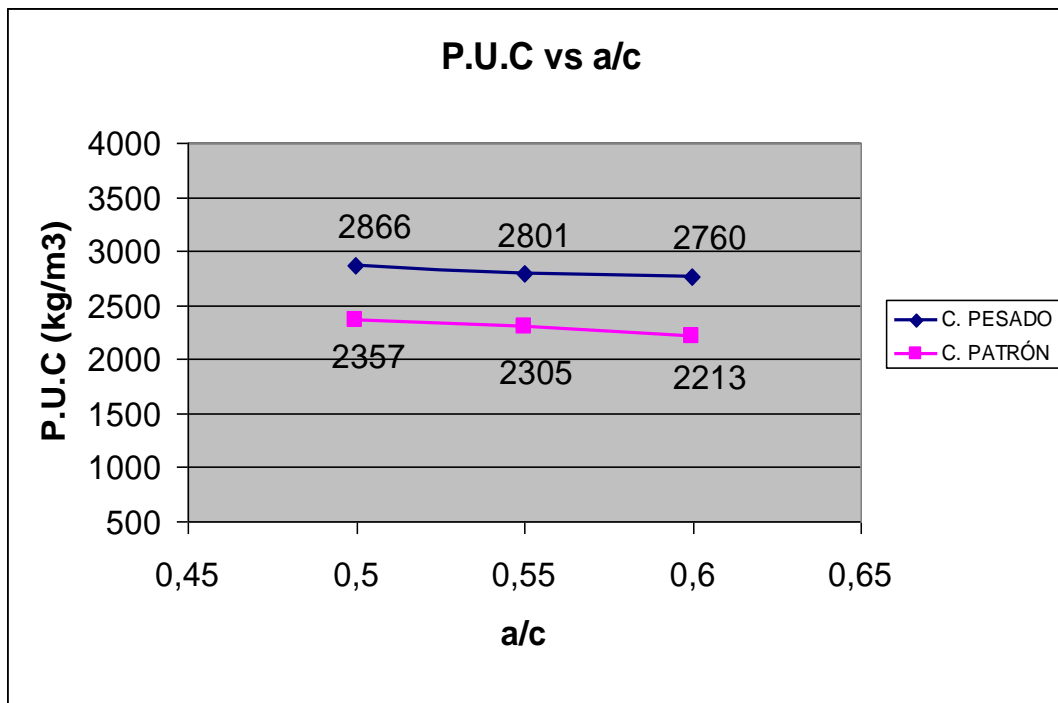
TABLA RESUMEN

| a/c  | Ensayo N°1 | Ensayo N°2 | Ensayo N°3 | PROMEDIO | UNIDAD |
|------|------------|------------|------------|----------|--------|
| 0,50 | 2367       | 2353       | 2353       | 2357     | kg/m3  |
| 0,55 | 2317       | 2309       | 2288       | 2305     | kg/m3  |
| 0,60 | 2216       | 2201       | 2223       | 2213     | kg/m3  |

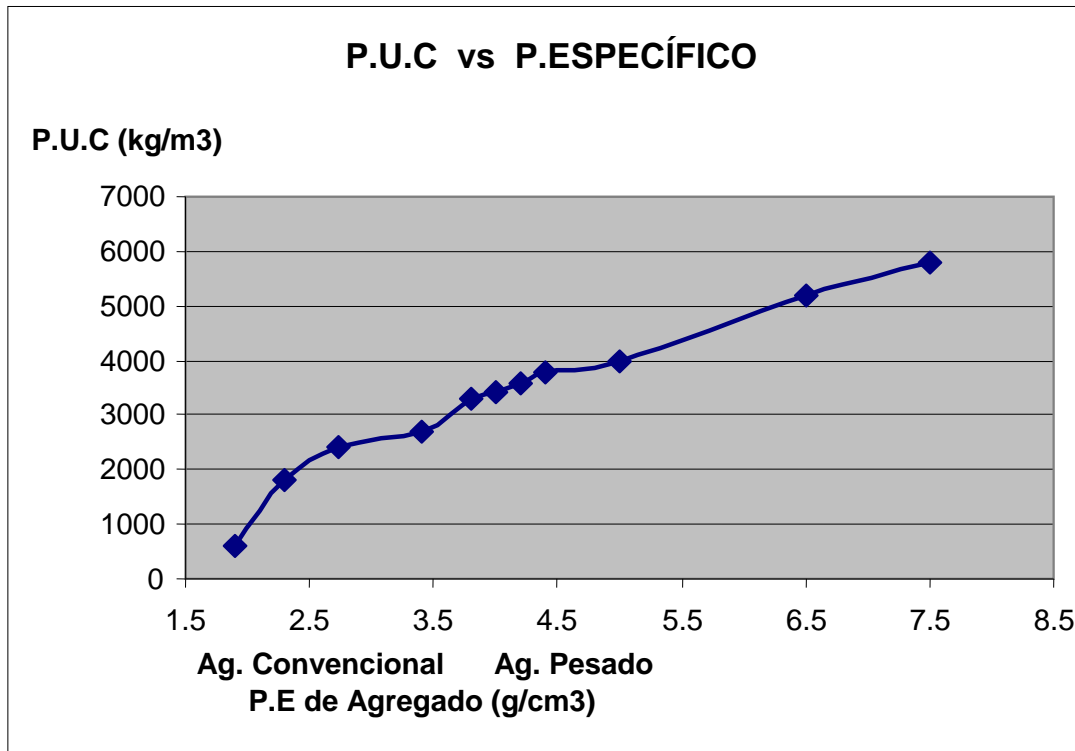
P.U.C DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

TABLA RESUMEN

| a/c  | Ensayo N°1 | Ensayo N°2 | Ensayo N°3 | PROMEDIO | UNIDAD |
|------|------------|------------|------------|----------|--------|
| 0,50 | 2878       | 2856       | 2863       | 2866     | kg/m3  |
| 0,55 | 2806       | 2791       | 2806       | 2801     | kg/m3  |
| 0,60 | 2763       | 2748       | 2770       | 2760     | kg/m3  |







Denominado también índice de consistencia y lo cual se mide en porcentaje de flujo. Este ensayo se realiza en la mesa de flujo, en ella se determina el aumento de diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de masa de concreto fresco, el cual es sometido a sacudidas sucesivas, a continuación describiremos el procedimiento.

Procedimiento de Ensayo.

a-Se selecciona una muestra representativa de concreto fresco, se limpia y se moja la mesa de sacudidas, sacando el exceso de agua con una franela o esponja.

b-Se centra el molde sobre la mesa, se sujeta firmemente y se llena de concreto hasta la mitad del molde, luego compactar aplicando 25 golpes con la varilla compactadora, en forma uniforme en toda la sección expuesta de concreto.

c-Luego se llena el molde en exceso, se compacta similarmente el paso anterior y se compacta con la varilla compactadora.

d-Se retira el concreto sobrante y se limpia la mesa, luego se retira el molde elevándolo cuidadosamente y en dirección vertical.

e-Luego la mesa se levanta mediante una manivela y se deja caer 15 veces desde una altura de 12.5mm en 15 segundos. El movimiento debe realizarse a velocidad constante.

f-El índice de consistencia se determina calculando el porcentaje de aumento del diámetro respecto de la base inferior del tronco de cono se toman cinco lecturas como mínimo. Considerando finalmente el promedio para el calculo del ensayo.

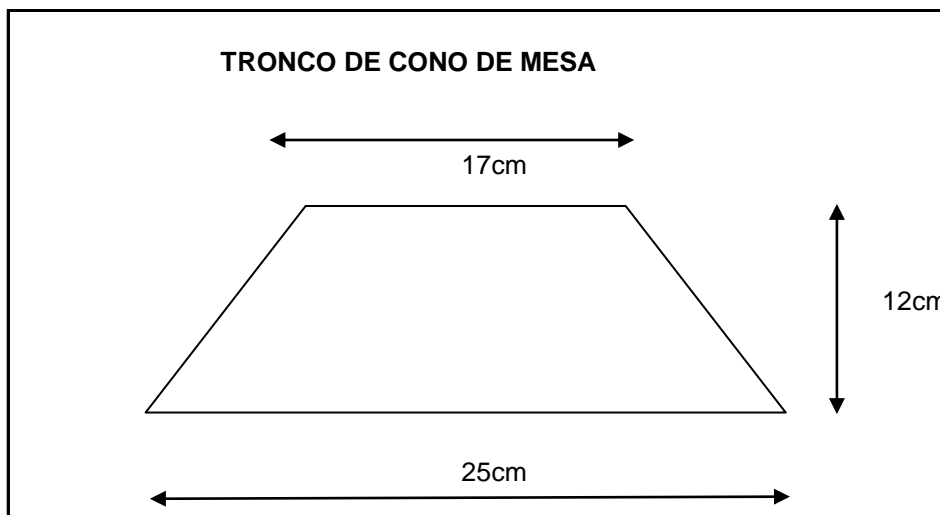
### 5.3.1 Resultados y gráficos.

A continuación se presentan los resultados de fluidez para el concreto patrón y para el concreto de alta densidad.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

| CONO DE ABRAMS slump (cm) | CONSISTENCIA    | MESA DE SACUDIDAS expansión (%) |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------|
| 0 --- 2                   | Seca            | 10 -- 20                        |
| 3 --- 5                   | <b>Plástica</b> | 20 - 30                         |
| 6 --- 9                   | Blanda          | hasta 80                        |
| 10 --- 15                 | Fluida          | 80 - 160                        |
| > 16                      | Líquida         | > 160                           |





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE (%) DE FLUIDEZ DE CONCRETO PATRÓN

DISEÑO DE MEZCLA N°1 (D-1)

a/c = 0.5

Norma : NTP 339.085

Af /Ag = 45% / 45%

fecha : 18 de junio de 2008

| Descripción                                | D25cm | Dmax(cm)  | %expansión |
|--|-------|-----------|------------|
| ENSAYO N°1                                 | 25    | 30,6      | 22,4%      |
| ENSAYO N°2                                 | 25    | 31,5      | 26,0%      |
| ENSAYO N°3                                 | 25    | 31,6      | 26,4%      |
| ENSAYO N°4                                 | 25    | 30,7      | 22,8%      |
| ENSAYO N°5                                 | 25    | 31,2      | 24,8%      |
| ENSAYO N°6                                 | 25    | 31,1      | 24,4%      |
| ENSAYO N°7                                 | 25    | 31,4      | 25,6%      |
| ENSAYO N°8                                 | 25    | 32,0      | 28,0%      |
| ENSAYO N°9                                 | 25    | 30,8      | 23,2%      |
| ENSAYO N°10                                | 25    | 30,5      | 22,0%      |
| Expansión en relación al diámetro original |       | <b>31</b> | <b>25%</b> |
| CONSISTENCIA →                             |       | Plástica  |            |

DISEÑO DE MEZCLA N°2 (D-2)

a/c = 0.55

Norma : NTP 339.085

Af /Ag = 45% / 45%

fecha : 18 de junio de 2008

| Descripción                                | D25cm | Dmax(cm)  | %expansión |
|--|-------|-----------|------------|
| ENSAYO N°1                                 | 25    | 31,0      | 24,0%      |
| ENSAYO N°2                                 | 25    | 31,1      | 24,4%      |
| ENSAYO N°3                                 | 25    | 32,0      | 28,0%      |
| ENSAYO N°4                                 | 25    | 31,9      | 27,6%      |
| ENSAYO N°5                                 | 25    | 32,2      | 28,8%      |
| ENSAYO N°6                                 | 25    | 33,0      | 32,0%      |
| ENSAYO N°7                                 | 25    | 32,0      | 28,0%      |
| ENSAYO N°8                                 | 25    | 32,3      | 29,2%      |
| ENSAYO N°9                                 | 25    | 31,5      | 26,0%      |
| ENSAYO N°10                                | 25    | 32,9      | 31,6%      |
| Expansión en relación al diámetro original |       | <b>32</b> | <b>28%</b> |
| CONSISTENCIA →                             |       | Plástica  |            |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE (%) DE FLUIDEZ DE CONCRETO PATRÓN

DISEÑO DE MEZCLA N°3 (D-3)

a/c = 0.60

Af /Ag = 45% / 45%

Norma : NTP 339.085

fecha : 18 de junio de 2008

| Descripción                                       | D25cm | Dmax(cm)      | %expansión |
|---|-------|---------------|------------|
| ENSAYO N°1  | 25    | 33,5          | 34,0%      |
| ENSAYO N°2  | 25    | 33,9          | 35,6%      |
| ENSAYO N°3  | 25    | 34,0          | 36,0%      |
| ENSAYO N°4  | 25    | 33,2          | 32,8%      |
| ENSAYO N°5  | 25    | 34,1          | 36,4%      |
| ENSAYO N°6  | 25    | 35,0          | 40,0%      |
| ENSAYO N°7  | 25    | 34,6          | 38,4%      |
| ENSAYO N°8  | 25    | 32,6          | 30,4%      |
| ENSAYO N°9  | 25    | 32,5          | 30,0%      |
| ENSAYO N°10                                       | 25    | 32,6          | 30,4%      |
| <b>Expansión en relación al diámetro original</b> |       | <b>34</b>     | <b>34%</b> |
| <b>CONSISTENCIA</b> →                             |       | <b>Blanda</b> |            |

D<sub>25cm</sub>

Diámetro de la base inferior de tronco cono de mesa

D<sub>max</sub>

Diámetro final del c. fresco expandido después de los 25 golpes

%expansión

Porcentaje de expansión o incremento con respecto a D<sub>25cm</sub>



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYO DE (%) DE FLUIDEZ DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD  
DISEÑO DE MEZCLA N°1 (D-1)**

**a/c = 0.5**

**Norma : NTP 339.085**

**Af /Ag = 50% / 50%**

**fecha : 20 de junio de 2008**

| Descripción   | D25cm | Dmax(cm)  | %expansión |
|---|-------|-----------|------------|
| ENSAYO N°1  | 25    | 30,1      | 20,4%      |
| ENSAYO N°2  | 25    | 29,8      | 19,2%      |
| ENSAYO N°3  | 25    | 30,0      | 19,4%      |
| ENSAYO N°4  | 25    | 30,5      | 22,0%      |
| ENSAYO N°5  | 25    | 29,9      | 19,6%      |
| ENSAYO N°6  | 25    | 30,1      | 20,4%      |
| ENSAYO N°7  | 25    | 30,2      | 20,8%      |
| ENSAYO N°8  | 25    | 31,0      | 24,0%      |
| ENSAYO N°9  | 25    | 30,1      | 20,4%      |
| ENSAYO N°10   | 25    | 30,0      | 20,0%      |
| <b>Expansión en relación al diámetro original</b>     |       | <b>30</b> | <b>21%</b> |
| <b>CONSISTENCIA</b> $\longrightarrow$ <b>Plástica</b> |       |           |            |

**DISEÑO DE MEZCLA N°2 (D-2)**

**a/c = 0.55**

**Norma : NTP 339.085**

**Af /Ag = 50% / 50%**

**fecha : 20 de junio de 2008**

| Descripción   | D25cm | Dmax(cm)  | %expansión |
|---|-------|-----------|------------|
| ENSAYO N°1  | 25    | 31,6      | 26,4%      |
| ENSAYO N°2  | 25    | 31,0      | 24,0%      |
| ENSAYO N°3  | 25    | 31,8      | 27,2%      |
| ENSAYO N°4  | 25    | 30,5      | 22,0%      |
| ENSAYO N°5  | 25    | 32,0      | 28,0%      |
| ENSAYO N°6  | 25    | 31,1      | 24,4%      |
| ENSAYO N°7  | 25    | 31,0      | 24,0%      |
| ENSAYO N°8  | 25    | 30,5      | 22,0%      |
| ENSAYO N°9  | 25    | 30,1      | 20,4%      |
| ENSAYO N°10   | 25    | 30,0      | 20,0%      |
| <b>Expansión en relación al diámetro original</b>     |       | <b>31</b> | <b>24%</b> |
| <b>CONSISTENCIA</b> $\longrightarrow$ <b>Plástica</b> |       |           |            |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE (%) DE FLUIDEZ DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD  
DISEÑO DE MEZCLA N°3 (D-3)

a/c = 0.60

Norma : NTP 339.085

Af /Ag = 50% / 50%

fecha : 20 de junio de 2008

| Descripción                                       | D25cm | Dmax(cm)        | %expansión |
|---|-------|-----------------|------------|
| ENSAYO N°1  | 25    | 32,1            | 28,4%      |
| ENSAYO N°2  | 25    | 31,8            | 27,2%      |
| ENSAYO N°3  | 25    | 32,4            | 29,6%      |
| ENSAYO N°4  | 25    | 32,6            | 30,4%      |
| ENSAYO N°5  | 25    | 32,3            | 29,2%      |
| ENSAYO N°6  | 25    | 31,9            | 27,6%      |
| ENSAYO N°7  | 25    | 32,5            | 30,0%      |
| ENSAYO N°8  | 25    | 32,3            | 29,2%      |
| ENSAYO N°9  | 25    | 32,4            | 29,6%      |
| ENSAYO N°10                                       | 25    | 32,0            | 28,0%      |
| <b>Expansión en relación al diámetro original</b> |       | <b>32</b>       | <b>29%</b> |
| <b>CONSISTENCIA</b> →                             |       | <b>Plástica</b> |            |

D<sub>25cm</sub>

Diámetro de la base inferior de tronco cono de mesa

D<sub>max</sub>

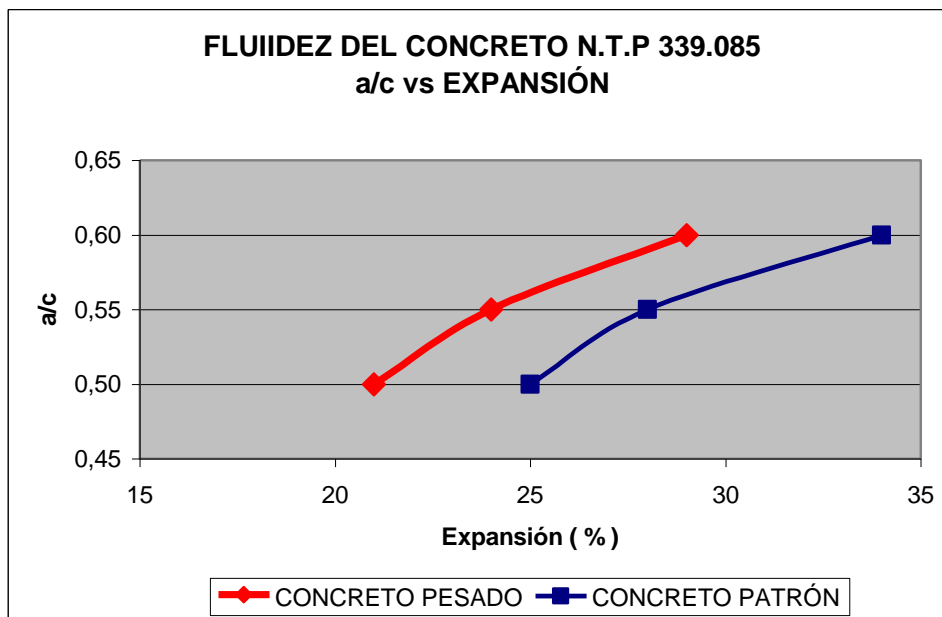
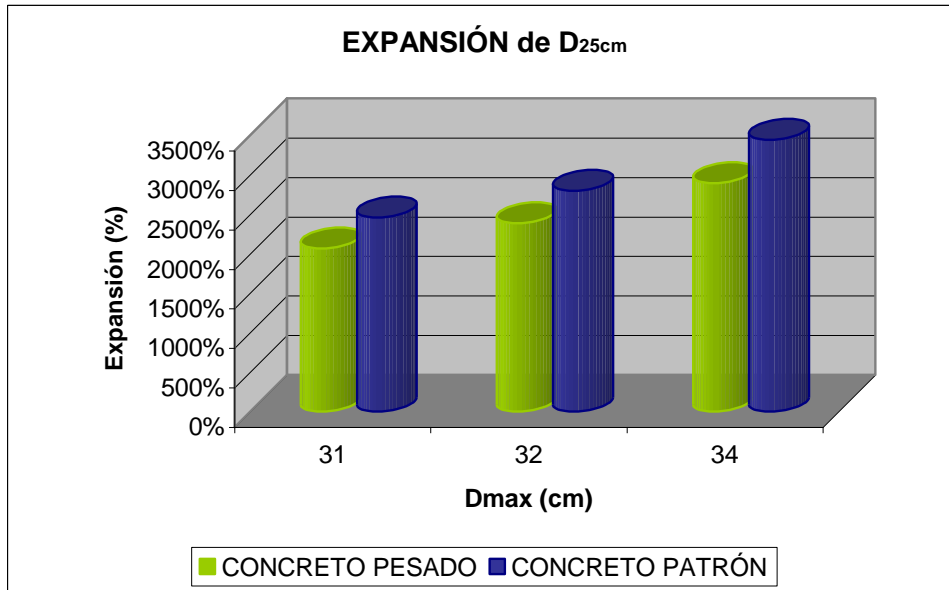
Diámetro final del c. fresco expandido después de los 25 golpes

%expansión

Porcentaje de expansión o incremento con respecto a D<sub>25cm</sub>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**5.4-Contenido de Aire (N.T.P 339.O46).**

Este ensayo nos permite medir la cantidad de aire que existe en el concreto en el estado fresco expresado en porcentaje (%), con el fin de



llevar un control de calidad del concreto, ya que el aire arrastrado genera grandes burbujas de aire accidental durante el proceso de mezcla, transporte y colocación del concreto, es importante que el concreto esté completamente compactado.

Las normas aplicables son las ASTM C 138, C 231, C 173 y N.T.P. 339.046. La medición del contenido de aire es indispensable cuando se utiliza incorporadores de aire para prevenir los efectos perjudiciales climatológicas.



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

Hecho por : Angel A. Millones Prado

N.T.P 339.046

Fecha : 20/06/08

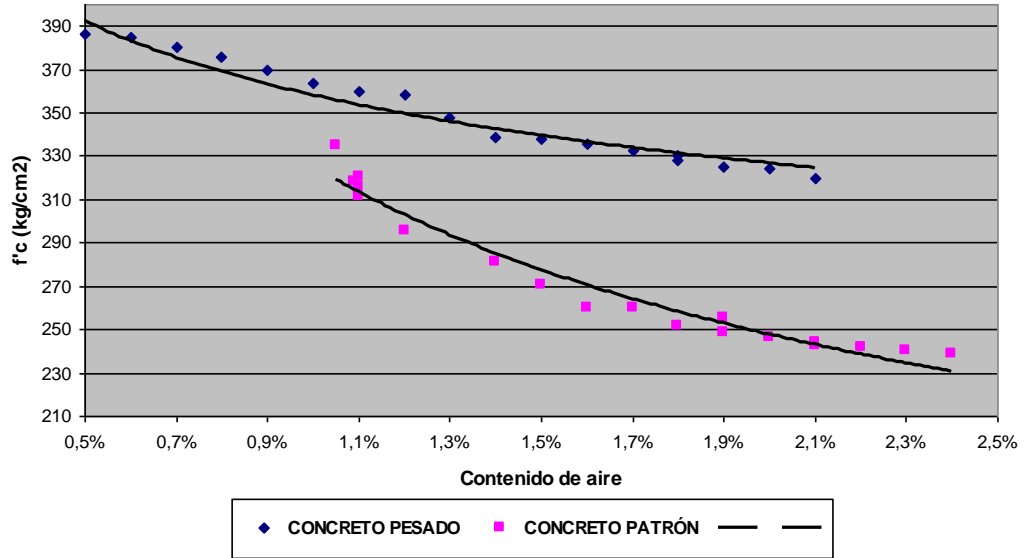
**Resultados de ensayo de contenido de aire de C. Patrón.**

| D-1             |             | D-2             |             | D-3             |             |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| a/c=0.50        |             | a/c=0.55        |             | a/c=0.60        |             |
| 45%Af + 55%Ag   |             | 45%Af + 55%Ag   |             | 45%Af + 55%Ag   |             |
| DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  | DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  | DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  |
| ENSAYO N°1      | 1,4%        | ENSAYO N°1      | 1,5%        | ENSAYO N°1      | 1,8%        |
| ENSAYO N°2      | 1,4%        | ENSAYO N°2      | 1,6%        | ENSAYO N°2      | 1,7%        |
| ENSAYO N°3      | 1,3%        | ENSAYO N°3      | 1,6%        | ENSAYO N°3      | 1,8%        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>1,4%</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>1,6%</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>1,8%</b> |

**Resultados de ensayo de contenido de aire de C. de Alta Densidad**

| D-1             |             | D-2             |             | D-3             |             |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| a/c=0.50        |             | a/c=0.55        |             | a/c=0.60        |             |
| 50%Af + 50%Ag   |             | 50%Af + 50%Ag   |             | 50%Af + 50%Ag   |             |
| DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  | DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  | DESCRIPCIÓN     | CONT. AIRE  |
| ENSAYO N°1      | 1,1%        | ENSAYO N°1      | 1,3%        | ENSAYO N°1      | 1,3%        |
| ENSAYO N°2      | 1,2%        | ENSAYO N°2      | 1,2%        | ENSAYO N°2      | 1,4%        |
| ENSAYO N°3      | 1,1%        | ENSAYO N°3      | 1,2%        | ENSAYO N°3      | 1,4%        |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>1,1%</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>1,2%</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>1,4%</b> |

### CONTENIDO DE AIRE vs RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN a/c=0.50



## ESPECIFICACIONES DE EQUIPO; TECNOTEST-MODENA-ITALY

Luftporengehalt, DIN 1048 ASTM 231 BS 1881 INHALT 8C.

**Calibración de  
Equipo**



**Medición de  
Contenido de Aire**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

Según la norma ASTM C 232, se coloca la muestra de concreto en un molde y recolectando con una pipeta el agua superficial que va subiendo a la superficie, tomándose nota de los tiempos de ocurrencia hasta que la pasta ya no exude.

Las fórmulas a ser usadas según la N.T.P. 339.077 se presentan a continuación.

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO PATRÓN**

**D-1, a/c = 0.50, Af - Ag = 45% - 55%**

**N.T.P 339.077**

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 3            | 3                      |
| 10:00        | 10              | 17           | 20                     |
| 10:12        | 10              | 15           | 35                     |
| 10:25        | 10              | 9            | 44                     |
| 11:00        | 30              | 11           | 55                     |
| 11:44        | 30              | 8            | 63                     |
| 12:20        | 30              | 8,6          | 71,6                   |
| 12:53        | 30              | 8            | 79,6                   |
| 01:25        | 30              | 6            | 85,6                   |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                 |
|------------|-----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,0856 L</b> |
|------------|-----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m <sup>3</sup>                     | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m <sup>3</sup>                     | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m <sup>3</sup>                  | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>2,19%</b> |
|------------------------|--------------|



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO PATRÓN**

**D-2, a/c = 0.55, Af - Ag = 45% - 55%**

**N.T.P 339.077**

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 6            | 6                      |
| 10:00        | 10              | 19           | 25                     |
| 10:12        | 10              | 17           | 42                     |
| 10:25        | 10              | 10           | 52                     |
| 11:00        | 30              | 9            | 61                     |
| 11:44        | 30              | 8            | 69                     |
| 12:20        | 30              | 8,4          | 77,4                   |
| 12:53        | 30              | 8            | 85,4                   |
| 01:25        | 30              | 7            | 92,4                   |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                 |
|------------|-----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,0924 L</b> |
|------------|-----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m3                                 | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m3                                 | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m3                              | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>2,37%</b> |
|------------------------|--------------|



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO PATRÓN

D-3, a/c = 0.60, Af - Ag = 45% - 55%

N.T.P 339.077

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 8            | 8                      |
| 10:00        | 10              | 23           | 31                     |
| 10:12        | 10              | 20           | 51                     |
| 10:25        | 10              | 9            | 60                     |
| 11:00        | 30              | 9,6          | 69,6                   |
| 11:44        | 30              | 8,8          | 78,4                   |
| 12:20        | 30              | 8,6          | 87                     |
| 12:53        | 30              | 7            | 94                     |
| 01:25        | 30              | 4            | 98                     |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,098 L</b> |
|------------|----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m3                                 | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m3                                 | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m3                              | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>2,51%</b> |
|------------------------|--------------|





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

**D-1, a/c = 0.50, Af - Ag = 50% - 50%**

**N.T.P 339.077**

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 1,4          | 1,4                    |
| 10:00        | 10              | 15,5         | 16,9                   |
| 10:12        | 10              | 13           | 29,9                   |
| 10:25        | 10              | 9            | 38,9                   |
| 11:00        | 30              | 7            | 45,9                   |
| 11:44        | 30              | 5,5          | 51,4                   |
| 12:20        | 30              | 4,1          | 55,5                   |
| 12:53        | 30              | 3,5          | 59                     |
| 01:25        | 30              | 2            | 61                     |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,061 L</b> |
|------------|----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m <sup>3</sup>                     | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m <sup>3</sup>                     | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m <sup>3</sup>                  | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>1,56%</b> |
|------------------------|--------------|



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

**D-2, a/c = 0.55, Af - Ag = 50% - 50%**

**N.T.P 339.077**

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 1,6          | 1,6                    |
| 10:00        | 10              | 15,2         | 16,8                   |
| 10:12        | 10              | 14,7         | 31,5                   |
| 10:25        | 10              | 13,7         | 45,2                   |
| 11:00        | 30              | 12,5         | 57,7                   |
| 11:44        | 30              | 11,3         | 69                     |
| 12:20        | 30              | 7,1          | 76,1                   |
| 12:53        | 30              | 6            | 82,1                   |
| 01:25        | 30              | 3            | 85,1                   |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                 |
|------------|-----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,0851 L</b> |
|------------|-----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m3                                 | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m3                                 | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m3                              | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>2,18%</b> |
|------------------------|--------------|



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE EXUDACIÓN DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**  
**D-3, a/c = 0.60, Af - Ag = 50% - 50%** **N.T.P 339.077**

| TIEMPO (hrs) | INTERVALO (min) | VOLUMEN (ml) | VOLUMEN ACUMULADO (ml) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------------|
|              | Inicio          |              |                        |
| 09:46        | 10              | 2            | 2                      |
| 10:00        | 10              | 18,1         | 20,1                   |
| 10:12        | 10              | 15,2         | 35,3                   |
| 10:25        | 10              | 14,3         | 49,6                   |
| 11:00        | 30              | 13,8         | 63,4                   |
| 11:44        | 30              | 11,8         | 75,2                   |
| 12:20        | 30              | 10,5         | 85,7                   |
| 12:53        | 30              | 5,8          | 91,5                   |
| 01:25        | 30              | 3            | 94,5                   |

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$Exudación(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

|            |                 |
|------------|-----------------|
| <b>V =</b> | <b>0,0945 L</b> |
|------------|-----------------|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Cemento kg/m3                                 | 14 kg           |
| <b>w: Agua efectiva, en lt</b>                | <b>6,7 lt</b>   |
| Ag Fino kg/m3                                 | 15,4 kg         |
| Ag. Grueso kg/m3                              | 20,0 kg         |
| <b>W: Cantidad total de materiales, en kg</b> | <b>56,07 kg</b> |

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Peso del Recipiente                | 5,8 kg          |
| Peso del Concreto + recipiente     | 38,57 kg        |
| <b>S: Peso del concreto, en kg</b> | <b>32,77 kg</b> |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>C =</b> | <b>3,90 lt</b> |
|------------|----------------|

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| <b>Exudación (%) =</b> | <b>2,42%</b> |
|------------------------|--------------|

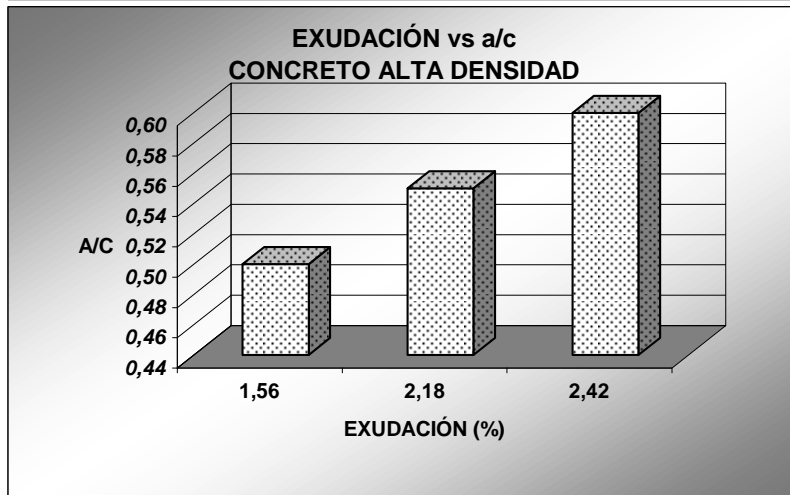
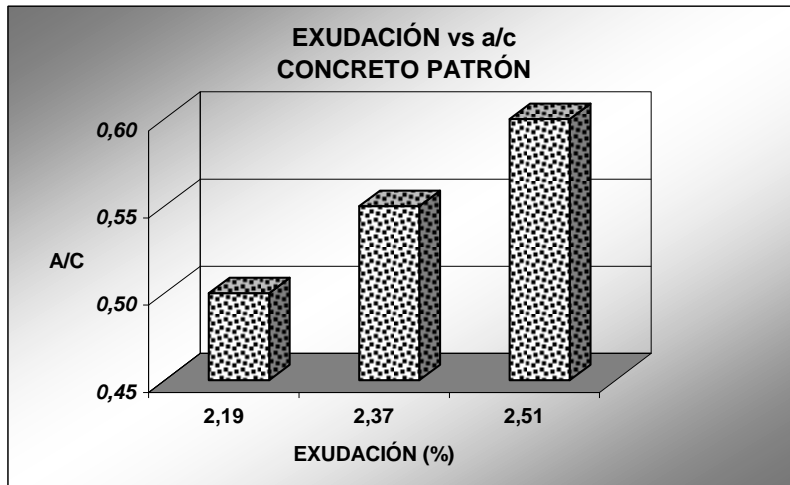


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

EXUDACIÓN DE CONCRETO PATRÓN Y DE ALTA DENSIDAD

TABLA RESUMEN

| DESCRIPCIÓN | a/c  | PATRÓN (%) | PESADO (%) |
|-------------|------|------------|------------|
| D-1         | 0,50 | 2,19       | 1,56       |
| D-2         | 0,55 | 2,37       | 2,18       |
| D-3         | 0,60 | 2,51       | 2,42       |



## 5,6- Ensayo de tiempo de fraguado



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

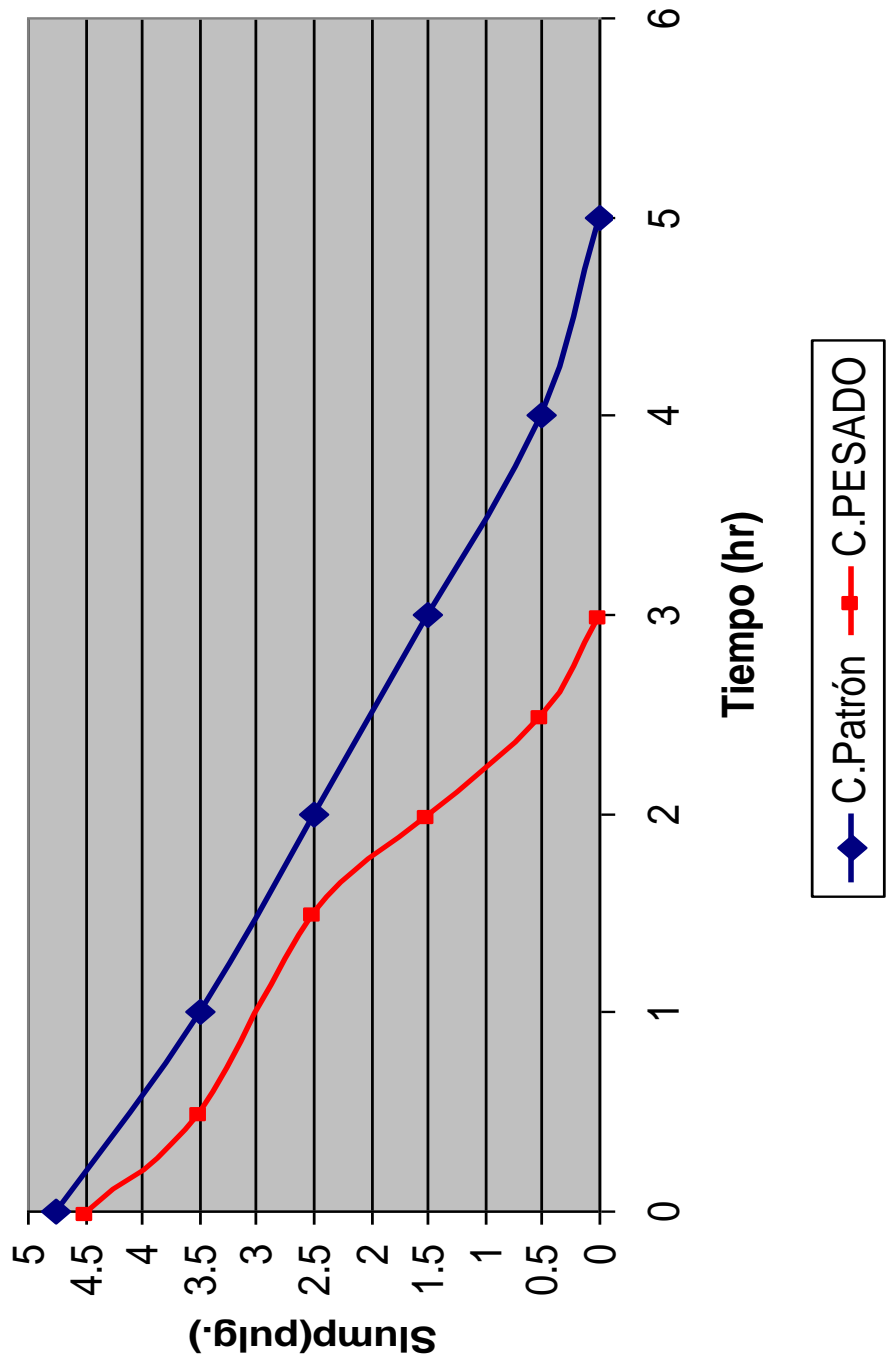
### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES COMPARACIÓN ENTRE CONCRETO PATRÓN Y PESADO

| Tipo de Concreto | a/c  | Tiempo Fragua Inicial | Variación (h:min) | Fraguado Inicial como % del C.Patrón | Tiempo Fragua Final | Variación (h:min) | Fraguado Final como % del C.Patrón | Intervalo de tiempo Entre fraguado inicial y final |
|------------------|------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,50 | 08:20:00 a.m.         | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                              | 10:45:00 a.m.       | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                            | 02:25:00   |
| Concreto Pesado  | 0,50 | 08:58:00 a.m.         | 00:38:00 a.m.     | 107,60%                              | 11:08:00 a.m.       | 23:00:00 a.m.     | 103,57%                            | 02:10:00   |

| Tipo de Concreto | a/c  | Tiempo Fragua Inicial | Variación (h:min) | Fraguado Inicial como % del C.Patrón | Tiempo Fragua Final | Variación (h:min) | Fraguado Final como % del C.Patrón | Intervalo de tiempo Entre fraguado inicial y final |
|------------------|------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,55 | 08:30:00 a.m.         | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                              | 11:00:00 a.m.       | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                            | 02:30:00   |
| Concreto Pesado  | 0,55 | 09:05:00 a.m.         | 00:35:00 a.m.     | 106,86%                              | 11:31:00 a.m.       | 00:31:00 a.m.     | 104,70%                            | 02:26:00   |

| Tipo de Concreto | a/c  | Tiempo Fragua Inicial | Variación (h:min) | Fraguado Inicial como % del C.Patrón | Tiempo Fragua Final | Variación (h:min) | Fraguado Final como % del C.Patrón | Intervalo de tiempo Entre fraguado inicial y final |
|------------------|------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,60 | 08:14:00 a.m.         | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                              | 10:59:00 a.m.       | 00:00:00 a.m.     | 100,00%                            | 02:45:00   |
| Concreto Pesado  | 0,60 | 09:12:00 a.m.         | 00:58:00 a.m.     | 111,74%                              | 11:51:00 a.m.       | 00:52:00 a.m.     | 107,89%                            | 02:39:00   |

# SLUMP vs TIEMPO





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL ESTADO FRESCO DEL CONCRETO PATRÓN

| Arena/Piedra<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | ENSAYOS REALIZADOS      |                                       |                             |                  |                    |                  |                |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
|                         |                         | Asentamiento<br>(pulg.) | Peso Unitario<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Contenido<br>de Aire<br>(%) | Exudación<br>(%) | Tiempo de Fragua   |                  | Fluidez<br>(%) |
|                         |                         |                         |                                       |                             |                  | inicial<br>(h:min) | final<br>(h:min) |                |
| Ar:45%<br>Pi:55%        | 0,50                    | 4,58                    | 2357                                  | 1,4                         | 2,19             | 08:20              | 10:45            | 24,56          |
|                         | 0,55                    | 5,08                    | 2305                                  | 1,6                         | 2,37             | 08:30              | 11:00            | 27,96          |
|                         | 0,60                    | 5,50                    | 2213                                  | 1,8                         | 2,51             | 08:14              | 10:59            | 34,40          |

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS AL ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

| Arena/Baritina<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | ENSAYOS REALIZADOS      |                                       |                             |                  |                    |                  |                |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
|                           |                         | Asentamiento<br>(pulg.) | Peso Unitario<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Contenido<br>de Aire<br>(%) | Exudación<br>(%) | Tiempo de Fragua   |                  | Fluidez<br>(%) |
|                           |                         |                         |                                       |                             |                  | inicial<br>(h:min) | final<br>(h:min) |                |
| Ar:50%<br>Ba:50%          | 0,50                    | 4,67                    | 2866                                  | 1,1                         | 1,56             | 08:58              | 11:08            | 20,62          |
|                           | 0,55                    | 4,75                    | 2801                                  | 1,2                         | 2,18             | 09:05              | 11:31            | 23,84          |
|                           | 0,60                    | 5,62                    | 2760                                  | 1,4                         | 2,42             | 09:12              | 11:51            | 28,92          |

## **CAPÍTULO VI**

### **ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO**

#### **Introducción.**

En el estado endurecido el concreto de alta densidad no necesitan diseñarse para resistencias de compresión más altas de 14MPa. Para Concreto Estructural, son suficientes las resistencias del orden de 20 a 35MPa. Y no son difíciles de lograr con los altos contenidos de cemento normalmente utilizados. La resistencia es, sin embargo, la preocupación principal en el diseño de mezclas de concreto pesado ya que este tipo de concreto además de ser utilizado como escudos contra la radiación, también es utilizado para recipientes de reactores de concreto que trabajan a niveles más altos de esfuerzo y temperatura que las estructuras convencionales, y el concreto es sometido a considerables gradientes térmicos y de humedad.

En la presente tesis se ha considerado los ensayos de resistencia a la compresión, tracción por compresión diametral y ensayo de resistencia a la flexión del concreto, y módulo de elasticidad a las edades de 7, 14, 28 días respectivamente. Los especímenes utilizados para realizar dichos ensayos serán probetas de forma cilíndrica de 15cm X 30cm.

#### **6.1-Ensayo para determinar la resistencia a la compresión**

**NTP 339.034 ( 1999 ).**



Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Objeto:

La presente Norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido. Se limita a concretos que tienen un peso unitario mayor de 800 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Resumen del Método**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra.

El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

### **Tolerancias de Tiempo**

Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas:

# Tolerancias de Tiempo

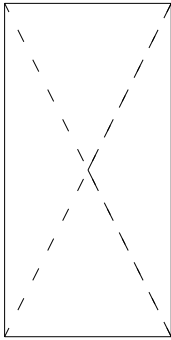
Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas:

| EDAD DE ENSAYO | TOLERANCIA PERMISIBLE |
|----------------|-----------------------|
| 24 h           | $\pm 0,5$ h ó 2,1%    |
| 3 d            | $\pm 2,0$ h ó 2,1%    |
| 7 d            | $\pm 6,0$ h ó 2,1%    |
| 28 d           | $\pm 20,0$ h ó 2,1%   |
| 90 d           | $\pm 2,0$ d ó 2,1%    |

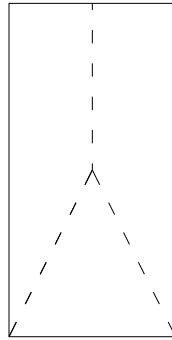
## Velocidad de Carga

La carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques. Para máquinas de Tornillo, el desplazamiento del cabezal móvil será de aproximadamente 1,3 mm/min, cuando lo hace libremente. Para máquinas operadas hidráulicamente la velocidad de la carga estará en el rango de 0,14 a 0,34 MPa/s. Se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

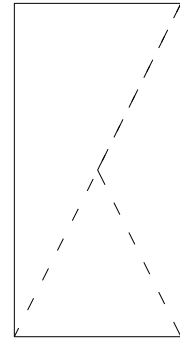
## TIPOS DE FRACTURA



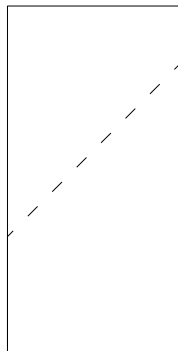
**CONO**  
(a)



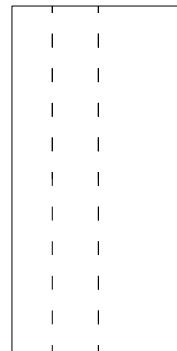
**CONO Y SEPARACION**  
(b)



**CONO Y CORTE**  
(c)



**CORTE**  
(d)



**COLUMNAR**  
(e)

### Expresión de resultados

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente

fórmula:

$$R_c = 4 G / \pi d^2$$

Donde:

Rc Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.

G La carga máxima de rotura en kilogramos.

d Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

## **Informe**

El informe incluye los siguientes datos:

- Identificación de la probeta.
- Diámetro y longitud de la probeta, en centímetros.
- Carga máxima en kilogramos.
- Resistencia de rotura.
- Edad de ensayo de la probeta.
- Defectos observados en la probeta, si los hubiera.
- Tipo de fractura, en el caso que no sea en forma de cono.
- Peso de la muestra sin capa de terminado.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN**

Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339,034

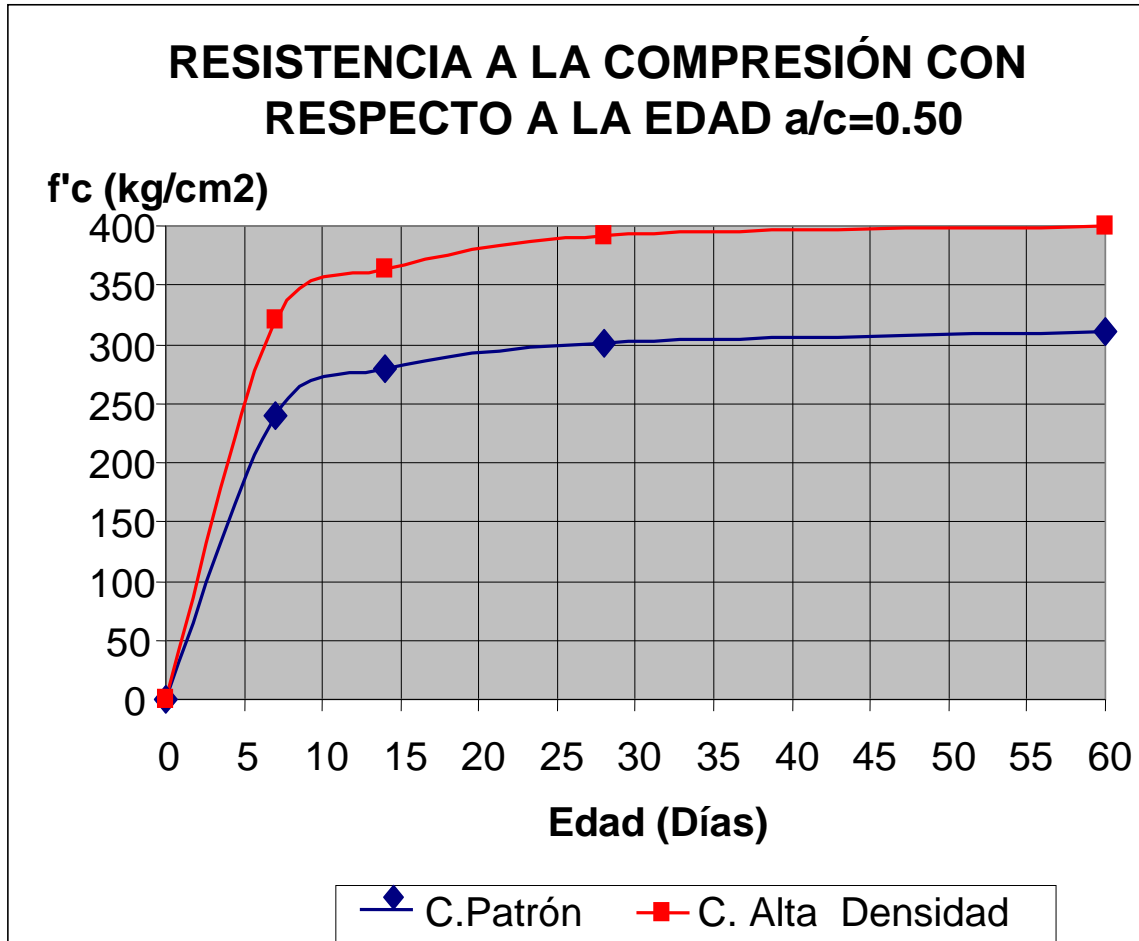
| Arena/Piedra<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) |     |     |
|-------------------------|-------------------------|---|-----|-----|
|                         |                         | Edad en Días                                      |     |     |
|                         |                         | 7   | 14  | 28  |
| Ar:45%<br>Pi:55%        | 0,50                    | 240   | 280 | 301 |
|                         | 0,55                    | 221   | 262 | 285 |
|                         | 0,60                    | 197   | 230 | 254 |

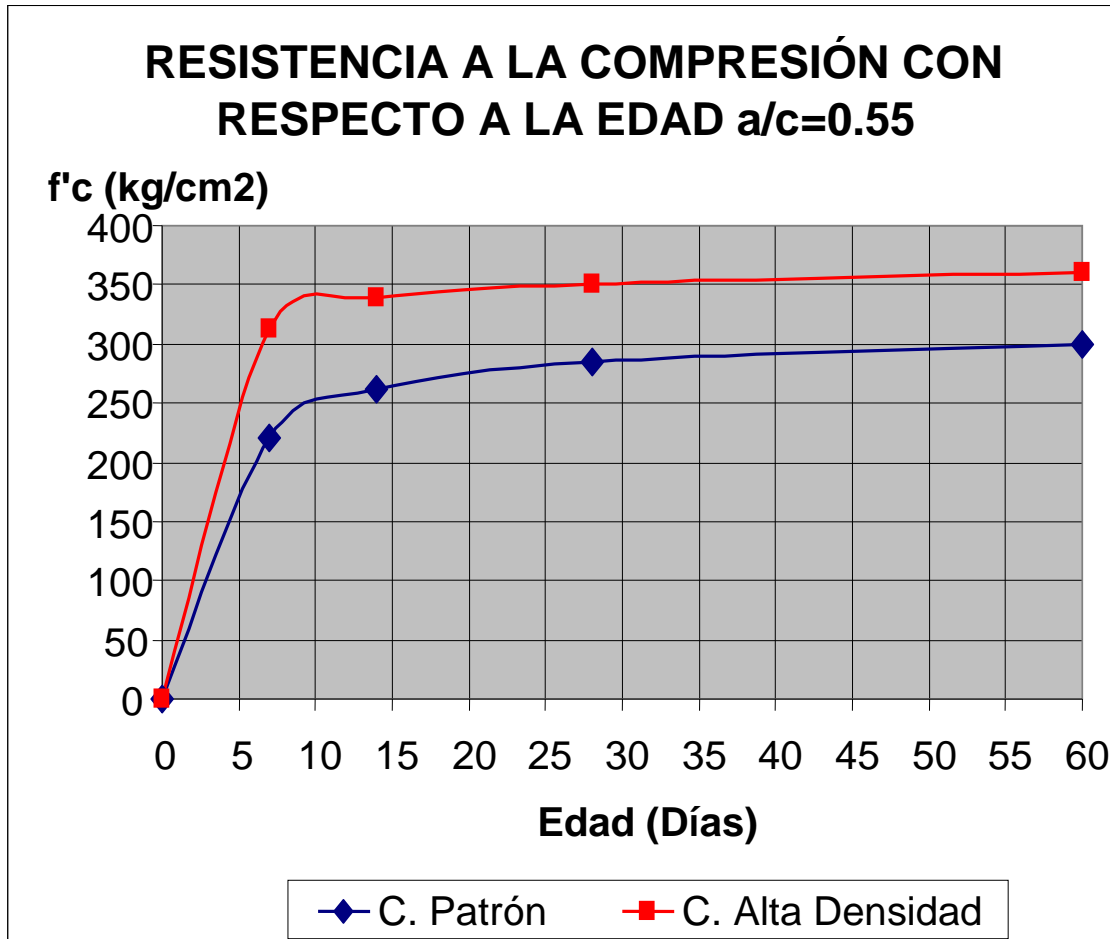
**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

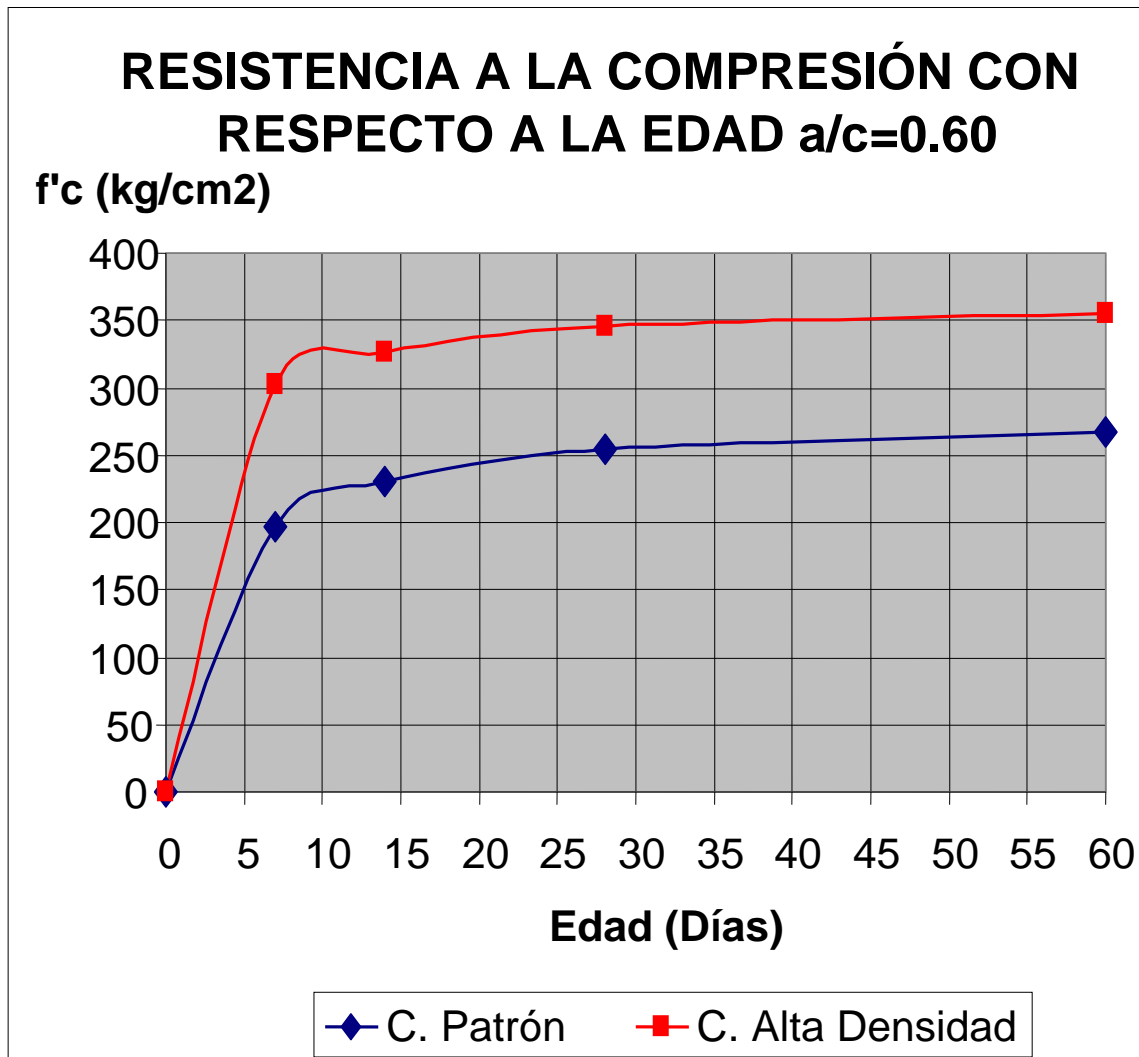
Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339,034

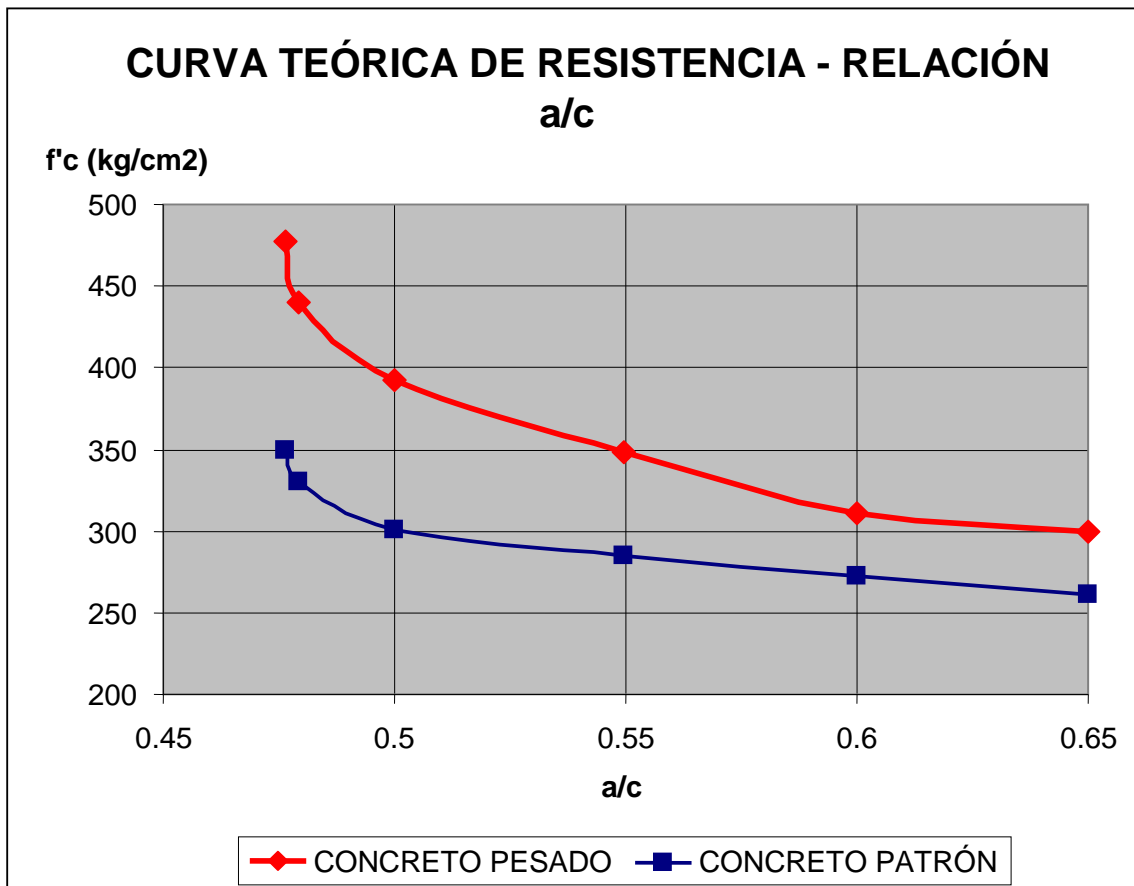
| Arena/Baritina<br>(Ar/Ba) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) |     |     |
|---------------------------|-------------------------|---|-----|-----|
|                           |                         | Edad en Días                                      |     |     |
|                           |                         | 7   | 14  | 28  |
| Ar:50%<br>Ba:50%          | 0,50                    | 321   | 364 | 391 |
|                           | 0,55                    | 313   | 339 | 351 |
|                           | 0,60                    | 302   | 327 | 345 |











## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

APLICACIÓN  
DE CARGA



FALLA  
COLUMNAR



**CARACTERÍSTICAS DEL  
CONCRETO PESADO EN  
ESTADO ENDURECIDO**

**REDUCCIÓN DE  
POROS Y VACIOS**



**A.Fino Baritina y  
A.G.Piedra  
EMBEBIDOS EN PASTA  
DE CEMENTO**



**DISTRIBUCIÓN  
HOMOGÉNEA DE  
LOS AGREGADOS**



## **6.2-Ensayo para determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral.**

### **NTP 339.084**

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

#### **Objeto:**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón (concreto), tales como cilindros moldeados y testigos diamantinos.

#### **Resumen del Método**

Este método de ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de hormigón (concreto), a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla.

#### **Velocidad de Carga**

La carga se aplicará en forma continua y evitando impactos, a una velocidad constante dentro del rango de 689 kPa/min a 1380 kPa/min hasta que falle el espécimen por el esfuerzo de tracción por compresión diametral.

#### **Expresión de Resultados**

La resistencia a la tracción por compresión diametral de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$T = 2P / \pi l d$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral, kPa.

P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, kN.

l = longitud, m.

d = Diámetro, m.

## Informe

Registrar la siguiente información:

- Número de identificación.
- Diámetro y longitud, m .
- Carga máxima kN .
- Resistencia a la tracción por compresión diametral, aproximada a 35 kPa.
- Proporción estimada del agregado grueso fracturado durante el ensayo.
- Edad del espécimen.

- Historia del curado.
- Defectos del espécimen.
- Tipo de fractura.
- Tipo de espécimen.

Para este ensayo se prepararon 3 probetas para ser ensayadas a los 28 días.

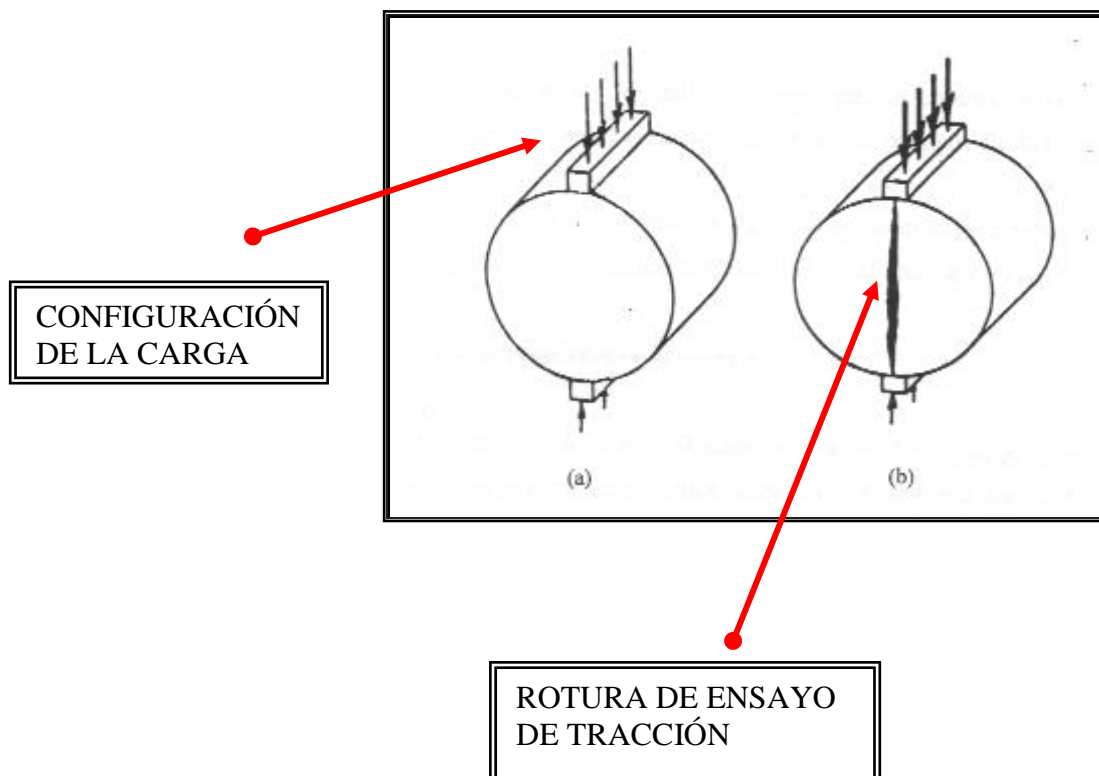
Todas esta probetas se repitieron para el concreto patrón y de alta densidad para las relaciones a/c = 0,50; 0,55 y 0,60.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN  
DIAMETRAL DEL CONCRETO PATRÓN**

Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339.084

| Arena/Piedra<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN<br>POR COMPRESIÓN DIAMETRAL |
|-------------------------|-------------------------|---|
|                         |                         | Edad 28 Días<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                 |
| Ar:45%<br>Pi:55%        | 0,50                    | 22  |
|                         | 0,55                    | 19  |
|                         | 0,60                    | 17  |

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN  
DIAMETRAL DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD**

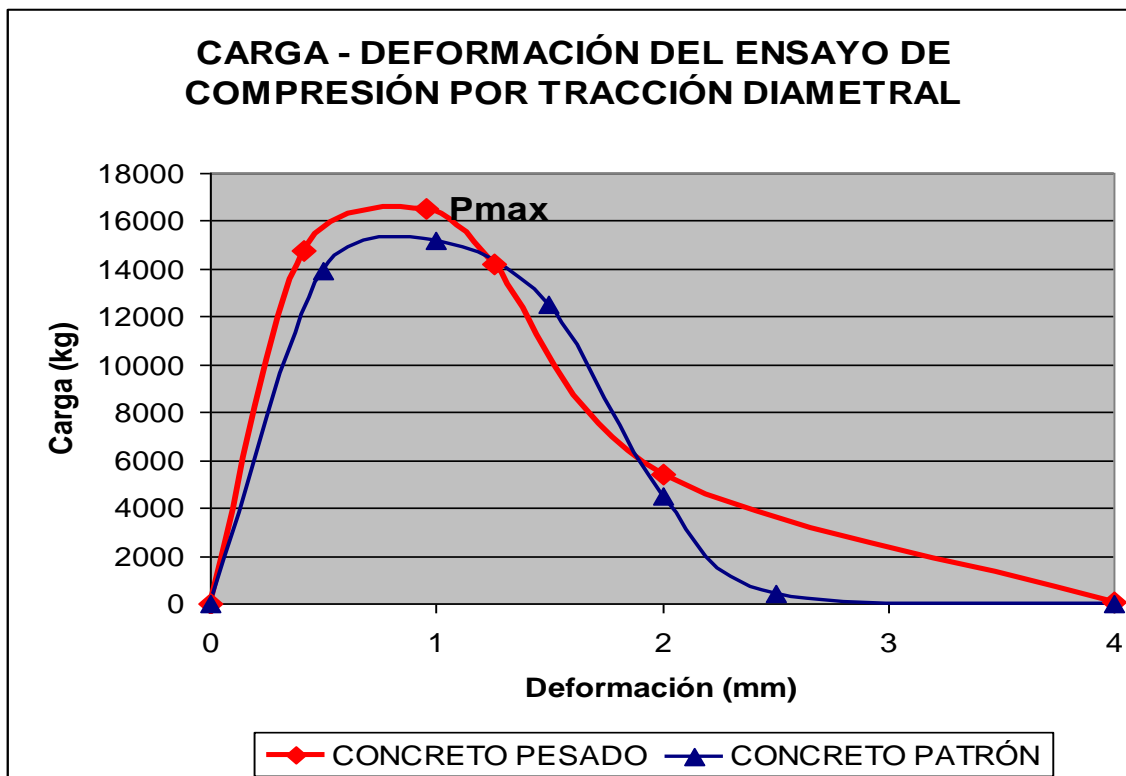
Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339.084

| Arena/Baritina<br>(Ar/Ba) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN<br>POR COMPRESIÓN DIAMETRAL |
|---------------------------|-------------------------|---|
|                           |                         | Edad 28 Días<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                 |
| Ar:50%<br>Ba:50%          | 0,50                    | 23  |
|                           | 0,55                    | 21  |
|                           | 0,60                    | 18  |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES





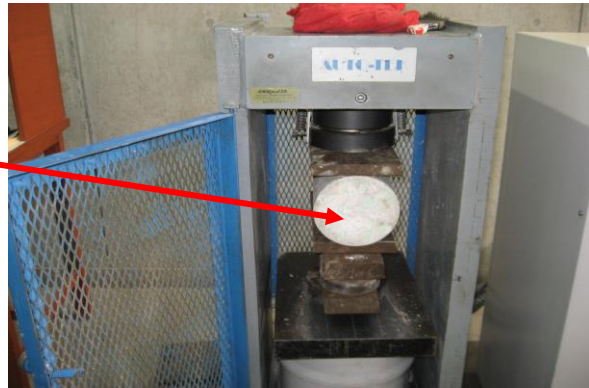


FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

## RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

COLOCACIÓN  
DEL ESPECIMEN  
PARA ENSAYO



LECTURA  
DE  
MEDIDAS



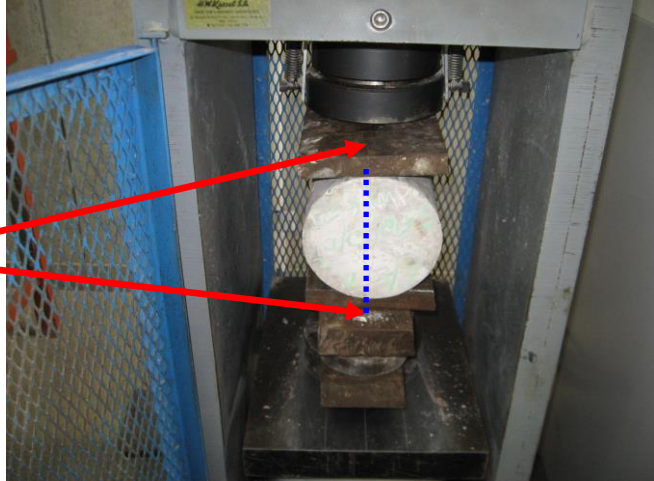
APLICACIÓN  
DE CARGA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESIÓN A LO LARGO DEL DIÁMETRO VERTICAL



APARICIÓN DE FISURA

ROTURA DE TRACCIÓN



### **6.3-Ensayos para determinar la resistencia a la flexión**

#### **NTP 339.078**

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.

#### **Objeto:**

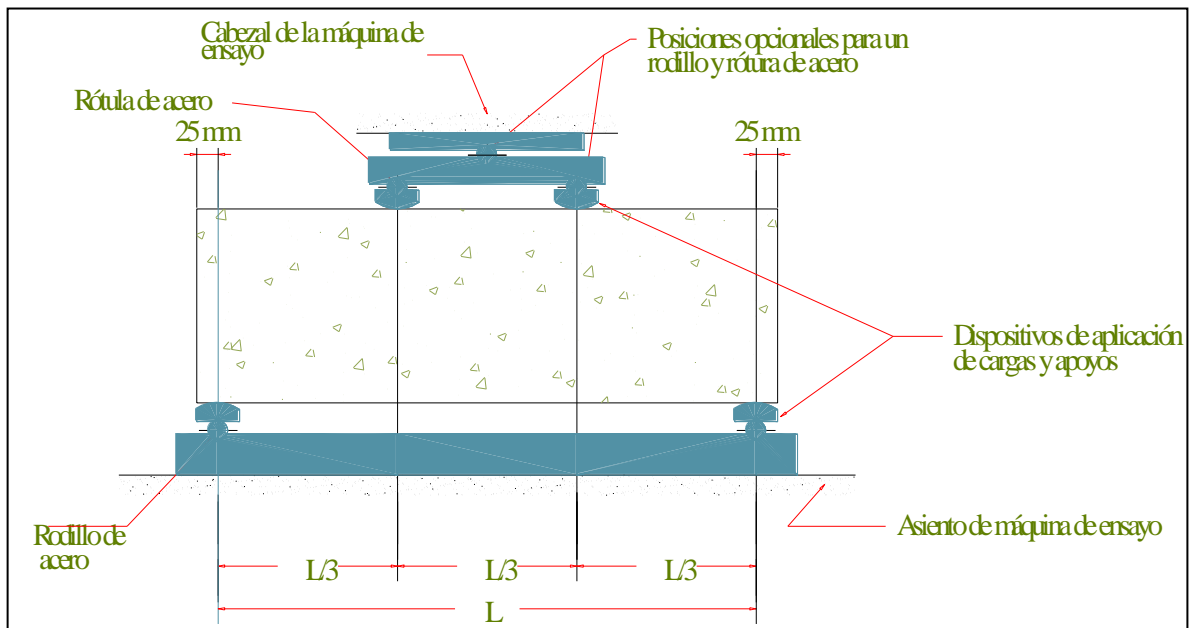
La Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de probetas en forma de vigas simplemente apoyadas, moldeadas con hormigón o de probetas cortadas extraídas de hormigón endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

#### **Resumen del método**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

Para este ensayo se prepararon 3 vigas para ser ensayadas a los 28 días para el concreto patrón y de alta densidad para las relaciones  $a/c = 0,50; 0,55$  y  $0,60$ .

## ENSAYOS A FLEXIÓN CON CARGAS A LOS TERCIOS



### Velocidad de carga

Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema. entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga.

### Expresión de Resultados

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = P L / b h^2$$

En donde:

$M_r$  : Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>.

$P$  : Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

L : Es la luz libre entre apoyos, en centímetros.

b : Es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

h : Es la altura promedio de la probeta en la sección de falla, (cm)

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = 3 P a / b h^2$$

En donde:

a : Es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

## **Informe**

El informe incluye los siguientes datos:

- Identificación de la probeta.
- Ancho promedio con aproximación de 1 mm .
- Altura promedio con aproximación de 1 mm .
- Luz libre entre apoyos, en mm .
- Carga máxima en kilogramos.
- Módulo de rotura calculado con una aproximación

de 0,5 kg-f / cm<sup>2</sup> (0,05 MPa).

- Edad de ensayo de la probeta.
- Historia del curado y condiciones de humedad de la probeta en el momento del ensayo.
- Defectos observados en la probeta, si los hubiere.
- Tipos de recubrimientos usados.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339.078

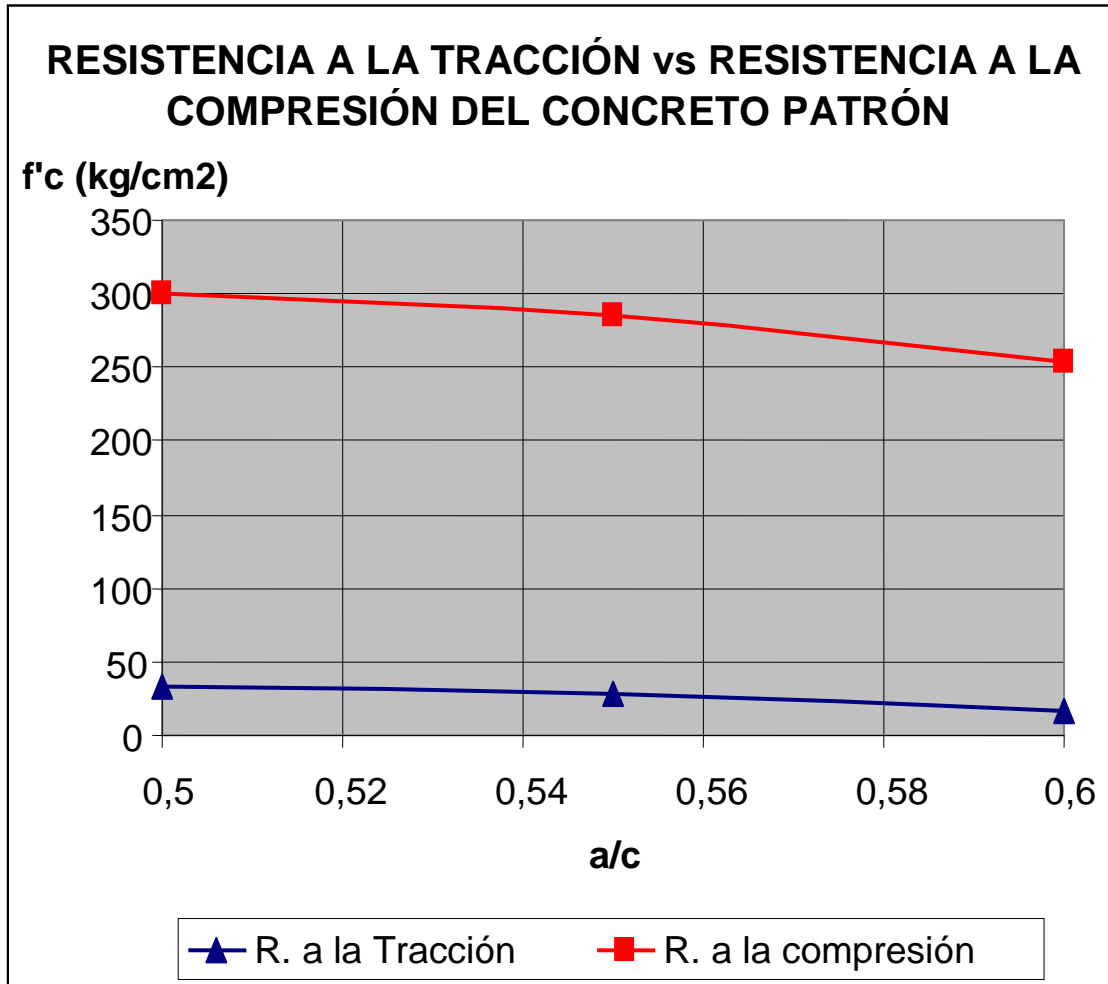
| Arena/Piedra<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr)        |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                         |                         | Edad 28Días<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Ar:45%<br>Pi:55%        | 0,50                    | 33                                   |
|                         | 0,55                    | 29                                   |
|                         | 0,60                    | 26                                   |

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

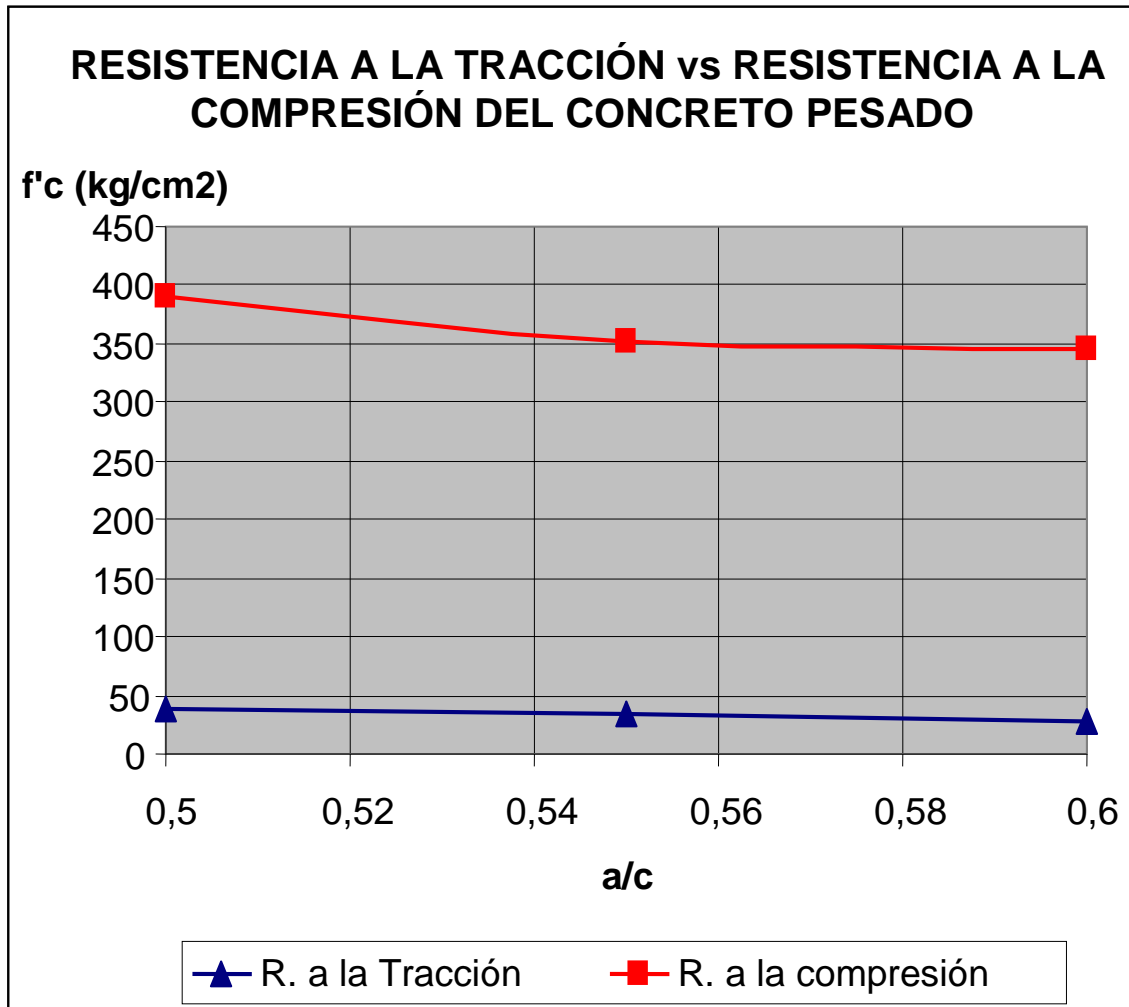
Hecho por : Angel A. Millones Prado

NTP 339.078

| Arena/Baritina<br>(Ar/Ba) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mr)        |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                           |                         | Edad 28Días<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Ar:50%<br>Ba:50%          | 0,50                    | 39                                   |
|                           | 0,55                    | 34                                   |
|                           | 0,60                    | 27                                   |









FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

## ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO

COLOCACIÓN DE  
VIGA PARA  
ENSAYO  
DE FLEXIÓN



APLICACIÓN DE  
DE CARGA "P"



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

FALLA EN  
EL  
TERCIO  
CENTRAL



FALLA EN EL TERCIO CENTRAL



#### **6.4-Ensayo de módulo de elasticidad**

Mediante este ensayo sirve para determinar el Módulo de Elasticidad de especímenes de concreto endurecido.

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga versus deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra a definir un "Módulo de elasticidad Estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la tensión última.

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 Kg/cm<sup>2</sup>. y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece

como determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C-469-02.

#### 6.4.1-Equipos y Materiales

- a. Máquina de Compresión.** Utilizada para realizar el ensayo de resistencia a la compresión
- b. Compresómetro.** Utilizado para medir el Módulo de Elasticidad, consta de dos especies de anillos, uno de los cuales está rígidamente sujeto al espécimen (B) y otro sujeto por dos puntos diametralmente opuestos, libre de rotación (C) En la circunferencia del anillo de rotación, en la mitad entre los dos puntos de soporte, hay una varilla pivote (A), que será usada para mantener la distancia constante entre los dos anillos.

La deformación es medida por un dispositivo usado directamente.

- c. Especímenes de Ensayo.** Deben ser adecuadamente. Deberán estar sujetos a las condiciones de curado especificadas y ensayados a la edad para la cual la información de elasticidad es deseada.

Los especímenes deberán ser ensayados dentro de 1 hora después que se retiran de los tanques de curado.

#### 6.4.2-Ejecución del Método.

- a. Medición.** Medir dos diámetros perpendiculares entre sí en la zona central de la probeta con una aproximación de 0.25 mm. Calcular el

diámetro de la probeta promediando los dos diámetros medidos. Medir la longitud del espécimen moldeado incluyendo capas de refrentado con una aproximación de 2.5 mm.

- b.* Mantenga constante, como sea posible, la temperatura y humedad durante la prueba, registre las fluctuaciones inusuales.
- c.* Use un espécimen hermano para determinar su resistencia a la compresión, previamente al ensayo del módulo de elasticidad, con lo cual se registrará su carga última a compresión.
- d.* Coloque el espécimen con el equipo medidor de deformación ajustado, sobre el bloque inferior de la máquina de ensayo y cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro del bloque superior.  
  
Antes de aplicar alguna carga, retire las barras sujetadoras de los yugos. Anote las lecturas de los indicadores de deformación
- e.* Cargar el espécimen por lo menos 2 veces. No registrar ningún dato durante la primera carga. Durante la primera carga que es principalmente para la fijación de los calibradores, observar el desempeño de los calibradores y corregir algún comportamiento irregular previamente a la segunda carga.
- f.* Después de haber hecho las pruebas de fijación (sin registro) recién realizar el ensayo y obtener dos conjuntos de lecturas como sigue:  
  
Aplice la carga continuamente y sin choque, a una velocidad constante en un rango de  $0.241 \pm 0.034$  Mpa/seg. ( $2.45 \pm 0.35$

Kg/cm<sup>2</sup>). Registre sin interrupción las lecturas de cargas aplicadas y la deformación longitudinal en el punto (1) cuando esfuerzo longitudinal es de 50 millonésimas y (2) cuando la carga aplicada es igual al 40% de la rotura. La deformación longitudinal se define como la deformación total dividida entre la longitud efectiva del calibrador.

- g.** El Módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidas de la misma carga previendo que los dispositivos de medición sean expandibles, removibles o adecuadamente protegidos. En este caso registrar varias lecturas y determinar el valor de deformación al 40% de la carga última por Interpolación.
- h.** Sí se tornan lecturas intermedias, dibujar los resultados de cada tres ensayos con la deformación longitudinal como abcisa y la resistencia a la compresión como ordenada

#### 6.4.3-Cálculo.

Se calcula el módulo de elasticidad con una aproximación de 50 000 psi. (344.74 MPa.) de la siguiente manera.

$$E = \frac{(S2 - S1)}{(e2 - 0.000050)}$$

Donde

- E = Módulo de elasticidad en Kglcm<sup>2</sup>.
- S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última Kglcm<sup>2</sup>
- S1 = Esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal e1 de 0.000050mmimm.
- e2 = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO PATRÓN

Hecho por : Angel A. Millones Prado

NORMA : ASTM C-469-02

| Arena/Piedra<br>(Ar/Pi) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | MÓDULO DE ELASTICIDAD     |                             |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                         |                         | Edad 28 días              |                             |
|                         |                         | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Ar:45%<br>Pi:55%        | 0,50                    | 302                       | 273 938                     |
|                         | 0,55                    | 285                       | 257 977                     |
|                         | 0,60                    | 255                       | 252 488                     |

ENSAYOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO PESADO

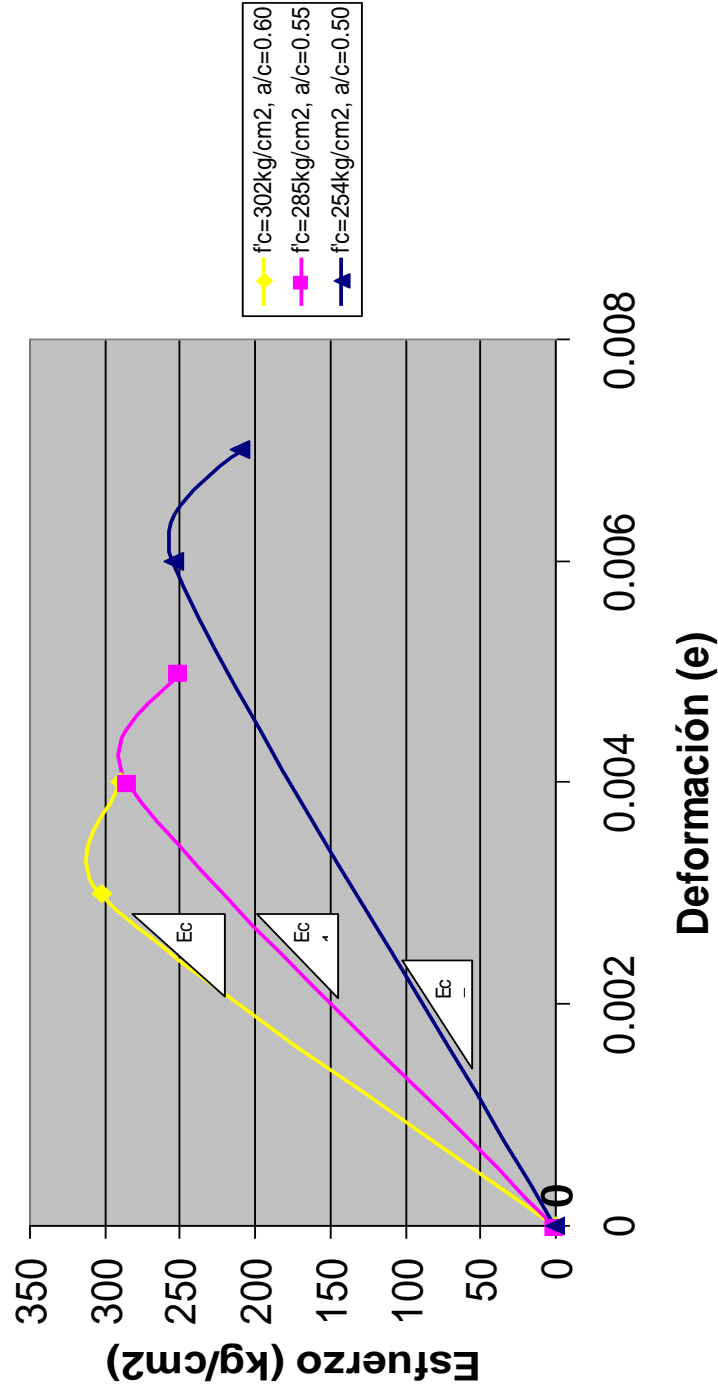
Hecho por : Angel A. Millones Prado

NORMA : ASTM C-469-02

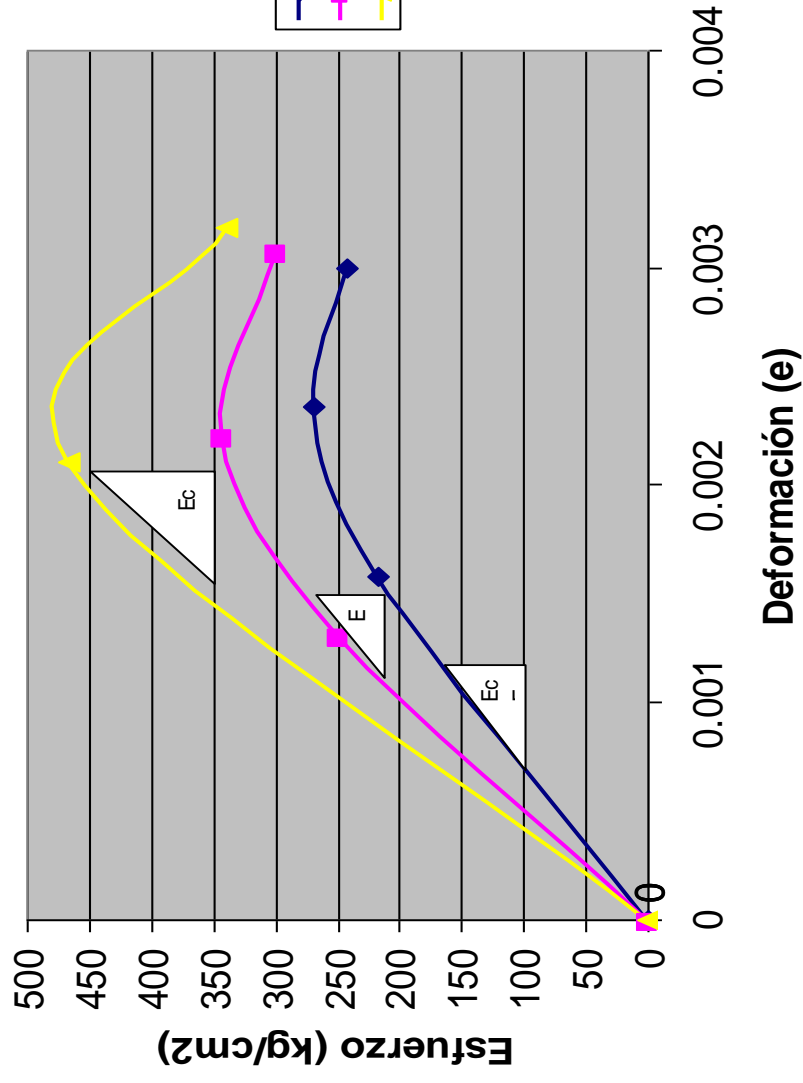
| Arena/Baritina<br>(Ar/Ba) | Agua/Cemento<br>( a/c ) | MÓDULO DE ELASTICIDAD     |                             |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|                           |                         | Edad 28 días              |                             |
|                           |                         | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Ar:50%<br>Ba:50%          | 0,50                    | 391                       | 334 691                     |
|                           | 0,55                    | 342                       | 297 305                     |
|                           | 0,60                    | 324                       | 272 066                     |



# ESFUERZO - DEFORMACIÓN CONCRETO PATRÓN



# ESFUERZO - DEFORMACIÓN CONCRETO PESADO





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD



ESPECÍMENES DE ENSAYO

ESPECÍMENES HERMANOS  
EDAD DE CURADO 28 DIAS



COMPRESÓMETRO PARA MEDIR EL  
MÓDULO DE ELASTICIDAD

PREPARACIÓN DE  
ESPECÍMENES PARA ENSAYO



## APLICACIÓN DE LA CARGA



**CAPÍTULO VII**  
**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS**  
**AL ESTADO FRESCO**



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE DEL CONCRETO PESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN  
ENSAYOS DE PESO UNITARIO, CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PESADO

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c) | PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> ) | VARIACIÓN (kg/m <sup>3</sup> ) | P. U COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | CONTENIDO DE AIRE (%) | VARIACIÓN (%) | CONTENIDO DE AIRE COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,50   | 2357                               | 0                              | 100                              | 1,4                   | 0             | 100  |
| Concreto Pesado  | 0,50   | 2866                               | 509                            | 121,60                           | 1,1                   | 0,3           | 79   |

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c) | PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> ) | VARIACIÓN (kg/m <sup>3</sup> ) | P. U COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | CONTENIDO DE AIRE (%) | VARIACIÓN (%) | CONTENIDO DE AIRE COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,55   | 2305                               | 0                              | 100                              | 1,6                   | 0             | 100  |
| Concreto Pesado  | 0,55   | 2801                               | 496                            | 121,52                           | 1,2                   | 0,4           | 75   |

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c) | PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> ) | VARIACIÓN (kg/m <sup>3</sup> ) | P. U COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | CONTENIDO DE AIRE (%) | VARIACIÓN (%) | CONTENIDO DE AIRE COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|--|
| Concreto Patrón  | 0,60   | 2313                               | 0                              | 100                              | 1,8                   | 0             | 100  |
| Concreto Pesado  | 0,60   | 2760                               | 447                            | 119,33                           | 1,4                   | 0,4           | 78   |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE DEL CONCRETO PESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN  
ENSAYOS DE ASENTAMIENTO, Y PORCENTAJE DE FLUIDEZ DEL CONCRETO PESADO

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c ) | SLUMP (PULG.) | VARIACIÓN (PULG.) | SLUMP COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%) | VARIACIÓN (%) | FLUIDEZ COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|---------|---------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Concreto Patrón  | 0,50    | 4,58          | 0                 | 100                               | 24,56                     | 0             | 100                                  |
| Concreto Pesado  | 0,50    | 4,67          | 0,09              | 101,97                            | 20,62                     | 3,94          | 84                                   |

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c ) | SLUMP (PULG.) | VARIACIÓN (PULG.) | SLUMP COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%) | VARIACIÓN (%) | FLUIDEZ COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|---------|---------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Concreto Patrón  | 0,55    | 5,08          | 0                 | 100                               | 27,96                     | 0             | 100                                  |
| Concreto Pesado  | 0,55    | 4,75          | 0,33              | 93,50                             | 23,84                     | 4,12          | 85                                   |

| TIPO DE CONCRETO | ( a/c ) | SLUMP (PULG.) | VARIACIÓN (PULG.) | SLUMP COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN | PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%) | VARIACIÓN (%) | FLUIDEZ COMO (%) DEL CONCRETO PATRÓN |
|------------------|---------|---------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Concreto Patrón  | 0,60    | 5,50          | 0                 | 100                               | 34,4                      | 0             | 100                                  |
| Concreto Pesado  | 0,60    | 5,62          | 0,12              | 102,18                            | 28,92                     | 5,48          | 84                                   |

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS  
AL ESTADO ENDURECIDO**





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PESADO  
ANÁLISIS COMPARATIVO EN (%) RESPECTO DEL CONCRETO PATRÓN

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (kg/cm2) |     |     | RESISTENCIA DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |     |
|------------------|----------------------|---|-----|-----|---|-----|-----|
|                  |                      | Edad en Días                                      |     |     | Edad en Días  |     |     |
|                  |                      | 7   | 14  | 28  | 7   | 14  | 28  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,50                 | 240   | 280 | 301 | 100   | 100 | 100 |
| CONCRETO PESADO  | 0,50                 | 321   | 364 | 391 | 134   | 130 | 130 |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (kg/cm2) |     |     | RESISTENCIA DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |     |
|------------------|----------------------|---|-----|-----|---|-----|-----|
|                  |                      | Edad en Días                                      |     |     | Edad en Días  |     |     |
|                  |                      | 7   | 14  | 28  | 7   | 14  | 28  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,55                 | 221   | 262 | 285 | 100   | 100 | 100 |
| CONCRETO PESADO  | 0,55                 | 313   | 339 | 351 | 142   | 129 | 123 |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (kg/cm2) |     |     | RESISTENCIA DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |     |
|------------------|----------------------|---|-----|-----|---|-----|-----|
|                  |                      | Edad en Días                                      |     |     | Edad en Días  |     |     |
|                  |                      | 7   | 14  | 28  | 7   | 14  | 28  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,60                 | 197   | 230 | 254 | 100   | 100 | 100 |
| CONCRETO PESADO  | 0,60                 | 302   | 327 | 345 | 153   | 142 | 136 |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO PESADO A LOS 28 DÍAS  
ANÁLISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE RESPECTO DEL CONCRETO PATRÓN

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm2) | RESIST. TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL COMO(%) DEL C.PATRÓN |
|------------------|----------------------|---|--|
|                  |                      | Edad 28 Días  | Edad 28 Días   |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,50                 | 22  | 100  |
| CONCRETO PESADO  | 0,50                 | 23  | 105  |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm2) | RESIST. TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL COMO(%) DEL C.PATRÓN |
|------------------|----------------------|---|--|
|                  |                      | Edad 28 Días  | Edad 28 Días   |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,55                 | 19  | 100  |
| CONCRETO PESADO  | 0,55                 | 21  | 111  |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PESADO A LOS 28 DÍAS  
ANÁLISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE RESPECTO DEL CONCRETO PATRÓN

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN COMO(%) DEL C.PATRÓN |
|------------------|----------------------|--|---|
|                  |                      | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días                                  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,50                 | 33   | 100   |
| CONCRETO PESADO  | 0,50                 | 39   | 118   |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN COMO(%) DEL C.PATRÓN |
|------------------|----------------------|--|---|
|                  |                      | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días                                  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,55                 | 29   | 100   |
| CONCRETO PESADO  | 0,55                 | 34   | 117   |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA FLEXIÓN COMO(%) DEL C.PATRÓN |
|------------------|----------------------|--|---|
|                  |                      | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días                                  |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,60                 | 26   | 100   |
| CONCRETO PESADO  | 0,60                 | 27   | 104   |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PESADO A LOS 28 DÍAS  
ANÁLISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE RESPECTO DEL CONCRETO PATRÓN

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL C.PATRÓN |              |
|------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--|--------------|
|                  |                      | Edad 28 Días              | Edad 28 Días | Edad 28 Días                | Edad 28 Días | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,50                 | 302                       |              | 273938                      |              | 100  |              |
| CONCRETO PESADO  | 0,50                 | 391                       |              | 334691                      |              | 122  |              |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL C.PATRÓN |              |
|------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--|--------------|
|                  |                      | Edad 28 Días              | Edad 28 Días | Edad 28 Días                | Edad 28 Días | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,55                 | 285                       |              | 257977                      |              | 100  |              |
| CONCRETO PESADO  | 0,55                 | 342                       |              | 297305                      |              | 115  |              |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento ( a/c ) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> ) |              | M.E.E DEL CONCRETO PESADO COMO(%) DEL C.PATRÓN |              |
|------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|--|--------------|
|                  |                      | Edad 28 Días              | Edad 28 Días | Edad 28 Días                | Edad 28 Días | Edad 28 Días                                   | Edad 28 Días |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,60                 | 255                       |              | 252488                      |              | 100  |              |
| CONCRETO PESADO  | 0,60                 | 324                       |              | 272066                      |              | 108  |              |

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DEL CONCRETO PESADO CON RESPECTO DEL CONCRETO PATRÓN

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento<br>( a/c ) | COSTO POR M3<br>(soles) | COSTO DEL CONCRETO PESADO<br>COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |                   |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--|-----|-------------------|
|                  |                         |                         | VARIACIÓN<br>(soles)                                     | (%) | INCREMENTO<br>(%) |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,50                    | 526,88                  | 0  | 100 | 71                |
| CONCRETO PESADO  | 0,50                    | 899,88                  | 373  | 171 |                   |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento<br>( a/c ) | COSTO POR M3<br>(soles) | COSTO DEL CONCRETO PESADO<br>COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |                   |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--|-----|-------------------|
|                  |                         |                         | VARIACIÓN<br>(soles)                                     | (%) | INCREMENTO<br>(%) |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,55                    | 492,88                  | 0  | 100 | 62                |
| CONCRETO PESADO  | 0,55                    | 797,88                  | 305  | 162 |                   |

| TIPO DE CONCRETO | Agua/Cemento<br>( a/c ) | COSTO POR M3<br>(soles) | COSTO DEL CONCRETO PESADO<br>COMO(%) DEL CONCRETO PATRÓN |     |                   |
|------------------|-------------------------|-------------------------|--|-----|-------------------|
|                  |                         |                         | VARIACIÓN<br>(soles)                                     | (%) | INCREMENTO<br>(%) |
| CONCRETO PATRÓN  | 0,60                    | 475,88                  | 0  | 100 | 57                |
| CONCRETO PESADO  | 0,60                    | 746,88                  | 271  | 157 |                   |

## CAPÍTULO VIII

### COSTO ESTIMADO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD

#### PRESUPUESTO

| Item     | Descripción  | Und. | Metrado | Precio (S./) | Parcial (S./)   |
|----------|--|------|---------|--------------|-----------------|
| 01       | <b>COSTO ESTIMADO DE DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA DENSIDAD</b> |      |         |              | <b>3,192,46</b> |
| 01.01    | <b>CONCRETO PATRÓN</b>                                       |      |         |              | <b>747,82</b>   |
| 01.01.01 | DISEÑO DE CONCRETO PATRON A/C =0.50,f c=280kg/cm2            | m3   | 0,50    | 526,88       | 263,44          |
| 01.01.02 | DISEÑO DE CONCRETO PATRON A/C =0.55,f c=240kg/cm2            | m3   | 0,50    | 492,88       | 246,44          |
| 01.01.03 | DISEÑO DE CONCRETO PATRON A/C =0.60,f c=210kg/cm2            | m3   | 0,50    | 475,88       | 237,94          |
| 01.02    | <b>CONCRETO DE ALTA DENSIDAD</b>                             |      |         |              | <b>2,444,64</b> |
| 01.02.01 | DISEÑO DE CONCRETO PESADO A/C =0.50,f c=390kg/cm2            | m3   | 1,00    | 899,88       | 899,88          |
| 01.02.02 | DISEÑO DE CONCRETO PESADO A/C =0.55,f c=345kg/cm2            | m3   | 1,00    | 797,88       | 797,88          |
| 01.02.03 | DISEÑO DE CONCRETO PESADO A/C =0.60,f c=300kg/cm2            | m3   | 1,00    | 746,88       | 746,88          |

# **ANEXOS**



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
PATRÓN AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Re (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 21/07/2008       | 30/07/2008      | 15             | 42896                 | 240,2                                | CORTE         |
| 2               | 21/07/2008       | 30/07/2008      | 15,2           | 42959                 | 241,5                                | COLUMNAR      |
| 3               | 21/07/2008       | 30/07/2008      | 15,1           | 42100                 | 238,6                                | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>240</b>                           |               |

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Re (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 21/07/2008       | 05/08/2008      | 15,3           | 49220                 | 279,2                                | CORTE         |
| 2               | 21/07/2008       | 05/08/2008      | 15,2           | 49450                 | 280,4                                | COLUMNAR      |
| 3               | 21/07/2008       | 05/08/2008      | 15             | 49750                 | 281,1                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>280</b>                           |               |

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Re (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 21/07/2008       | 19/08/2008      | 15             | 53800                 | 302,2                                | CORTE         |
| 2               | 21/07/2008       | 19/08/2008      | 15,2           | 53056                 | 300,8                                | CORTE         |
| 3               | 21/07/2008       | 19/08/2008      | 15,1           | 53010                 | 300,0                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>301</b>                           |               |





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
PATRÓN AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 23/07/2008       | 30/07/2008      | 15,1           | 40110                 | 221,5                                | CORTE         |
| 2               | 23/07/2008       | 30/07/2008      | 15             | 40090                 | 220,4                                | COLUMNAR      |
| 3               | 23/07/2008       | 30/07/2008      | 15,2           | 40089                 | 220,1                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>221</b>                           |               |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 23/07/2008       | 07/08/2008      | 15,2           | 46885                 | 264,4                                | CORTE         |
| 2               | 23/07/2008       | 07/08/2008      | 15             | 46800                 | 260,0                                | COLUMNAR      |
| 3               | 23/07/2008       | 07/08/2008      | 15,2           | 46834                 | 262,8                                | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>262</b>                           |               |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 23/07/2008       | 21/08/2008      | 15,1           | 49362                 | 285,3                                | CORTE         |
| 2               | 23/07/2008       | 21/08/2008      | 15,2           | 49300                 | 284,2                                | CORTE         |
| 3               | 23/07/2008       | 21/08/2008      | 15             | 49350                 | 284,6                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>285</b>                           |               |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
PATRON AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 25/07/2008       | 01/08/2008      | 15,1           | 39200                 | 198,5                                | CORTE         |
| 2               | 25/07/2008       | 01/08/2008      | 15             | 39185                 | 196,3                                | COLUMNAR      |
| 3               | 25/07/2008       | 01/08/2008      | 15,2           | 39192                 | 196,8                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>197</b>                           |               |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 25/07/2008       | 08/08/2008      | 15,3           | 42515                 | 230,1                                | CORTE         |
| 2               | 25/07/2008       | 08/08/2008      | 15,1           | 42545                 | 228,9                                | CORTE         |
| 3               | 25/07/2008       | 08/08/2008      | 15             | 42560                 | 231,4                                | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>230</b>                           |               |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | CARGA APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1               | 25/07/2008       | 22/08/2008      | 15,2           | 44380                 | 252,6                                | CORTE         |
| 2               | 25/07/2008       | 22/08/2008      | 15,1           | 44382                 | 254,3                                | COLUMNAR      |
| 3               | 25/07/2008       | 22/08/2008      | 15             | 44384                 | 254,7                                | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                |                       | <b>254</b>                           |               |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN  
DIAMETRAL DEL CONCRETO PATRÓN AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>N°   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO (cm.) | CARGA<br>APLICADA P (kg) | RESISTENC<br>IA T (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------------|---|
| 1               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,4               | 15,20          | 15206                    | 21,5                                    |
| 2               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,5               | 15,20          | 15701                    | 22,2                                    |
| 3               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,5               | 15,30          | 14852                    | 21                                      |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                |                          | <b>22</b>                               |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>N°   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO (cm.) | CARGA<br>APLICADA P (kg) | RESISTENC<br>IA T (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------------|---|
| 1               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,4               | 15,1           | 13933                    | 19,7                                    |
| 2               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30                 | 15             | 13438                    | 19                                      |
| 3               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30                 | 15             | 13720                    | 19,4                                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                |                          | <b>19</b>                               |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>N°   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO (cm.) | CARGA<br>APLICADA P (kg) | RESISTENC<br>IA T (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------------|---|
| 1               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,2               | 15,3           | 12094                    | 17,1                                    |
| 2               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30,5               | 15,1           | 11881                    | 16,8                                    |
| 3               | 03/07/2008          | 30/07/2008         | 30                 | 15,2           | 11599                    | 16,4                                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                |                          | <b>17</b>                               |



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | ANCHO PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 14,9                  | 15,3            | 2598            | 33,59                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1                  | 15,2            | 2590            | 33,41                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,3            | 15,3                  | 15,3            | 2594            | 32,81                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                       |                 |                 |                          |
|                 |                  |                 |                 |                       |                 |                 | <b>33</b>                |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | ANCHO PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,0                  | 15,3            | 2201            | 28,27                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1                  | 15,2            | 2210            | 28,51                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,1                  | 15,0            | 2190            | 29,07                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                       |                 |                 |                          |
|                 |                  |                 |                 |                       |                 |                 | <b>29</b>                |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | ANCHO PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,2                  | 15,3            | 2040            | 25,86                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1                  | 15,2            | 2036            | 26,26                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,3            | 15,3                  | 15,3            | 2045            | 25,87                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                       |                 |                 |                          |
|                 |                  |                 |                 |                       |                 |                 | <b>26</b>                |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
DE ALTA DENSIDAD AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 01/08/2008          | 07/08/2008         | 15                | 56800              | 320,1                                   | CORTE         |
| 2               | 01/08/2008          | 07/08/2008         | 15,1              | 56804              | 321,4                                   | CORTE         |
| 3               | 01/08/2008          | 07/08/2008         | 15,3              | 56801              | 321                                     | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>321</b>                              |               |

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 01/08/2008          | 14/08/2008         | 15,1              | 64400              | 364,4                                   | CORTE         |
| 2               | 01/08/2008          | 14/08/2008         | 15                | 64080              | 362,6                                   | COLUMNAR      |
| 3               | 01/08/2008          | 14/08/2008         | 15,2              | 64397              | 364,2                                   | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>364</b>                              |               |

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 01/08/2008          | 28/08/2008         | 15                | 67571              | 389                                     | COLUMNAR      |
| 2               | 01/08/2008          | 28/08/2008         | 15                | 67576              | 391                                     | CORTE         |
| 3               | 01/08/2008          | 28/08/2008         | 15,1              | 67578              | 392                                     | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>391</b>                              |               |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
DE ALTA DENSIDAD AL ESTADO ENDURECIDO

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA N° | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|
| 1          | 02/08/2008       | 08/08/2008      | 15,3           | 55708           | 313,2                                | CORTE         |
| 2          | 02/08/2008       | 08/08/2008      | 15             | 55719           | 314,1                                | COLUMNAR      |
| 3          | 02/08/2008       | 08/08/2008      | 15,1           | 55701           | 312,6                                | CORTE         |
| PROMEDIO   |                  |                 |                |                 | 313                                  |               |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA N° | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|
| 1          | 02/08/2008       | 15/08/2008      | 15,1           | 57630           | 338,9                                | CORTE         |
| 2          | 02/08/2008       | 15/08/2008      | 15,2           | 57624           | 338,7                                | CORTE         |
| 3          | 02/08/2008       | 15/08/2008      | 15             | 57620           | 339                                  | CORTE         |
| PROMEDIO   |                  |                 |                |                 | 339                                  |               |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N° | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | DIÁMETRO (cm.) | APLICADA G (kg) | RESISTENCIA Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|
| 1          | 02/08/2008       | 29/08/2008      | 15,1           | 61203           | 350,4                                | CORTE         |
| 2          | 02/08/2008       | 29/08/2008      | 15,3           | 61205           | 350,8                                | COLUMNAR      |
| 3          | 02/08/2008       | 29/08/2008      | 15             | 62101           | 352,6                                | COLUMNAR      |
| PROMEDIO   |                  |                 |                |                 | 351                                  |               |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
DE ALTA DENSIDAD AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 7 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 04/08/2008          | 11/08/2008         | 15                | 53880              | 304,9                                   | CORTE         |
| 2               | 04/08/2008          | 11/08/2008         | 15,1              | 53804              | 300,1                                   | COLUMNAR      |
| 3               | 04/08/2008          | 11/08/2008         | 15,3              | 53845              | 302,4                                   | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>302</b>                              |               |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 14 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 04/08/2008          | 18/08/2008         | 15,1              | 57630              | 326,1                                   | COLUMNAR      |
| 2               | 04/08/2008          | 18/08/2008         | 15,1              | 57626              | 325,4                                   | CORTE         |
| 3               | 04/08/2008          | 18/08/2008         | 15,3              | 57633              | 328                                     | COLUMNAR      |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>327</b>                              |               |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA G<br>(kg) | RESISTENCIA<br>Rc (kg/cm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---------------|
| 1               | 04/08/2008          | 01/09/2008         | 15,3              | 61200              | 345                                     | COLUMNAR      |
| 2               | 04/08/2008          | 01/09/2008         | 15,1              | 62250              | 344,6                                   | COLUMNAR      |
| 3               | 04/08/2008          | 01/09/2008         | 15                | 61210              | 345,8                                   | CORTE         |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                   |                    | <b>345</b>                              |               |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN  
DIAMETRAL DEL CONCRETO PESADO AL ESTADO ENDURECIDO**

Probeta Normalizada : 15cm x 30cm

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA P<br>(kg) | RESISTENCIA T<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|
| 1               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,40              | 15,20             | 16833              | 23,8                                   |
| 2               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,20             | 16267              | 23                                     |
| 3               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,30             | 16621              | 23,5                                   |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                   |                    | <b>23</b>                              |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA P<br>(kg) | RESISTENCIA T<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|
| 1               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,40              | 15,20             | 15418              | 21,8                                   |
| 2               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,20             | 15135              | 21,4                                   |
| 3               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,30             | 14923              | 21,1                                   |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                   |                    | <b>21</b>                              |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA<br>Nº   | FECHA DE<br>VACEADO | FECHA DE<br>ENSAYO | LONGITUD L<br>(cm) | DIÁMETRO<br>(cm.) | APLICADA P<br>(kg) | RESISTENCIA T<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|
| 1               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,40              | 15,20             | 12943              | 18,3                                   |
| 2               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,20             | 12872              | 18,2                                   |
| 3               | 04/07/2008          | 31/07/2008         | 30,50              | 15,30             | 13014              | 18,4                                   |
| <b>PROMEDIO</b> |                     |                    |                    |                   |                    | <b>18</b>                              |





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PESADO

Relación a/c = 0.50

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 14,9            | 15,3            | 3008            | 38,90                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1            | 15,2            | 3009            | 38,81                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,3            | 15,3            | 15,3            | 3002            | 37,97                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                 |                 |                 | <b>39</b>                |

Relación a/c = 0.55

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,0            | 15,3            | 2600            | 33,39                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1            | 15,2            | 2601            | 33,55                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,1            | 15,0            | 2609            | 34,63                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                 |                 |                 | <b>34</b>                |

Relación a/c = 0.60

Edad de la Probeta 28 días

| PROBETA N°      | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ENSAYO | LONGITUD L (cm) | PROMEDIO b (cm) | PROMEDIO h (cm) | APLICADA P (kg) | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,1            | 15,2            | 15,3            | 2149            | 27,24                    |
| 2               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,0            | 15,1            | 15,2            | 2147            | 27,69                    |
| 3               | 05/07/2008       | 01/08/2008      | 45,3            | 15,3            | 15,3            | 2155            | 27,26                    |
| <b>PROMEDIO</b> |                  |                 |                 |                 |                 |                 | <b>27</b>                |



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PESADO, A/C=0.50**

**Datos de la Probeta:**

Diametro = 15,1 cm  
 Area = 179,08 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30,1 cm  
 Edad : 28 días  
 Vaceado : 27/06/2008  
 Ensayado : 24/07/2008

Carga Maxima = 67578 kg  
 Esfuerzo Maximo = 391 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% de la carga Max = 27031,2 kg  
**Esfuerzo del 40% (S2) = 150,946 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | Lectura Acumulada | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 11,168                         | 5,0               | 0,0012700        | 0,0000416            |
| 4000     | 22,337                         | 6,2               | 0,0015748        | 0,0000516            |
| 6000     | 33,505                         | 10,5              | 0,0026670        | 0,0000874            |
| 8000     | 44,673                         | 15                | 0,0038100        | 0,0001249            |
| 10000    | 55,841                         | 18                | 0,0045720        | 0,0001499            |
| 12000    | 67,010                         | 22                | 0,0055880        | 0,0001832            |
| 14000    | 78,178                         | 25                | 0,0063500        | 0,0002082            |
| 16000    | 89,346                         | 31                | 0,0078740        | 0,0002582            |
| 18000    | 100,515                        | 35,5              | 0,0090170        | 0,0002956            |
| 20000    | 111,683                        | 38,6              | 0,0098044        | 0,0003215            |
| 22000    | 122,851                        | 40,3              | 0,0102235        | 0,0003352            |
| 24000    | 134,019                        | 45,2              | 0,0114808        | 0,0003764            |
| 26000    | 145,188                        | 50,0              | 0,0127000        | 0,0004164            |
| 28000    | 156,356                        | 55,4              | 0,0140716        | 0,0004614            |
| 30000    | 167,524                        | 65                | 0,0165100        | 0,0005413            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 11,168        | ei =                 | 0,0000416        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>20,550</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 22,337        | eii =                | 0,0000516        |

| Interpolación                  |                  |                      |                |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |                |
| ei =                           | 0,0004164        | Si =                 | 145,188        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0004396</b> | <b>S2 =</b>          | <b>150,946</b> |
| eii =                          | 0,0004614        | Sii =                | 156,356        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 334691 \text{ kg/cm}^2$$

## MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PESADO, A/C=0.55

### Datos de la Probeta:

Diametro = 15,3 cm  
 Area = 183,85 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30,1 cm  
 Edad : 28 dias  
 Vaceado : 27/06/2008  
 Ensayado : 24/07/2008

Carga Maxima = 60450 kg  
 Esfuerzo Maximo = 342,1 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% de la carga Max = 24180 kg  
**Esfuerzo del 40% (S2) = 131,518 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | lectura Acumulada | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 10,878                         | 5,1               | 0,0012954        | 0,0000425            |
| 4000     | 21,756                         | 6,6               | 0,0016764        | 0,0000550            |
| 6000     | 32,635                         | 10,2              | 0,0025908        | 0,0000849            |
| 8000     | 43,513                         | 15,6              | 0,0039624        | 0,0001299            |
| 10000    | 54,391                         | 17,1              | 0,0043434        | 0,0001424            |
| 12000    | 65,269                         | 20,2              | 0,0051308        | 0,0001682            |
| 14000    | 76,147                         | 25,4              | 0,0064516        | 0,0002115            |
| 16000    | 87,026                         | 30,4              | 0,0077216        | 0,0002532            |
| 18000    | 97,904                         | 34,1              | 0,0086614        | 0,0002840            |
| 20000    | 108,782                        | 38,2              | 0,0097028        | 0,0003181            |
| 22000    | 119,660                        | 40,0              | 0,0101600        | 0,0003331            |
| 24000    | 130,538                        | 51,6              | 0,0131064        | 0,0004297            |
| 26000    | 141,417                        | 57,1              | 0,0145034        | 0,0004755            |
| 28000    | 152,295                        | 60,1              | 0,0152654        | 0,0005005            |
| 30000    | 163,173                        | 65,0              | 0,0165100        | 0,0005413            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 10,878        | ei =                 | 0,0000425        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>17,405</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 21,756        | eii =                | 0,0000550        |

| Interpolación                  |                  |                      |                |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |                |
| ei =                           | 0,0004297        | Si =                 | 130,538        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0004338</b> | <b>S2 =</b>          | <b>131,518</b> |
| eii =                          | 0,0004755        | Sii =                | 141,417        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 297305,03 \text{ kg/cm}^2$$

## MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PESADO, A/C=0.60

### Datos de la Probeta:

Diametro = 15,2 cm  
 Area = 181,46 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30 cm  
 Edad : 28 dias  
 Vaceado : 27/06/2008  
 Ensayado : 24/07/2008

Carga Maxima = 57300 kg  
 Esfuerzo Maximo = 324,3 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% de la carga Max = 22920 kg  
**Esfuerzo del 40% (S2) = 126,310 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | lectura Acumulada | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 11,022                         | 5,30              | 0,0013462        | 0,0000441            |
| 4000     | 22,044                         | 7,00              | 0,0017780        | 0,0000583            |
| 6000     | 33,065                         | 10,10             | 0,0025654        | 0,0000841            |
| 8000     | 44,087                         | 15,40             | 0,0039116        | 0,0001282            |
| 10000    | 55,109                         | 17,00             | 0,0043180        | 0,0001416            |
| 12000    | 66,131                         | 20,10             | 0,0051054        | 0,0001674            |
| 14000    | 77,153                         | 25,00             | 0,0063500        | 0,0002082            |
| 16000    | 88,174                         | 30,30             | 0,0076962        | 0,0002523            |
| 18000    | 99,196                         | 34,50             | 0,0087630        | 0,0002873            |
| 20000    | 110,218                        | 38,90             | 0,0098806        | 0,0003240            |
| 22000    | 121,240                        | 52,20             | 0,0132588        | 0,0004347            |
| 24000    | 132,262                        | 58,00             | 0,0147320        | 0,0004830            |
| 26000    | 143,284                        | 62,30             | 0,0158242        | 0,0005188            |
| 28000    | 154,305                        | 65,00             | 0,0165100        | 0,0005413            |
| 30000    | 165,327                        | 69,00             | 0,0175260        | 0,0005746            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 11,022        | ei =                 | 0,0000441        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>15,602</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 22,044        | eii =                | 0,0000583        |

| Interpolación                  |                  |                      |                |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |                |
| ei =                           | 0,0004347        | Si =                 | 121,240        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0004569</b> | <b>S2 =</b>          | <b>126,310</b> |
| eii =                          | 0,0004830        | Sii =                | 132,262        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 272066 \text{ kg/cm}^2$$

## MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN, A/C=0.50

### Datos de la Probeta:

Diametro = 15,2 cm  
 Area = 181,46 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30 cm  
 Edad : 28 dias  
 Vaceado : 26/06/2008  
 Ensayado : 23/07/2008

Carga Maxima = 53800 kg  
 Esfuerzo Maximo = 302,2 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% de la carga Max = 21520 kg  
**Esfuerzo del 40% (S2) = 118,595 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e1 - e2)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación Acumulada (cm) | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 11,022                         | 4,50                       | 0,0011430        | 0,0000375            |
| 4000     | 22,044                         | 6,50                       | 0,0016510        | 0,0000541            |
| 6000     | 33,065                         | 10,50                      | 0,0026670        | 0,0000874            |
| 8000     | 44,087                         | 20,00                      | 0,0050800        | 0,0001666            |
| 10000    | 55,109                         | 25,90                      | 0,0065786        | 0,0002157            |
| 12000    | 66,131                         | 30,20                      | 0,0076708        | 0,0002515            |
| 14000    | 77,153                         | 35,80                      | 0,0090932        | 0,0002981            |
| 16000    | 88,174                         | 40,20                      | 0,0102108        | 0,0003348            |
| 18000    | 99,196                         | 45,00                      | 0,0114300        | 0,0003748            |
| 20000    | 110,218                        | 48,00                      | 0,0121920        | 0,0003997            |
| 22000    | 121,240                        | 50,00                      | 0,0127000        | 0,0004164            |
| 24000    | 132,262                        | 62,30                      | 0,0158242        | 0,0005188            |
| 26000    | 143,284                        | 64,00                      | 0,0162560        | 0,0005330            |
| 28000    | 154,305                        | 66,50                      | 0,0168910        | 0,0005538            |
| 30000    | 165,327                        | 68,00                      | 0,0172720        | 0,0005663            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 11,022        | ei =                 | 0,0000375        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>19,322</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 22,044        | eii =                | 0,0000541        |

| Interpolación                  |                  |                      |                |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |                |
| ei =                           | 0,0003997        | Si =                 | 110,218        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0004124</b> | <b>S2 =</b>          | <b>118,595</b> |
| eii =                          | 0,0004164        | Sii =                | 121,240        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 273938,16 \text{ kg/cm}^2$$

## MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN, A/C=0.55

### Datos de la Probeta:

Diametro = 15 cm  
 Area = 176,71 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30 cm  
 Edad : 28 dias  
 Vaceado : 26/06/2008  
 Ensayado : 23/07/2008

Carga Maxima = 49362 kg  
 Esfuerzo Maximo = 285,3 kg/cm<sup>2</sup>  
 40% de la carga Max = 19744,8 kg  
**Esfuerzo del 40% (S2) = 111,733 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación Acumulada (cm) | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 11,318                         | 4,50                       | 0,0011430        | 0,0000375            |
| 4000     | 22,635                         | 6,20                       | 0,0015748        | 0,0000516            |
| 6000     | 33,953                         | 10,00                      | 0,0025400        | 0,0000833            |
| 8000     | 45,271                         | 20,60                      | 0,0052324        | 0,0001716            |
| 10000    | 56,588                         | 25,70                      | 0,0065278        | 0,0002140            |
| 12000    | 67,906                         | 35,60                      | 0,0090424        | 0,0002965            |
| 14000    | 79,224                         | 40,00                      | 0,0101600        | 0,0003331            |
| 16000    | 90,541                         | 42,30                      | 0,0107442        | 0,0003523            |
| 18000    | 101,859                        | 44,50                      | 0,0113030        | 0,0003706            |
| 20000    | 113,177                        | 48,60                      | 0,0123444        | 0,0004047            |
| 22000    | 124,495                        | 50,00                      | 0,0127000        | 0,0004164            |
| 24000    | 135,812                        | 55,00                      | 0,0139700        | 0,0004580            |
| 26000    | 147,130                        | 58,00                      | 0,0147320        | 0,0004830            |
| 28000    | 158,448                        | 60,00                      | 0,0152400        | 0,0004997            |
| 30000    | 169,765                        | 64,00                      | 0,0162560        | 0,0005330            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 11,318        | ei =                 | 0,0000375        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>21,351</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 22,635        | eii =                | 0,0000516        |

| Interpolación                  |                  |                      |                |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |                |
| ei =                           | 0,0003706        | Si =                 | 101,859        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0004003</b> | <b>S2 =</b>          | <b>111,733</b> |
| eii =                          | 0,0004047        | Sii =                | 113,177        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 257977 \text{ kg/cm}^2$$

## MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN, A/C=0.60

### Datos de la Probeta:

Diametro = 15,3 cm  
 Area = 183,85 cm<sup>2</sup>  
 Longitud = 30,3 cm  
 Edad : 28 dias  
 Vaceado : 26/06/2008  
 Ensayado : 23/07/2008

Carga Maxima =  
 Esfuerzo Maximo =  
 40% de la carga Max =  
**Esfuerzo del 40% (S2) =**

44385 kg  
 254,7 kg/cm<sup>2</sup>  
 17754 kg  
**96,566 kg/cm<sup>2</sup>**

$$Me = (S2 - S1)/(e1 - e2)$$

ME : Módulo de Elasticidad en (kg/cm<sup>2</sup>).

S2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la Carga Máxima en (kg/cm<sup>2</sup>).

S1 : Esfuerzo Correspondiente a una deformación unitaria "e1".

**e1 : es = 0.000050**

e2 : Deformación unitaria producida por el esfuerzo S2.

| Carga kg | Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) | Deformación Acumulada (cm) | Deformación (cm) | Deformación Unit. ei |
|----------|--------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|
| 2000     | 10,878                         | 4,50                       | 0,0011430        | 0,0000375            |
| 4000     | 21,756                         | 6,80                       | 0,0017272        | 0,0000566            |
| 6000     | 32,635                         | 12,00                      | 0,0030480        | 0,0000999            |
| 8000     | 43,513                         | 18,00                      | 0,0045720        | 0,0001499            |
| 10000    | 54,391                         | 23,00                      | 0,0058420        | 0,0001915            |
| 12000    | 65,269                         | 25,00                      | 0,0063500        | 0,0002082            |
| 14000    | 76,147                         | 30,00                      | 0,0076200        | 0,0002498            |
| 16000    | 87,026                         | 35,30                      | 0,0089662        | 0,0002940            |
| 18000    | 97,904                         | 44,50                      | 0,0113030        | 0,0003706            |
| 20000    | 108,782                        | 54,00                      | 0,0137160        | 0,0004497            |
| 22000    | 119,660                        | 59,10                      | 0,0150114        | 0,0004922            |
| 24000    | 130,538                        | 62,30                      | 0,0158242        | 0,0005188            |
| 26000    | 141,417                        | 65,00                      | 0,0165100        | 0,0005413            |
| 28000    | 152,295                        | 68,00                      | 0,0172720        | 0,0005663            |
| 30000    | 163,173                        | 74,00                      | 0,0187960        | 0,0006163            |

| Interpolación                  |               |                      |                  |
|--------------------------------|---------------|----------------------|------------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |               | Deformación Unitaria |                  |
| Si =                           | 10,878        | ei =                 | 0,0000375        |
| <b>S1 =</b>                    | <b>17,997</b> | <b>e1 =</b>          | <b>0,0000500</b> |
| Sii =                          | 21,756        | eii =                | 0,0000566        |

| Interpolación                  |                  |                      |               |
|--------------------------------|------------------|----------------------|---------------|
| Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  | Deformación Unitaria |               |
| ei =                           | 0,0002940        | Si =                 | 87,026        |
| <b>e2 =</b>                    | <b>0,0003612</b> | <b>S2 =</b>          | <b>96,566</b> |
| eii =                          | 0,0003706        | Sii =                | 97,904        |

Reemplazando datos

$$Me = (S2 - S1)/(e2 - e1)$$

$$Me = 252489 \text{ kg/cm}^2$$