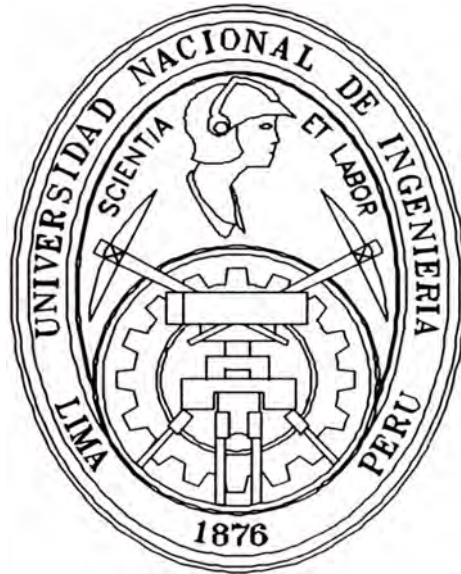


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**“PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON BARITINA Y  
CEMENTO PORTLAND TIPO I”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**KELER ANIBAL GONZALES CRUZ**

**Lima – Perú**  
**2007**

## **Dedicatoria**

### ***A mis padres:***

Ladislao Gonzáles Ortega y  
Felinda Cruz de Gonzáles  
Por haberme brindado todo su  
apoyo y enseñarme que todo es  
posible con esfuerzo y  
constancia, gracias

### ***A mis hermanos:***

Gladiz M. Gonzáles Cruz  
Milka R. Gonzáles Cruz  
Ladislao Gonzáles Cruz  
Luis E. Gonzáles Cruz  
Jhon Christian Colonio  
Gonzáles  
Y en forma muy especial a  
Felinda Gonzáles Cruz  
Quienes supieron brindarme el  
aliento en los momentos muy  
difíciles, siempre los tendré  
presente.  
Así también a la memoria de:  
Mery Flor Gonzáles Cruz.

### ***A mi Primo:***

Emilio Luna Cruz  
Quien con su ejemplo me ha  
inculcado trabajo, humildad y  
empeño para obtener mis  
objetivos.

### ***A mis luceros:***

Norma M. Gonzáles Díaz y  
Kristell M. Gonzáles Gonzáles  
Con todo el aprecio y el inmenso  
amor que les tengo.

## **AGRADECIMIENTO**

Realizar el presente trabajo de investigación demandó mucho esfuerzo y sacrificio, y no hubiera sido posible hacerlo realidad sin el estímulo y apoyo desinteresado de muchas personas.

Agradezco al Ing. Carlos A. Barzola Gastelú, por brindarme los conocimientos en las aulas y apoyarme en la presente investigación; mi gratitud al personal técnico del Laboratorio de Ensayo de Materiales; también mi agradecimiento a la Ing. Luisa E. Shuan Lucas Jefa del Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil, por brindarme el apoyo en realizar los ensayos de Abrasión y Durabilidad de los agregados en estudio, así también mi agradecimiento a todo el personal del Departamento de Construcción, en la persona del Sr. Jorge Talaverano, de la Sra. Rosita y todos aquellos grandes colaboradores.

A mi familia, por apoyarme y brindarme el aliento en los momentos más difíciles y hacer realidad esta tesis.

A mi segunda madre, en la persona de la Sra. Norma Díaz Santa Cruz, mi tía Nelva y mi cuñada Rosa Lourdes Gonzáles Díaz por ese gran apoyo incondicional para lograr mis objetivos.

Finalmente el agradecimiento más noble para mi esposa Norma e hija Kristell por su comprensión e impulso durante el tiempo dedicado a la culminación del presente trabajo de investigación.

Tal vez involuntariamente olvidé mencionar algunas personas, pero de igual manera mi gratitud a todos aquellos que directa o indirectamente impulsaron este trabajo.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: CONCRETOS PESADOS PROTECTORES DE RADIACIONES</b>	
1.1 Breve reseña histórica de la Energía Nuclear.	4
1.2 Peligro de las Radiaciones en la vida humana.	5
1.3 Tolerancias de las Radiaciones Atómicas.	9
1.4 Protección contra las radiaciones.	10
1.4.1 Principios de protección contra las Radiaciones.	10
1.4.2 Protección Radiológica.	11
1.5 Concreto pesado como protector de las Radiaciones.	11
<b>CAPITULO II: ESTUDIO DE LOS MATERIALES</b>	
<b>2.1 Cemento Portland Tipo I - SOL.</b>	<b>14</b>
2.1.1 Conceptos Generales.	14
2.1.2 Características Químicas.	15
2.1.3 Características Físicas.	16
<b>2.2 Agregado Fino de Baritina.</b>	<b>16</b>
2.2.1 Generalidades.	16
2.2.2 Propiedades Físicas.	17
2.2.1.1 Peso Unitario.	17
2.2.1.2 Peso Especifico y Porcentaje de Absorción.	17
2.2.1.3 Granulometría.	17
2.2.1.4 Contenido de humedad.	18
2.2.2.5 Superficie específica y Módulo de finura.	18
2.2.2.6 Cantidad de material que pasa por la malla N° 200.	19
<b>2.3 Agregado Grueso de Baritina.</b>	<b>19</b>
2.3.1 Generalidades.	19
2.3.2 Propiedades Físicas.	19
2.3.2.1 Peso Unitario.	19
2.3.2.2 Peso Especifico y Porcentaje de Absorción.	20
2.3.2.3 Granulometría.	20
2.3.2.4 Contenido de humedad.	21
2.3.2.5 Superficie específica y Módulo de Finura.	21
2.3.2.6 Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal.	21

<b>2.4</b>	<b>Agua.</b>	<b>22</b>
2.4.1	Generalidades.	22
2.4.2	Requisitos.	23
2.4.3	Muestreo para su utilización.	23

### **CAPITULO III: CONCRETO PESADO**

3.1	Generalidades.	25
3.2	Mecanismos de acción de los materiales densos en el concreto pesado	25
3.3	Propiedades del concreto pesado.	26
3.3.1	Consistencia.	26
3.3.2	Trabajabilidad.	26
3.3.3	Resistencia a la compresión.	27
3.4	Preparado y mezclado del concreto pesado.	27
3.4.1	Mezclado.	27
3.4.2	Transporte.	27
3.4.3	Colocación.	27

### **CAPITULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS**

4.1	Generalidades.	30
4.2	Cálculo del Peso Unitario Compactado.	30
4.3	Diseño de mezcla.	33
4.3.1	Características de los agregados.	34
4.3.2	Proceso de diseño.	34
4.3.3	Diseño preliminar.	35
4.3.4	Cantidad definitiva en proporción óptima de los agregados.	42
4.3.5	Ensayo preliminar de compresión para a/c 0.45 y cálculo de la curva óptima de agregados según f'c.	43
4.3.6	Diseño de mezclas final.	45
4.3.6.1	Diseño de mezclas relación a/c 0.40.	45
4.3.6.2	Diseño de mezclas relación a/c 0.45.	46
4.3.6.3	Diseño de mezclas relación a/c 0.50.	47

### **CAPITULO V: PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO**

5.1	Peso Unitario.	50
-----	----------------	----

5.2	Consistencia.	50
5.3	Porcentaje de fluidez.	51
5.4	Contenido de aire.	51
5.5	Exudación.	52
5.6	Tiempo de fraguado.	52

## **CAPITULO VI: PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO**

6.1	Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.	54
6.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral.	55
6.3	Módulo de Elasticidad Estático.	55

## **CAPITULO VII: CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS**

7.1	Resultados de Ensayos del concreto al estado fresco.	58
7.1.1	Ensayo de Peso Unitario.	58
7.1.2	Ensayo de Consistencia.	58
7.1.3	Ensayo de Porcentaje de Fluidez.	59
7.1.4	Ensayo de Contenido de Aire.	59
7.1.5	Ensayo de Exudación.	59
7.1.6	Ensayo de Tiempo de Fraguado.	60
7.2	Resultados de Ensayos del concreto al estado endurecido.	62
7.2.1	Ensayo de Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.	62
7.2.2	Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.	62
7.2.3	Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático.	63
7.2.4	Gráficos de Ensayos al estado fresco.	66
7.2.5	Gráficos de Ensayos al estado endurecido.	79

## **CAPITULO VIII: ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS**

8.1	Análisis al estado fresco.	89
8.1.1	Análisis comparativo en el Peso Unitario.	89
8.1.2	Análisis comparativo en la Consistencia.	90
8.1.3	Análisis comparativo en el Porcentaje de Fluidez.	91
8.1.4	Análisis comparativo en el Contenido de Aire.	91
8.1.5	Análisis comparativo en la Exudación.	92
8.1.6	Análisis comparativo en el Tiempo de Fraguado.	93
8.2	Análisis al estado endurecido.	93

---

8.2.1	Análisis comparativo de la Resistencia a la Compresión.	93
8.2.2	Análisis comparativo de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.	95
8.2.3	Análisis comparativo en el Módulo de Elasticidad Estático.	96
8.2.4	Gráficos comparativos de Ensayos al estado fresco.	98
8.2.5	Gráficos comparativos de Ensayos al estado endurecido.	107
8.3	Análisis comparativo de costos.	116
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>136</b>
<b>PANEL FOTOGRAFICO</b>		<b>193</b>

## INTRODUCCION

Las obras civiles en nuestro medio están relacionadas directamente con el concreto, por lo que el conocimiento de este material debe ser de dominio diario del profesional en la construcción. Nuestro país, cuenta con una variedad de climas y temperaturas, mayor razón para plantear nuevas alternativas en la fabricación del concreto, según el espacio y tiempo.

Es el caso de la fabricación del concreto pesado, el cual es una alternativa para diversas estructuras tales como ambientes expuestos a radiaciones, material de lastre, muros de contención, presas de gravedad, etc.

Se debe tener especial consideración en la construcción de ambientes que estén expuestos a las radiaciones, pues la peligrosidad de las radiaciones radica en su poder de penetración, por lo que se diseñan los concretos pesados, para atenuar el flujo radiactivo.

Sabido es que el concreto pesado es de alta densidad en mérito al aporte de sus agregados, obteniéndose mayor peso unitario del concreto cuanto mayor es el peso específico de sus agregados.

El propósito del presente trabajo de investigación es analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado con baritina, y a su vez realizar un análisis comparativo con un concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

La presente tesis está dividida en nueve capítulos, tratando que las sub divisiones sean las más didácticas posibles.

En el Capítulo I, se realiza una descripción muy concisa de los fenómenos radiactivos, su peligrosidad y alternativa de protección.

En el capítulo II, se realiza una presentación y resultados de los diversos ensayos realizados a los materiales componentes del concreto pesado, tales como cemento portland tipo I-Sol, agregado fino y agregado grueso de baritina y el agua.

En el Capítulo III, se detalla la fabricación, transporte y colocación del concreto pesado.



En el Capítulo IV, trata sobre el diseño de mezclas y sus variaciones utilizados en el estudio.

En el Capítulo V, se describe detalladamente las propiedades del concreto pesado al estado fresco.

En el Capítulo VI, se describe detalladamente las propiedades del concreto pesado al estado endurecido.

En el Capítulo VII, se analiza los resultados obtenidos sobre la base de los diversos ensayos realizados, tanto al estado fresco como al endurecido.

En el Capítulo VIII, se realiza unos análisis comparativos cuantitativa y gráficamente de todos los resultados obtenidos en el concreto pesados con baritina con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones que se puedan brindar del estudio realizado.

**CAPITULO I**  
**CONCRETOS PESADOS**  
**PROTECTORES DE RADIACIONES**

## CAPITULO I

### CONCRETOS PESADOS PROTECTORES DE RADIACIONES

#### 1.1 Breve reseña histórica de la Energía Nuclear

Una de las fuentes de energía más modernas y que sin lugar a dudas ha generado más polémica, es sin duda la energía nuclear.

Se puede obtener energía nuclear de dos formas diferentes: mediante FUSION, y mediante FISION nuclear. La primera está en investigación, y se obtiene en laboratorios, ya que en este proceso se emplea más energía en la fabricación que, en el resultado final y por ello, todavía no es viable. La fisión es la que se emplea actualmente en las centrales nucleares.

Ahora, un poco de historia. Todo comenzó cuando Albert Einstein descubrió su famosa fórmula  $E = MC^2$ , donde E es la Energía liberada, M la diferencia de masa o incremento, y C es la velocidad de la luz. Esta ecuación significa que la masa se puede transformar en energía y, la energía en masa. Según esta fórmula, cuando en un proceso se pierde masa, esta no desaparece sólo se transforma en energía. Según dicha fórmula, una pequeña cantidad de masa, libera gran cantidad de energía, pues la velocidad de la luz al cuadrado es:  $9 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{seg}^2$ , que al multiplicarlo por la masa, resulta una energía grande en comparación con la masa transformada.

Por ejemplo, si se transforma un miligramo de masa en energía, tenemos que la Energía liberada es:

$$\begin{aligned} E &= 0.000001\text{Kg} \times 9 \times 10^{16} \\ &= 90,000'000,000 \text{ julios} \\ &= 90 \text{ giga julios.} \end{aligned}$$

Para hacerse una idea de la energía desprendida, supongamos que tenemos un reactor nuclear que es capaz de transformar un miligramo de masa en energía en una hora, y que se aprovecha toda la energía. Pues bien, la potencia sería  $W = E/T$

Donde:

E = energía

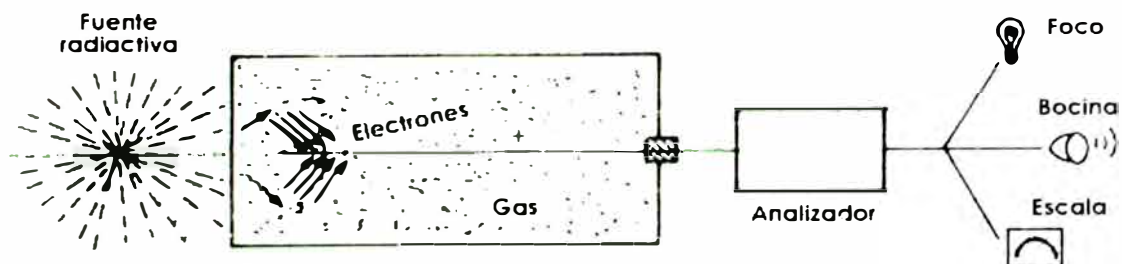
T = tiempo

⇒ Una hora son 3,600 seg.

Luego

$$W = 90,000'000,000 / 3,600 = 25'000,000 \text{ watios} = 25 \text{ megawatios.}$$

Sabiendo que una vivienda convencional, consume unos 3,3 kilowatios x hora, entonces con la energía calculada se podría satisfacer la necesidad energética de 7,576 hogares (téngase en cuenta que hay televisión, horno, frigorífico, estufa, aunque si consideramos que no llegan a la máxima potencia, pues casi nunca se llega a 3300 watios/hora, y que por la noche apenas consumen energía, se podría satisfacer a más del doble de hogares). La primera aplicación práctica fue la bomba atómica, en la cual se liberó una energía de 12 kilotonnes (energía equivalente a 12,000 toneladas de explosivo TNT), destruyendo una ciudad entera. Esta es una forma de liberación de energía de forma incontrolada. En las centrales nucleares, el proceso está controlado, de forma que la energía no sea gigantesca, ya que destruiría el reactor, y se transformaría en una bomba atómica.



## 1.2 Peligro de las Radiaciones en la vida humana

Apenas descubiertos los rayos X y la Radiactividad artificial, hacia fines del siglo XIX, se reconocieron inmediatamente que las radiaciones nucleares podían producir efectos nocivos sobre los organismos vivos. Unas veces por ignorancia y otras por circunstancias accidentales, empezaron a conocerse casos de lesiones ocurridas a radiólogos y otras personas sometidas a dosis excesivas de radiaciones nucleares.

Así también cuando se establecieron los planes de construcción de los primeros reactores nucleares, se comprendió claramente que el funcionamiento de los mismos implicaría riesgos de irradiación de un orden de magnitud desconocido hasta entonces, y que sería preciso adoptar precauciones especiales para la protección del personal.

Se sabe que la irradiación puede ser producida por fuentes externas o bien por materiales radiactivos que han penetrado en el interior del cuerpo, ya sea por inhalación, por ingestión o por absorción a través de la piel, generando lesiones las mismas que varían desde ligeras quemaduras en la piel hasta el sarcoma óseo y muerte prematura.

### **Efectos biológicos de las Radiaciones**

En definitiva, los efectos biológicos de una radiación nuclear pueden atribuirse, en gran parte, a la ionización y excitación electrónica, capaces de provocar la destrucción de ciertas moléculas (proteínas por ejemplo) que juegan un papel importante en el funcionamiento de las células vivas.

A pesar que los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son por lo general bien conocidos, no se ha podido explicar todavía todos los mecanismos de acción. En términos muy amplios, es sabido que intervienen una serie de procesos cuando se deposita energía radiactiva en los tejidos vivos. Las reacciones primarias se producen a brevísimo plazo en la estructura celular y son el resultado ya sea de la acción física directa causante de la ionización y/o la excitación de la molécula, o de la acción indirecta, con la producción por ionización de radicales libres sumamente reactivos, que pueden a su vez provocar lesiones en dichas moléculas. El resultado de las lesiones moleculares son alteraciones estructurales y funcionales de las células irradiadas mediante una cadena de reacciones secundarias que se pueden prolongar durante mucho tiempo después de las irradiaciones.

Los efectos perjudiciales de la radiación en el hombre se clasifica en:

**Somáticos.-** Si afecta a células somáticas y por lo tanto, se manifiesta en la persona expuesta.

**Genéticos o hereditarios.-** Si afectan a las células germinales y en consecuencia aparecen en los descendientes de las personas irradiadas.

A continuación vamos a detallar la interacción de algunas partículas radiactivas tales como alfa, beta y gamma con la materia.

### **Interacción de partículas alfa con la materia.**

Las partículas alfa son sometidas principalmente por los núcleos radiactivos de elevado Número Atómico. Cuando una partícula pesada y cargada como es el caso de la partícula alfa, interacciona fundamentalmente con los electrones atómicos no sufre desviación apreciable, debido a su gran masa.

Su trayectoria viene a ser una línea recta. Si la sustancia atravesada es un gas monoatómico, prácticamente toda la energía de la partícula se emplea en ionizar dicho gas; en cambio con moléculas más complejas una parte apreciable de la energía se invierte en excitación o disociación de tales moléculas.

#### **Interacción de partículas beta con la materia.**

Las partículas beta debido a su pequeña masa sufre desviaciones notables al interaccionar o chocar con electrones o núcleos atómicos, y a la vez producen ionización, siendo esta forma donde se pierde la mayor parte de su energía.

Las partículas beta debido a que sufren una serie de desviaciones, tienen una trayectoria irregular, y la profundidad de penetración de varias partículas beta de la misma energía, en una misma materia, pueden ser muy distinta.

Las partículas beta emitidas por núcleos radiactivos de la misma especie, pueden tener una energía inicial variable, de manera continua entre cero y un máximo bien definido, característico del isótopo en cuestión. Es este valor máximo el que define el alcance de la radiación beta con una determinada sustancia.

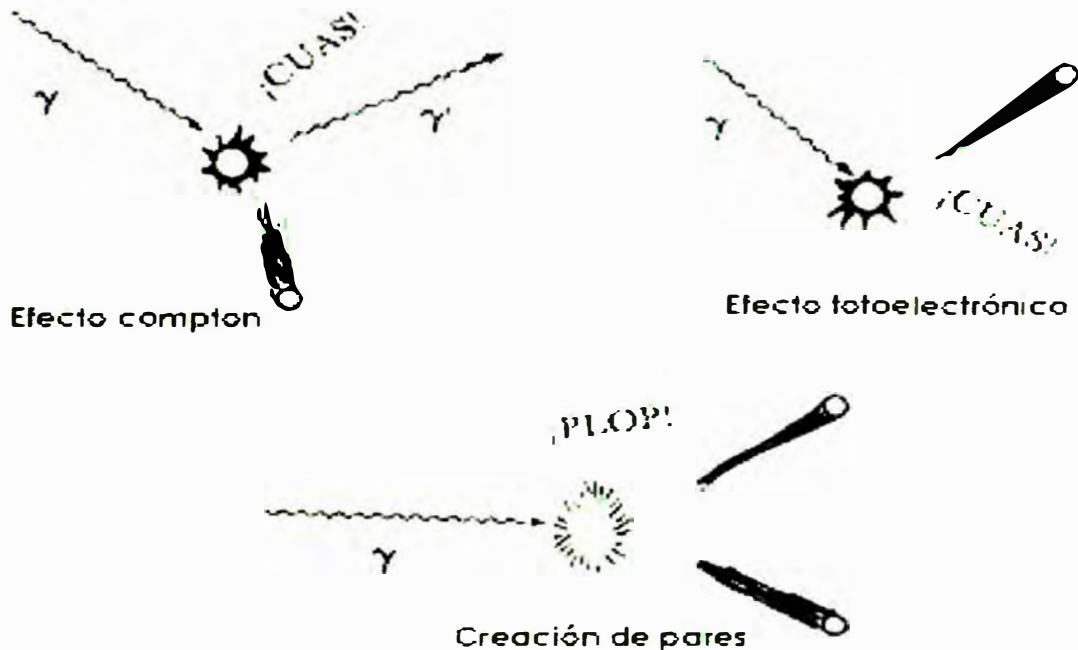
#### **Interacción de partículas gamma con la materia.**

La interacción de la radiación gamma con la materia es más compleja que las radiaciones alfa y beta. En general la interacción directa da lugar a la liberación de electrones secundarios. Esta interacción directa puede efectuarse por cualquier de los tres procesos siguientes: Efecto Fotoeléctrico, efecto Compton y creaciones de pares.

En el efecto fotoeléctrico el rayo gamma es completamente absorbido y toda su energía es comunicada a un electrón, el cual escapa del átomo al que esta ligado, con una energía de ligadura del átomo. En cuanto a su dependencia con la energía de los fotones gamma incidente, la probabilidad de que tenga lugar el efecto fotoeléctrico es notablemente mayor a energías bajas.

En el efecto Compton el fotón gamma incidente sólo cede al electrón libre una parte de su energía convirtiéndose en otro fotón de menor energía y por tanto de menor frecuencia, a la vez que es desviado de su trayectoria inicial. Esta interacción viene regida por los principios de conservación de la energía y de la cantidad de movimiento.

En la creación de pares el fotón gamma desaparece totalmente y en su lugar aparece un electrón y un positrón. Se trata de una transformación de energía a materia, de acuerdo con la formula de Equivalencia de Einstein ( $E = MC^2$ ). La suma de las masas en reposo del electrón y positrón equivalen a una energía de 1.02 MeV, que es la energía mínima de la radiación gamma para que pueda tener el efecto de creación de pares.



#### Características generales de la lesión Radiológica

Los efectos observables de la exposición a las radiaciones varían ampliamente, según las circunstancias que rodean a cada caso, y, en cierto grado, según la susceptibilidad del individuo. Entre los factores que influyen sobre los resultados, figuran la magnitud y distribución temporal de la dosis de radiación, su distribución geométrica en el interior del cuerpo, el tipo de radiación y la edad del individuo (o intervalo de edad) sometido a la exposición. Por lo tanto las posibles consecuencias de una exposición crónica son las siguientes:

- 1.- Leucopenia.
- 2.- Anemia.
- 3.- Alteraciones detrimenales en la estructura de los tejidos.
- 4.- Leucemia.
- 5.- Tumores malignos.

6.- Cataratas.

7.- Aumento de la frecuencia media de mutaciones genéticas.

### 1.3 Tolerancias de las Radiaciones Atómicas

Con el fin de correlacionar la extensión de la lesión radiológica con la magnitud de la dosis recibida, es necesario expresar esta dosis en función de unidades aceptables y reproducibles.

Para lo que previamente vamos a citar algunas definiciones básicas:

Actividad.- Es el número medio de transformaciones nucleares espontáneas que se producen por unidad de tiempo.

Bequerel.- Es la unidad de actividad en el sistema internacional (SI) se define como una desintegración por segundo.

1 Bq = 1 desintegración x segundo

1 Bq =  $2.703 \times 10^{-11}$  Ci

Dosis.- Es la medida de la radiación recibida o absorbida por un blanco. Se expresa actualmente en forma de magnitudes tales como la dosis absorbida y la equivalente.

Limite anual de Incorporación.- Es el valor de la incorporación de un radio nucleido determinado durante un año, en el hombre de referencia, que se traducirá bien en una dosis equivalente efectiva integrada durante 50 años de 50 mSv, o bien de una dosis equivalente integrada durante 50 años, en el cristalino de 150 mSv o, en cualquier otro órgano o tejido.

Dosis absorbida.- Es una medida de la energía integrada en el punto de interés sobre el material situado en dicho punto. La unidad de dosis absorbidas es el Gray (Gy).

Dosis Equivalente (H).- Es una indicación de riesgo biológico previsible y para los efectos de protección radiológica se define como el punto DQN en el punto de interés de un tejido, siendo D la dosis absorbida, Q el factor de calidad y N el producto de cualquier otro factor modicativo.

Donde:

$N = 1$

$\Rightarrow H = D \times Q$

La unidad de dosis equivalente es el sievert (Sv)

1Sv = 1 Joul/kg



Por lo tanto tomando como base la información recibida de radiólogos, técnicos de rayos X, etc., de las lesiones biológicas producidas por el radio, de los experimentos realizados con animales y de otras fuentes, se han recomendado las siguientes normas de protección contra las radiaciones.

Para personas con exposición habitual, la dosis no debe exceder de 0.03 Sv en cualquier período de 13 semanas o de 0.12 Sv por año. Sin embargo, con objeto de reducir al mínimo los efectos genéticos de las radiaciones nucleares, la dosis acumulada a lo largo de varios años no deberá exceder de un total de  $0.05 \times (N-18)$  Sv, siendo N la edad de la persona. Esto significa que, en efecto, la dosis media correspondiente a un período de varios años no debe superar los 0.05 Sv por año.

#### **1.4 Protección contra las radiaciones**

De lo que se expuso líneas arriba, se debe tomar muy en cuenta el sistema de protección contra las radiaciones, las cuales deben estar enmarcadas dentro de las normas y la legislación establecida.

Una de las instituciones gubernamentales internacionales, vigilante del sistema de protección contra las radiaciones como es la, Comisión Internacional de Protección Radiológica, regulado por la Organización de las Naciones Unidas aprobó un conjunto de recomendaciones para actualizar y desarrollar sus principios establecidos de protección radiológica, las cuales detallamos a continuación.

##### **1.4.1 Principios de protección contra las radiaciones**

El sistema de protección recomendado por la Comisión Internacional de protección Radiológica son los siguientes:

- 1.- Las prácticas deberían producir un beneficio suficiente para compensar el detrimento causado por la radiación.
- 2.- En relación con una fuente cualquiera utilizada en una práctica la magnitud de las dosis individuales, el número de exposiciones, cuando no es seguro que se reciban, las exposiciones se reducirán al valor mas bajo que pueda ser razonablemente alcanzar, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales. Este procedimiento debería estar sujeto a restricciones con respecto a la dosis individual, o a los riesgos de los individuos en el caso de exposiciones

potenciales, de modo que se limite la falta de equidad resultante probablemente de juicios económicos y sociales inherentes.

3.- La exposición individual atribuible a todas las fuentes susceptibles de control está sometida a límites de dosis y a cierto control de riesgo derivado de exposiciones potenciales.

#### **1.4.2 Protección Radiológica**

Actualmente se sabe que, los alcances y aplicaciones de la Energía Nuclear son muy amplias e importantes para el desarrollo de una región, entonces deben tomarse todas las medidas de seguridad para salvaguardar y proteger la vida humana, en ese contexto respecto a riesgos de irradiación, exige que se proyecten sistemas de protección adecuados para los ambientes expuestos a radiaciones y para todos los elementos componentes del mismo. Esto implica un conjunto de medidas de seguridad dentro y fuera de los ambientes expuestos a radiaciones, así también equipar al personal de instrumentos de monitoreo de elementos radiactivos y por último realizar inspecciones periódicas por personal calificado con instrumentos detectores de precisión.

#### **1.5 Concreto pesado como protector de las radiaciones**

Cuando se proyecta ambientes que han de estar expuesto a radiaciones, hay que tener presente la necesidad de atenuar las mismas, mediante alguna forma de blindaje, para lo cual se debe tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- 1.- Moderación de neutrones rápidos.
- 2.- Captura de los neutrones moderados.
- 3.- Atenuación de todas las formas de radiación gamma.

En ese sentido el concreto pesado es altamente recomendable, es resistente, económico y se adapta a los diversos tipos de construcción. Por esta razón el concreto pesado se utiliza más que ningún otro material para el blindaje de ambientes que han de estar expuestos a las radiaciones, por lo que el presente estudio pretende evaluar las propiedades del concreto pesado, y así plantear una alternativa de construcción.

Para la protección de reactores en casos especiales, se han ideado varios tipos de concreto pesado, cuya densidad es más elevada que la normal.

Mediante estos concretos pesados se pueden alcanzar un grado determinado de atenuación de neutrones y rayos gamma con un espesor menor que el de un concreto normal.

Sobre la base de medidas experimentales en diversos materiales de blindaje o protección la atenuación puede realizarse con valores constantes de la longitud de relajación, entendiéndose por Longitud de Relajación como el espesor de blindaje capaz de reducir cierta propiedad de la radiación. A continuación se muestra la tabla N° 1.5 de las diversas longitudes de relajación.

Tabla N° 1.5 Longitudes de Relajación para Neutrones Rápidos y para Rayos Gamma de 4 y 8 MeV. (\*)

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Longitud de Relajación (cm)		
		Neutrones Rápidos	Rayos Gamma 4 MeV	Rayos Gamma 8 MeV
Agua	1000	10.00	30.00	40.00
Grafito	1620	9.00	19.00	25.00
Berilio	1850	9.00	20.00	30.00
Oxido de Berilio	2300	9.00	18.00	25.00
Concreto normal	2300	12.00	10.00	18.00
Aluminio	2700	10.00	13.00	17.00
<b>Concreto de Baritina</b>	<b>3500</b>	<b>9.50</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>
Concreto de Hierro	4300	6.30	8.00	10.00
Hierro	7800	6.00	3.7	4.40
Plomo	11300	9.00	2.4	1.90

(\*) Fuente "Ingeniería de Reactores Nucleares" - Samuel Glasstone y Alexander Sesonske (1995)

**CAPITULO II**  
**ESTUDIO DE LOS MATERIALES**

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LOS MATERIALES

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agregados, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no sólo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de sus componentes y la interrelación entre ellas.

Por lo que el presente capítulo detallará ampliamente los conceptos y propiedades de los materiales empleados en la presente tesis.

En este estudio se utilizó los siguientes materiales:

- Cemento Portland Tipo I – Sol
- Agregado Fino de Baritina
- Agregado Grueso de Baritina
- Agregado Fino Normal
- Agua

#### 2.1 CEMENTO PORTLAND TIPO I-SOL

El cemento es uno de los ingredientes del concreto. Sus primeros usos datan de los inicios de 1800 y, desde entonces, el cemento se ha convertido en el material más usado en el mundo.

Su inventor le dio ese nombre porque el concreto ya curado es del mismo color que una piedra caliza que se obtiene cerca de Portland, Inglaterra.

Para el presente trabajo de investigación se uso el **Cemento Portland Tipo I – Sol**.

##### 2.1.1 Conceptos Generales

El cemento es una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice, alúmina, y la adición de un 5% de yeso. Las fuentes más comunes donde se pueden obtener estos materiales son, la piedra caliza, esquisto y

mineral de hierro. Esta mezcla se introduce a un horno de secar y se pulveriza hasta convertirlo en un fino polvo, se empaca y se pone a la venta.

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aún estando inmersos en ella, característica que los distingue de los cementantes aéreos que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire.

### 2.1.2 Características Químicas

Según los análisis químicos realizados al Cemento Portland Tipo I "Sol", existen componentes y compuestos principales las mismas que se detalla en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 2.01: Características Químicas del Cemento Portland tipo I Sol (\*)**

<b>Características Químicas</b>	<b>Cemento Tipo I Sol</b>
Oxido de calcio CaO (%)	63.20
Dióxido de silicio SiO <sub>2</sub> (%)	19.79
Oxido de Aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	6.15
Oxido de Hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.82
Oxido de Potasio K <sub>2</sub> O (%)	0.96
Oxido de Sodio Na <sub>2</sub> O (%)	0.28
Trióxido de Azufre SO <sub>3</sub> (%)	2.58
Oxido de Magnesio MgO (%)	3.16
Cal libre (%)	0.52
Pérdida por Ignición (%)	0.80
Residuo Insoluble (%)	0.62
Silicato Tricálcico C3S (%)	54.18
Silicato Dicálcico C2S (%)	15.87
Aluminato Tricálcico C3A (%)	11.53
Ferroaluminato Tetracálcico C4AF	8.57

(\*) Fuente "Tópicos de Tecnología del Concreto" – Pasquel (1998)

### 2.1.3 Características Físicas

El cemento utilizado en la siguiente tesis presenta las siguientes características físicas, cuyos valores se detallan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 2.02: Características Físicas del Cemento Portland tipo I Sol (\*)**

<b>Características Físicas</b>	<b>Cemento Tipo I Sol</b>
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.11
Fineza malla 100 (%)	0.04
Fineza malla 200 (%)	4.14
Superficie específica Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	3477
Contenido de aire (%)	9.99
Expansión en Autoclave (%)	0.18
Fraguado inicial Vicat	1hr 49'
Fraguado final Vicat	3hr 29'
f <sub>c</sub> a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	254
f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	301
f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	357
Calor hidratación a 7 días (cal/gr)	70.60
Calor hidratación a 28 días (cal/gr)	84.30

(\*) Fuente "Tópicos de Tecnología del Concreto" – Pasquel. (1998)

## 2.2 Agregado Fino de Baritina

### Definición.-

Se define como agregado fino a aquél proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9.5mm o 3/8" y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

### 2.2.1 Generalidades

La baritina empleada, proviene de las minas del distrito de San Rafael, provincia de Ambo, Departamento de Huánuco a 355 Km. de la ciudad de Lima.

La roca en estudio inicialmente tenía dimensiones que oscilaban entre 2" a 3", por lo que se tuvo que realizar una molienda, mediante herramientas manuales, hasta lograr el agregado fino de Baritina, cumpliendo con las consideraciones siguientes:

Las partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.

Así también el agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

## **2.2.2 Propiedades Físicas**

En el presente estudio se investigó las siguientes propiedades físicas:

### **2.2.2.1 Peso Unitario**

Norma a consultar:

NTP 400.017

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos los resultados son los siguientes:

Peso Unitario Suelto (PUS) = 2611.22 kg/m<sup>3</sup>

Peso Unitario Compactado (PUC) = 3066.93 kg/m<sup>3</sup>

### **2.2.2.2 Peso Específico y Porcentaje de Absorción**

Norma a consultar:

NTP 400.022

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos los resultados son los siguientes:

Peso específico = 4.08 gr/cm<sup>3</sup>

Porcentaje de Absorción = 0.3 %

### **2.2.2.3 Granulometría**

Normas a consultar:

NPT 400.012

ASTM C-33



**Resultados**

Luego de realizar los ensayos respectivos se muestra los resultados en el cuadro N° 2.03

**Cuadro N° 2.03: Distribución granulométrica del agregado fino de baritina**

Mallas	Muestra total	Granulometría del Agregado Fino de Baritina			
		Σ Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Ret. Ac.	(%) Pasa Ac.
N° 4	142.00		9.47	9.47	90.53
N° 8	291.50		19.43	28.90	71.10
N° 16	286.00		19.07	47.97	52.03
N° 30	211.00		14.07	62.03	37.97
N° 50	174.00		11.60	73.63	26.37
N° 100	139.50		9.30	82.93	17.07
Fondo	256.00		17.07	100.00	0.00

**2.2.2.4 Contenido de humedad**

Norma a consultar

ASTM C-566

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos el resultado es el siguiente:

Contenido de humedad ( $\omega$ ) = 0.70 %

**2.2.2.5 Superficie Específica y Módulo de Finura**

Normas a consultar

NTP 400.012

ASTM C-136

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos el resultado es el siguiente:

Superficie específica = 26.886 cm<sup>2</sup>/gr

MF = 3.05

### **2.2.2.6 Cantidad de material que pasa por la malla N° 200**

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos el resultado es el siguiente:

Material que pasa la malla 200 = 5.78 %

## **2.3 Agregado Grueso de Baritina**

### **Definición.-**

Es el agregado retenido en el tamiz 4.75mm o N° 4 proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y que cumple con los límites establecidos en la norma.

### **2.3.1 Generalidades**

La baritina empleada, proviene de las minas del distrito de San Rafael, provincia de Ambo, Departamento de Huánuco a 355 Km. de la ciudad de Lima.

Las formas que presentan las partículas en estudio, varían entre angular y semi-angular, de color marrón con brillo vítreo, se puede observar que las partículas mayores presentan en su superficie granos finos, por lo que fue necesario lavar los agregados.

La roca en estudio inicialmente tenía dimensiones que oscilaban entre 2" a 3", por lo que se tuvo que realizar una molienda, mediante herramientas manuales, hasta lograr el agregado grueso de Baritina, cumpliendo con las consideraciones siguientes:

Las partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistente, y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deberán ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### **2.3.2 Propiedades Físicas**

En el presente estudio se investigó las siguientes propiedades físicas:

#### **2.3.2.1 Peso Unitario**

Norma a consultar:

NTP 400.017

### Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos los resultados son los siguientes:

Peso Unitario Suelto (PUS) = 2191.92 kg/cm<sup>3</sup>

Peso Unitario Compactado (PUC) = 2398.12 kg/cm<sup>3</sup>

#### 2.3.2.2 Peso Específico y Porcentaje de Absorción

Norma a consultar:

NTP 400.021

### Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos los resultados son los siguientes:

Peso específico = 3.98 gr/cm<sup>3</sup>

Porcentaje de Absorción = 1.15 %

#### 2.3.2.3 Granulometría

Normas a consultar:

NPT 400.012

ASTM C-33

### Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos se muestra los resultados en el cuadro N° 2.04

**Cuadro N° 2.04: Distribución granulométrica del agregado grueso de baritina**

Mallas	Muestra total	Granulometría del Agregado Grueso de Baritina		
	Σ Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Ret. Ac.	(%) Pasa Ac.
1"	61.62	0.21	0.21	99.79
¾"	4556.79	15.19	15.39	84.61
½"	11558.30	38.53	53.92	46.08
3/8"	6451.66	21.51	75.43	24.57
N° 4	5886.32	19.62	95.05	4.95
Fondo (N° 8)	1485.31	4.95	100.00	0.00

#### **2.3.2.4 Contenido de humedad**

Norma a consultar

ASTM C-566

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos el resultado es el siguiente:

Contenido de humedad ( $\omega$ ) = 0.55 %

#### **2.3.2.5 Superficie Específica y Módulo de Finura**

Normas a consultar

NTP 400.012

ASTM C-136

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos el resultado es el siguiente:

Superficie específica = 0.623 cm<sup>2</sup>/gr

MF = 6.86

#### **2.3.2.6 Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal**

Norma a consultar

NTP 400.037

Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos los resultados son los siguientes:

TM = 1 1/2"

TMN = 1"

**Cuadro N° 2.05 Resumen de las propiedades físicas de los agregados.**

Propiedades Físicas	Unid	Agregado Fino de Baritina	Agregado Grueso de Baritina
Peso Unitario Suelto (PUS)	kg/m <sup>3</sup>	2611.22	2191.92
Peso Unitario Compactado (PUC)	kg/m <sup>3</sup>	3066.93	2398.12
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	4.07	3.94
Peso específico de masa saturado	gr/cm <sup>3</sup>	4.08	3.98
Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	4.11	4.12
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /gr	26.883	0.623
Módulo de finura (MF)		3.05	6.86
Porcentaje de absorción	%	0.30	1.15
Contenido de humedad (w)	%	0.70	0.55
Cantidad que pasa la malla 200	%	5.78	--
Tamaño Máximo Nominal	pulg.	--	1"

Cabe indicar que el desarrollo detallado de los diversos ensayos para los agregados, se describe en la sección correspondiente a los anexos.

**2.4 Agua**

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el cemento para lograr lo siguiente:

- La formación del gel.
- Permitir que el concreto en el estado fresco faciliten una adecuada manipulación y colocación.
- Así también permitir que el concreto en el estado endurecido la conviertan en un producto de propiedades y características deseadas.

**2.4.1 Generalidades**

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. Para efectos del presente trabajo de investigación se utilizó el agua potable correspondiente a la Red General de

Distribución de la UNI, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

### 2.4.2 Requisitos

Norma a consultar

NTP 339.088

A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto.

Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
PH	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

### 2.4.3 Muestreo para su utilización

Norma a consultar

NTP 339.070

ASTM D-75

La cual debe tener en consideración:

- La frecuencia de la toma de muestras lo determinará la supervisión
- Las muestras remitidas al Laboratorio serán representativas del agua tal como será empleada.
- Si existiera duda de la representatividad de la muestra, se deberán tomar muestras periódicas a distintas edades y días o eventualmente, a la misma hora en distintos lugares.
- Cada muestra tendrá un volumen mínimo de cinco litros.

# **CAPITULO III**

## **CONCRETO PESADO**

## CAPITULO III

### CONCRETO PESADO

Este concreto es producido con agregados especiales, lográndose pesos unitarios que oscilan usualmente en el rango de 2,700 a 5,800 kg/m<sup>3</sup>. El concreto pesado es usado generalmente como una pantalla protectora contra la radiación, pero es también empleado como contrapeso y otras aplicaciones donde la alta densidad es importante.

#### 3.1 Generalidades

El concreto normal cuyo peso unitario es del orden de 2,400 kg/m<sup>3</sup> atenúa el flujo radiactivo dependiendo del espesor de la estructura, es decir se requieren espesores sumamente grandes para ser efectivos en esta función. Por lo que se desarrollaron los concretos pesados, en que por su mayor densidad, producen atenuación con espesores muchos menores.

#### 3.2 Mecanismos de acción de los materiales densos en el concreto pesado

Sabido es que el agregado tiene influencia determinante sobre las propiedades del concreto tanto en su estado plástico como ya endurecido.

Además de los efectos específicos sobre las diversas propiedades del concreto, las características físicas, químicas y mecánicas de los agregados tienen efectos importantes no solo en el acabado y calidad final del concreto; sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios de volumen y peso unitario del concreto endurecido.

El principal componente para poder obtener concretos pesados radica en los agregados, cuanto mayor sea el peso específico de los agregados mayor será la densidad del concreto fabricado.

En la elaboración de estos concretos por lo general se utilizan agregados cuyos pesos específicos oscilan entre 3.4 y 7.5, dependiendo del peso unitario que se desea obtener para el concreto y las condiciones particulares de la atenuación que se especifique.



A continuación en la tabla N° 3.01 se muestran algunos agregados de alta densidad, que son usados para producir concretos pesados:

**Tabla N° 3.01: Agregados de alta densidad**

Tipo de Agregado	Peso Especifico	P.U. del Concreto Pesado (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
Ilmetita, Hematita, Magnetita	4.2 a 5.0	3,800 a 4000
Acero, Hierro	6.5 a 7.5	5,200 a 5,800

(\*) Fuente "Tópicos de Tecnología del Concreto" – Pasquel. (1998)

### 3.3 Propiedades del concreto pesado

Para cada caso particular de empleo se requieren en el concreto determinadas propiedades. Es por ello el conocimiento de todas y cada una de sus propiedades, así como la interrelación entre ellas.

#### 3.3.1 Consistencia

De manera general la consistencia viene dada por el grado de fluidez de una mezcla, y esto se consigue por la mayor o menor cantidad de agua que a ella se haya adicionado.

#### 3.3.2 Trabajabilidad

La trabajabilidad se define como la capacidad del concreto para ser colocado y consolidado adecuadamente, así también para hacer acabados sin segregación dañina.

El término trabajabilidad es relativo, ya que un concreto satisfactoriamente trabajable para una condición dada, puede que no lo sea para otras condiciones distintas. Por lo que finalmente podemos decir que la trabajabilidad es afectada por la granulometría, perfil y proporciones del agregado, la cantidad de cemento, la presencia de aire y la consistencia de la mezcla.

### **3.3.3 Resistencia a la compresión**

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, la misma que depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de la relación agua / cemento.

Un factor indirecto, lo constituye también el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegarían a desarrollar completamente las características del concreto.

## **3.4 Preparado y mezclado del concreto pesado**

En general para conseguir un buen concreto, no se requieren mayores cambios en la practica del concreto normal, aunque si se debe tener sumo cuidado de adaptar los diversos procedimientos al tipo de mezcla a usar.

### **3.4.1 Mezclado**

El equipo normal de mezclado también podrá ser utilizado para mezclar concreto pesado, debiendo tener presente no sobrecargarlo, ya que los agregados son de alta densidad y dichos equipos fueron diseñados para concretos de peso normal.

Con respecto al tiempo de mezclado para el concreto pesado no deberá ser menor de 1.5 minutos y 1 minuto de remezclado.

En lo que respecta a la descarga de la mezcladora, deberá evitarse la separación del agregado grueso del mortero.

### **3.4.2 Transporte**

El transporte de la mezcla desde el equipo mezclador hasta la ubicación final, deberá ser el menor tiempo posible empleando medios que eviten la segregación y una prematura consolidación del concreto.

### **3.4.3 Colocación**

Se deberá considerar cuidadosamente los métodos de colocación de la mezcla, tanto en el diseño como en la construcción de estructuras con concreto pesado.

La elección del método de colocación adecuado depende de muchos factores, tales como densidad de los agregados, composición de la mezcla requerida, cantidad de concreto, encofrados.

# **CAPITULO IV**

## **DISENO DE MEZCLAS**

## CAPITULO IV

### DISEÑO DE MEZCLAS

#### 4.1 Generalidades

El diseño de mezclas es el procedimiento en el cual se determina las cantidades a usarse de cada material que conformará la mezcla de concreto y tiene como objetivo obtener un concreto que cumpla con las especificaciones técnicas de un determinado proyecto, tanto en el estado fresco como en el endurecido.

Existen diversos métodos de diseños de mezclas de concreto, y la aplicación de estos, se han desarrollado sobre la base de experiencias realizadas por los investigadores, los cuales han elaborado diversas tablas, y factores.

Sin embargo, muchas veces la experiencia general y propia ha demostrado que la aplicación de estas recomendaciones no nos conducen a obtener los resultados previstos por las mismas; esto debido a que dichas tablas y factores fueron desarrollados con materiales y condiciones propias del medio en el que fueron realizadas. Aun así estos métodos y tablas constituyen una guía para realizar mezclas de prueba con los materiales que se van a utilizar, y que posteriormente realizado los ajustes determinar el diseño final la misma que cumpla con nuestros requerimientos.

Para el presente trabajo de investigación, se siguió la secuencia del Método del Agregado Global, y el Ensayo del Peso Unitario Compactado.

#### 4.2 Cálculo del Peso Unitario Compactado

La proporción de los agregados se obtienen a partir del máximo peso unitario compactado del agregado global, para lo cual se siguen los siguientes pasos:

- Se combina el agregado fino y grueso en diferentes proporciones realizándose ensayos de peso unitario compactado del agregado global.
- Se obtiene el máximo valor del peso unitario compactado del agregado global.

- Se presume que la combinación que dé el mayor peso unitario compactado del agregado global es la que dará una mayor compacidad entre los agregados y por ende una mayor compacidad en el concreto, dando lugar en este al menor número de vacíos y en consecuencia se obtendrá la mayor resistencia y mejor calidad.
- Se establece un rango de mayor compacidad en torno al máximo peso unitario compactado del agregado global. Este rango está compuesto por tres combinaciones del agregado global.

En este caso particular, se pesó en la balanza un total de 40 kg de Agregado fino de Baritina (AFB) y 40 kg de Agregado Grueso de Baritina (AGB), iniciando la combinación con el 40% de agregado fino y 60% de agregado grueso, y variando los porcentajes establecidos, se determina los demás pesos, de modo que así se pueda obtener el peso unitario para todas las proporciones.

El cuadro que se muestra a continuación, representa los pesos secos de cada muestra global.

**Cuadro N° 4.01: Combinaciones del Agregado Global**

% de AFB	Peso seco de AFB	% de AGB	Peso seco de AGB
40%	32	60%	48
45%	36	55%	44
50%	40	50%	40
55%	44	45%	36
60%	48	40%	32

Leyenda:

AFB.- Agregado Fino de Baritina

AGB.- Agregado Grueso de Baritina

Para el cálculo del Peso Unitario Global Compactado que es lo que nos interesa, se utilizó el balde de ½ pie<sup>3</sup> para cada combinación muestral, se mezcla el agregado fino y el agregado grueso vigorosamente con una pala, procediendo luego a su cuarteo y llenando el recipiente en tres (3) capas con el material combinado, cada capa será chuceada con 25 golpes, con una barilla de 60cm de acero y vibrado, dándole unos golpes en la parte periférica, se llena un poco más del ras del balde y se procede a su enrasado para luego pesarlo.

### Resultados

Luego de realizar los ensayos respectivos se muestra los resultados en el siguiente cuadro.

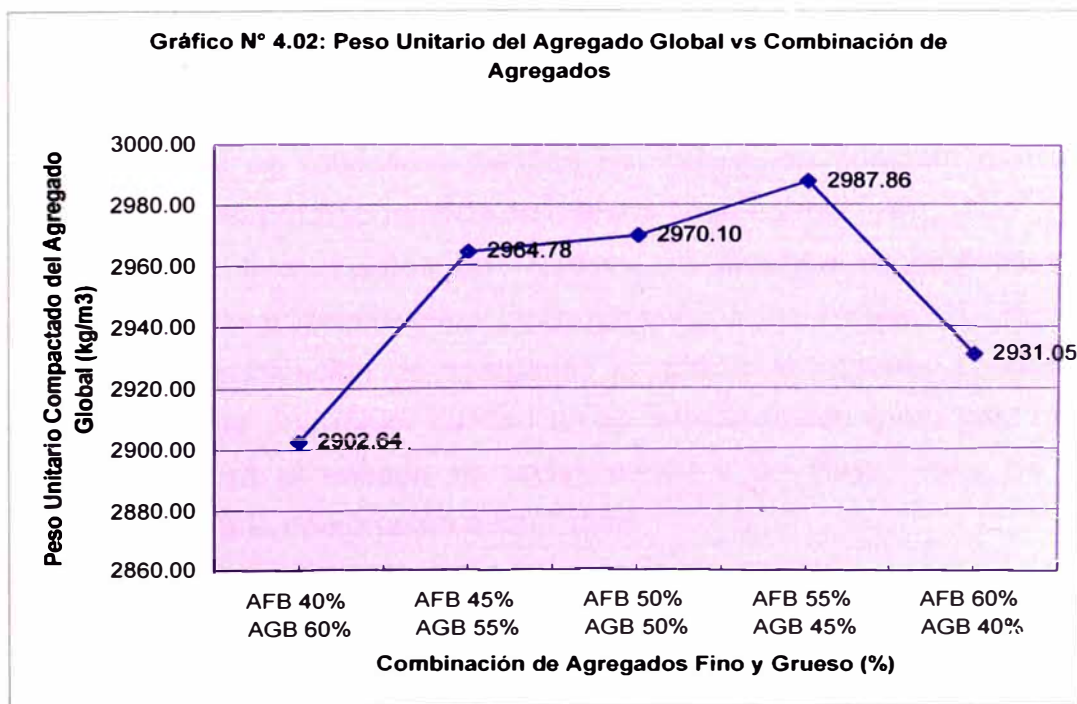
**Cuadro N° 4.02: Peso Unitario Compactado del agregado global**

Combinación de Agregados (AFB / AGB)	P.U.C (kg/m <sup>3</sup> )
AFB 40% - AGB 60%	2902.64
AFB 45% - AGB 55%	2964.78
AFB 50% - AGB 50%	2970.10
AFB 55% - AGB 45%	2987.86
AFB 60% - AGB 40%	2931.05

Peso balde = 11.8kg

Volumen balde = 0.014082m<sup>3</sup>

Luego de calculado el Peso Unitario Global Compactado se procede al trazado de la curva en un gráfico Peso Unitario Compactado vs la combinación en porcentaje de los Agregados, con la finalidad de hallar el máximo Peso Unitario Compactado, cuyo gráfico se muestra a continuación.



De la gráfica se observa que el máximo peso unitario compactado se produce cuando el porcentaje de agregado fino y agregado grueso es 55% y 45% respectivamente del agregado global.

Pero la eficiencia de esta combinación, todavía no ha sido probada en la elaboración del concreto, por lo que a continuación se procede al diseño de mezcla con todos los datos de los agregados anteriormente obtenidos y a su vez damos un margen más preciso en la dosificación las cuales son:

52% Agregado Fino de Baritina con 48% Agregado Grueso de Baritina

55% Agregado Fino de Baritina con 45% Agregado Grueso de Baritina

58% Agregado Fino de Baritina con 42% Agregado Grueso de Baritina

Posteriormente se procede al diseño de mezclas, trabajando inicialmente con la media de la relación agua/cemento propuestos, es decir con  $a/c = 0.45$ .

### 4.3 Diseño de mezcla

Como se indicó líneas arriba la dosificación de una mezcla de concreto es el proceso de selección de las proporciones más adecuadas de los componentes, esto implica un balance entre una economía razonable y el cumplimiento de las características requeridas, las cuales están gobernadas por el uso al cual el concreto ha de estar expuesto y por las condiciones que se espera se han de encontrar en el momento de colocación de la mezcla.

Por lo tanto luego de obtener una óptima proporción de los agregados se siguen los siguientes pasos:

- Con las tres combinaciones en torno al óptimo peso unitario global compactado se realizarán diseños de mezcla de concreto con un asentamiento predeterminado en nuestro caso entre 3"–4".
- Para estos tres diseños se realizan los ensayos respectivos de asentamiento y resistencia a la compresión a los 7 días. Se elegirá como la combinación de agregados en proporción óptima a aquella que presenta una mejor calidad en su estado fresco (para esto nos apoyamos en el ensayo de consistencia) y un mayor valor de la resistencia a la compresión a los 7 días.
- Con esta óptima combinación de agregados también realizamos los diseños de mezclas para las otras relaciones agua/cemento.



### 4.3.1 Características de los agregados

Para el presente estudio se han determinado las siguientes características de los agregados:

- Tamaño máximo nominal del agregado grueso:  
T.M.N = 1"
- Forma y textura del agregado grueso:  
Semiangular rugoso
- Peso específico de los agregados:  
Peso específico del agregado fino = 4080 kg/m<sup>3</sup>  
Peso específico del agregado grueso = 3980 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad de los agregados:  
Contenido de humedad del agregado fino = 0.70 %  
Contenido de humedad del agregado grueso = 0.55 %
- Porcentaje de absorción de los agregados:  
Porcentaje de absorción del agregado fino = 0.3 %  
Porcentaje de absorción del agregado grueso = 1.15 %

Así también debemos conocer el Peso específico del cemento

Peso específico del cemento = 3110 kg/m<sup>3</sup>

### 4.3.2 Proceso de diseño

- 1.- Elección de la relación agua/cemento.
- 2.- Elección del asentamiento (slump).
- 3.- Estimación del contenido de aire atrapado por m<sup>3</sup> de concreto.
- 4.- Estimación de la cantidad de agua de diseño por m<sup>3</sup> de concreto.
- 5.- Cálculo de la cantidad de cemento en peso por m<sup>3</sup> de concreto.
- 6.- Cálculo de la suma de volúmenes de agregado fino y grueso.
- 7.- Cálculo del peso seco por m<sup>3</sup> de concreto de los agregados fino y grueso respectivamente, en base a las proporciones preestablecidas.
- 8.- Corrección de los pesos de los agregados fino y grueso por humedad natural de estos.
- 9.- Corrección de la cantidad de agua de diseño por humedad de los agregados.
- 10.- Para el diseño de la tanda de prueba se obtiene en forma proporcional la cantidad de materiales respectivos para una tanda de prueba de 65Kg

11.- Después se realiza el ensayo de asentamiento, obteniendo la consistencia real, si esta no resulta ser la esperada, se estima una nueva cantidad de agua de diseño y se procede a un nuevo diseño de mezcla, y así hasta obtener la consistencia deseada.

### 4.3.3 Diseño preliminar

Para el presente trabajo de investigación se han elegido como diseños de mezclas patrón a las relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45, 0.50.

Para iniciar el procedimiento de diseño de mezclas se ha partido de la relación agua/cemento de 0.45 la misma que es la media entre las tres.

#### Procedimiento de diseño:

1.- Elección de la relación agua/cemento.

$$\text{agua/cemento} = 0.45$$

2.- Elección de la consistencia:

Concreto de consistencia plástica:

Rango de asentamiento: Entre 3" - 4"

3.- Estimación del contenido de aire atrapado por m<sup>3</sup> de concreto:

Basándose en la tabla N° 004 ( confeccionada por el comité 211 del ACI, ver anexo C) que da el porcentaje aproximado de aire atrapado en mezclas sin aire incorporado, para diferentes Tamaños Máximos Nominales del agregado grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma NTP 400.037 o ASTM C-33. Para TMN 1", el contenido de aire es 1.5% del volumen del concreto.

4.- Estimación de la cantidad de agua de diseño por m<sup>3</sup> de concreto.

Estimamos 260 lt por m<sup>3</sup> de concreto.

5.- Cálculo de la cantidad de cemento en peso por m<sup>3</sup> de concreto.

Conociendo la relación agua/cemento, y la cantidad de agua de diseño, se obtiene la cantidad de cemento:

$$\text{agua/cemento} = 0.45 = 260 / \text{cemento}$$

$$\text{cemento} = 578\text{kg}$$

6.- Cálculo de la suma de volúmenes de agregado fino y grueso.

$$\text{Vol. Agregados} = \text{Vol. Total} - (\text{Vol. Agua} + \text{Vol. Cem.} + \text{Vol. Aire})$$

$$\text{Vol. Agregados} = 1 - (0.260 + 0.1858 + 0.015) = 0.5392\text{m}^3$$

7.- Cálculo del peso seco por metro cúbico de los agregados fino y grueso respectivamente, en base a las proporciones preestablecidas:

Del peso unitario compactado global se determinó las proporciones siguientes:

$$\% \text{ Agregado Fino de Baritina} = 55 \%$$

$$\% \text{ Agregado Grueso de Baritina} = 45 \%$$

Entonces los volúmenes absolutos de los agregados serán:

$$\text{Vol. AFB} = \text{Vol. Agregados} \times \% \text{ Agregado Fino de Baritina}$$

$$\text{Vol. AGB} = \text{Vol. Agregados} \times \% \text{ Agregado Grueso de Baritina}$$

$$\text{Vol. AFB} = 0.5392\text{m}^3 \times 0.55 = 0.2966\text{m}^3$$

$$\text{Vol. AGB} = 0.5392\text{m}^3 \times 0.45 = 0.2426\text{m}^3$$

Finalmente el peso seco por metro cúbico será:

$$\text{Peso seco de AFB} = \text{Vol. AFB} \times \text{Pe AFB}$$

$$\text{Peso seco de AGB} = \text{Vol. AGB} \times \text{Pe AGB}$$

$$\text{Peso seco de AFB} = 0.2966\text{m}^3 \times 4080 \text{ kg/m}^3 = 1210 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de AGB} = 0.2426\text{m}^3 \times 3980 \text{ kg/m}^3 = 966 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

Pe AFB = Peso específico agregado fino de baritina

Pe AGB = Peso específico agregado grueso de baritina

**Por lo tanto el Diseño Unitario Seco (DUS) será:**

Cemento	:	578 / 578	=	1
Agua	:	260 / 578	=	0.45
AFB	:	1210 / 578	=	2.094
AGB	:	966 / 578	=	1.671

8.- Corrección de los pesos de los agregados fino y grueso por humedad natural de estos.

$$\text{Peso AFB húmeda} = \text{Peso seco de AFB} \times (1 + \text{CH AFB} / 100)$$

$$\text{Peso AGB húmeda} = \text{Peso seco de AGB} \times (1 + \text{CH AGB} / 100)$$

Donde:

CH AFB = Contenido de humedad de Agregado Fino de Baritina

CH AGB = Contenido de humedad de Agregado Grueso Baritina

Entonces:

$$\text{Peso AFB húmeda} = 1210 \times (1 + 0.70 / 100) = 1218\text{kg}$$

$$\text{Peso AGB húmeda} = 966 \times (1 + 0.55 / 100) = 971\text{kg}$$

9.- Corrección de la cantidad de agua de diseño por humedad de los agregados.

$$\text{Corrección por AFB} = \text{Peso seco de AFB} \times (\text{CH AFB} - \% \text{ Abs AFB}) / 100$$

$$\text{Corrección por AGB} = \text{Peso seco de AGB} \times (\text{CH AGB} - \% \text{ Abs AGB}) / 100$$

Donde:

% Abs AFB = Porcentaje de Absorción del Agregado Fino de Baritina

% Abs AGB = Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de Baritina

Entonces:

$$\text{Corrección por AFB} = 1210 \times (0.70 - 0.30) / 100 = 4.84$$

$$\text{Corrección por AGB} = 966 \times (0.55 - 1.15) / 100 = -5.79$$

$$\text{Corrección total de Agua} = -0.95$$

Agua Corregida = Agua de diseño seco – Corrección total de Agua

$$\text{Agua corregida} = 260 - (-0.95) = 261 \text{ lt}$$

**Por lo tanto el Diseño de Obra (DO) será:**

Cemento	:	578 kg/m <sup>3</sup>
Agua	:	261 lts/m <sup>3</sup>
AFB	:	1218 kg/m <sup>3</sup>
AGB	:	971 kg/m <sup>3</sup>

**Luego el Diseño Unitario de Obra (DUO) será:**

Cemento	:	578 / 578	=	1
Agua	:	261 / 578	=	0.4517
AFB	:	1218 / 578	=	2.1089
AGB	:	971 / 578	=	1.6807
		Suma	=	5.2412

10.- Para el diseño de la tanda de prueba se obtiene en forma proporcional la cantidad de materiales respectivos para una tanda de prueba de 65Kg.

Entonces para una tanda de 65kg:  $65\text{kg} / 5.2412 = 12.40$

Por lo tanto los pesos por tanda serán:

Cemento	:	$1 \times 12.40$	=	12.40
Agua	:	$0.4517 \times 12.40$	=	5.60
AFB	:	$2.1089 \times 12.40$	=	26.15
AGB	:	$1.6807 \times 12.40$	=	20.84
<b>Suma =</b>				<b>65.00 Kg.</b>

Obteniendo de esta manera un asentamiento mediante el cono de Abrams = 2 1/2"

Como podemos observar no se obtuvo un asentamiento entre 3" – 4", pero dicho valor podemos optimizarlo, entonces se procede a un nuevo diseño de mezcla, y así hasta obtener la consistencia deseada.

Para poder hallar el agua de diseño en condición óptima se registra los diversos asentamientos obtenidos con las diversas cantidades de agua de diseño de las mezclas de prueba y se grafica una línea de tendencia, para que por interpolación o extrapolación se logre determinar rápidamente la cantidad de agua de diseño, que nos permita obtener la consistencia deseada.

A continuación en una forma más dinámica se presentan los diversos diseños de mezclas de prueba para los concretos de relación agua/cemento = 0.45, hasta obtener el agua de diseño óptimo para la consistencia requerida, así también para las demás proporciones de ajuste es decir para:

$$\text{AFB/AGB} = 52/48$$

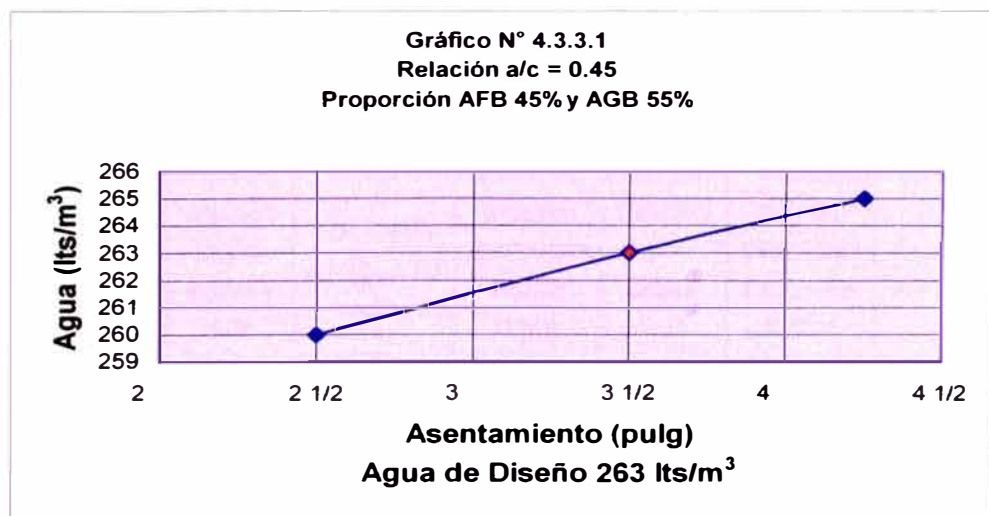
$$\text{AFB/AGB} = 58/42$$

**Cuadro N° 4.3.3.1**

Segundo tanteo del diseño preliminar para la proporción 55% agregado fino de baritina y 45% agregado grueso de baritina.

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 265 lt/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 55/45	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	589	0.1894	1.000	589	1.0000	12.74
Agua	265	0.2650	0.450	266	0.4516	5.74
AFB	1191	0.2919	2.022	1199	2.0362	25.90
AGB	950	0.2388	1.614	956	1.6227	20.64
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 4 ¼"</b>						

Graficamos para determinar el agua óptima de diseño:



**Cuadro N° 4.3.3.2a**

Diseño preliminar para la proporción 52% Agregado Fino de Baritina con 48% Agregado Grueso de Baritina.

Primer tanteo.

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 250 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 52/48	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	556	0.1786	1.000	556	1.0000	11.78
Agua	250	0.2500	0.450	250	0.4530	5.34
AFB	1180	0.2893	2.125	1189	2.1396	25.21
AGB	1063	0.2671	1.913	1069	1.9237	22.67
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3"</b>						

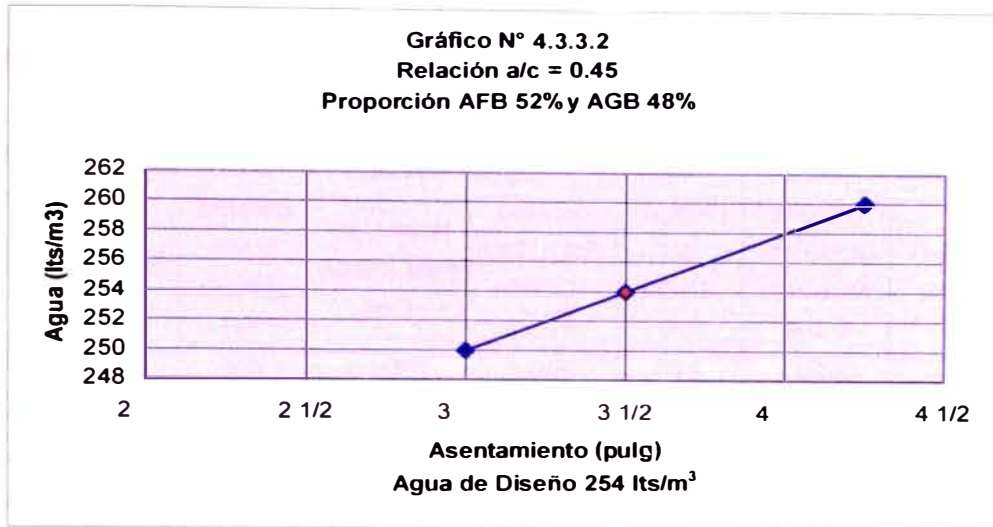
**Cuadro N° 4.3.3.2b**

Diseño preliminar para la proporción 52% Agregado Fino de Baritina con 48% Agregado Grueso de Baritina.

Segundo tanteo.

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 260 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 52/48	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	578	0.1858	1.000	578	1.0000	12.41
Agua	260	0.2600	0.450	262	0.4528	5.62
AFB	1144	0.2804	1.980	1152	1.9939	24.74
AGB	1030	0.2588	1.783	1036	1.7927	22.24
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 4 ¼"</b>						

Graficamos para determinar el agua óptima de diseño:



### Cuadro 4.3.3.3a

Diseño preliminar para la proporción 58% Agregado Fino de Baritina con 42% Agregado Grueso de Baritina.

Primer tanteo.

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 265 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 58/42	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	589	0.1894	1.000	589	1.0000	12.71
Agua	265	0.2650	0.450	265	0.4505	5.73
AFB	1256	0.3078	2.132	1265	2.1473	27.30
AGB	887	0.2229	1.506	892	1.5146	19.26
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 2 1/2"</b>						



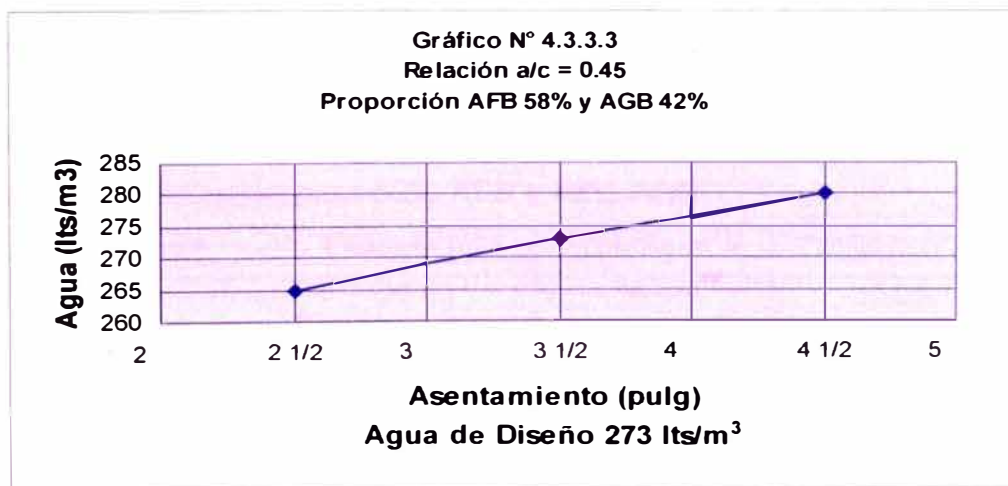
**Cuadro 4.3.3.3b**

Diseño preliminar para la proporción 58% Agregado Fino de Baritina con 42% Agregado Grueso de Baritina.

Segundo tanteo.

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 280 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 58/42	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	622	0.2001	1.000	622	1.0000	13.69
Agua	280	0.2800	0.450	280	0.4505	6.17
AFB	1195	0.2929	1.920	1203	1.9338	26.47
AGB	844	0.2121	1.356	849	1.3640	18.67
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 4 1/2"</b>						

Graficamos para determinar el agua óptima de diseño:



**4.3.4 Cantidad definitiva en proporción óptima de los agregados**

En la presente sección se determinará la proporción óptima definitiva de los agregados, la cual se hará en forma experimental mediante la evaluación de la máxima resistencia, del concreto elaborado.

Es decir con los diseños elaborados para las tres diferentes proporciones establecidas, se confeccionarán probetas cilíndricas de 152.5 +/- 2.5mm de diámetro por 305 +/- 6mm de altura (6" x 12") las mismas que en número de tres serán curadas en un lapso de 7 días y serán ensayadas para conocer la calidad de las diferentes

proporciones, en nuestro caso los diseños finales para una relación  $a/c = 0.45$  y una tanda de 65kg son:

#### Cuadro N° 4.03

**Resumen de diseños de prueba para la obtención óptima definitiva en proporción de los agregados.**

Materiales	Unid	Proporciones AFB / AGB		
		52% / 48%	55% / 45%	58% / 42%
Cemento	Kg	12.03	12.59	13.23
Agua	Lts	5.45	5.69	5.96
AFB	Kg	25.02	26.00	26.86
AGB	Kg	22.50	20.72	18.95

Leyenda:

AFB = Agregado Fino de Baritina

AGB = Agregado Grueso de Baritina

#### 4.3.5 Ensayo preliminar de compresión para $a/c = 0.45$ y cálculo de la curva óptima de agregados según $f'c$ .

##### Cuadro N° 4.3.5.1

Ensayo de compresión para 52% AFB y 48% AGB

Descripción	Probeta N° 1	Probeta N° 2	Probeta N° 3
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Diámetro (cm)	14.90	14.90	14.90
Area (cm <sup>2</sup> )	174	174	174
Carga máxima (kg-f)	61800	58800	59000
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	355	338	339

**Resistencia promedio = 344 kg/cm<sup>2</sup>**

##### Cuadro N° 4.3.5.2

Ensayo de compresión para 55% AFB y 45% AGB

Descripción	Probeta N° 1	Probeta N° 2	Probeta N° 3
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Diámetro (cm)	15.00	14.90	14.90
Area (cm <sup>2</sup> )	177	174	174
Carga máxima (kg-f)	62800	59200	61000
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	355	340	351

**Resistencia promedio = 349 kg/cm<sup>2</sup>**

**Cuadro N° 4.3.5.3**

Ensayo de compresión para 58% AFB y 42% AGB

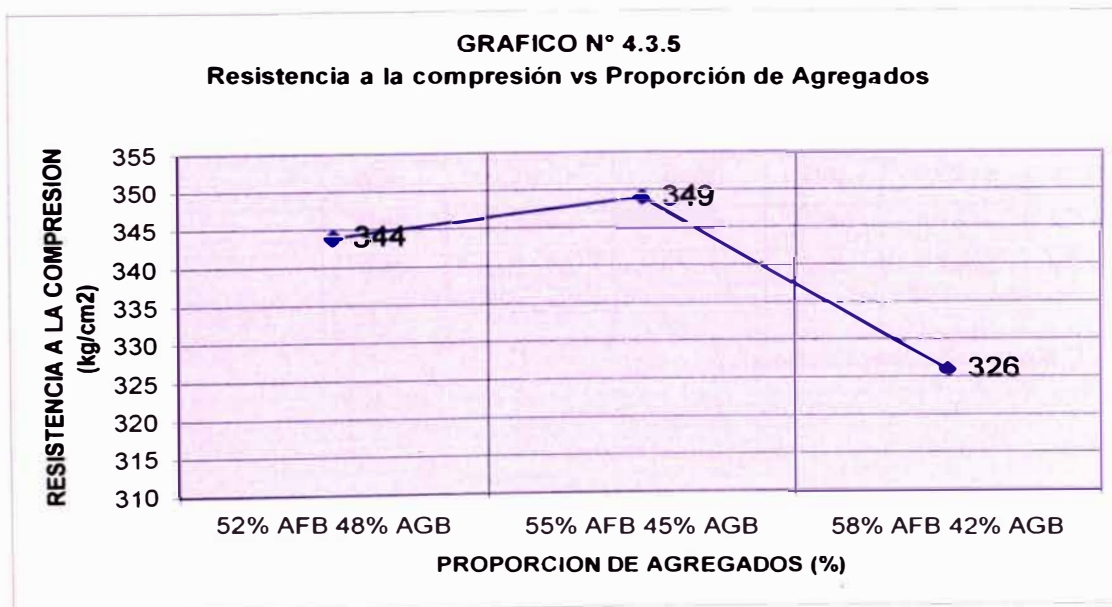
Descripción	Probeta N° 1	Probeta N° 2	Probeta N° 3
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Diámetro (cm)	14.90	15.00	14.90
Area (cm <sup>2</sup> )	174	177	174
Carga máxima (kg-f)	57800	57600	56000
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	332	325	322

**Resistencia promedio = 326 kg/cm<sup>2</sup>**

**Cuadro N° 4.3.5**

Resumen del ensayo de compresión para las diferentes proporciones de los agregados

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Proporción de Agregados
344	52% AFB y 48% AGB
349	55% AFB y 45% AGB
326	58% AFB y 42% AGB



Por lo tanto analizando el presente gráfico se concluye, que la óptima proporción de agregados es de 55% Agregado Fino de Baritina y 45% Agregado Grueso de Baritina, con lo cual procedemos hacer el diseño

definitivo para las otras relaciones de la presente tesis las cuales son de 0.40, 0.45, 0.50 respectivamente.

#### 4.3.6 Diseño de mezclas final

En la presente sección vamos a determinar los diseños de mezclas patrón para las diferentes relaciones agua/cemento planteadas, las mismas que han de ser mostradas en forma dinámica dejando el desarrollo de los diseños en los anexos respectivos.

##### 4.3.6.1 Diseño de mezclas relación a/c 0.40

Siguiendo el proceso de diseño anteriormente detallado, se tiene en resumen el diseño patrón para la relación a/c = 0.40.

##### Cuadro N° 4.3.6.1a

Diseño de mezcla para Concreto fabricado con Agregado Fino de Baritina (AFB) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.40		Agua de entrada = 285 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 55/45	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	713	0.2291	1.000	713	1.0000	15.91
Agua	285	0.2850	0.400	286	0.4012	6.38
AFB	1057	0.2590	1.483	1064	1.4935	23.76
AGB	843	0.2119	1.184	848	1.1902	18.94
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

### Cuadro N° 4.3.6.1b

Diseño de mezcla patrón para Concreto fabricado con Agregado Fino Normal (AFN) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.40		Agua de entrada 294 lts/m <sup>3</sup>			AFN/AGB = 45/55	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 54 kg
Cemento	735	0.2363	1.000	735	1.0000	15.88
Agua	294	0.2940	0.400	269	0.3666	5.82
AFN	539	0.2046	0.733	587	07990	12.69
AGB	903	0.2501	1.228	908	1.2350	19.61
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

### 4.3.6.2 Diseño de mezclas relación a/c 0.45

Siguiendo el proceso de diseño anteriormente detallado, se tiene en resumen el diseño patrón para la relación a/c = 0.45.

### Cuadro N° 4.3.6.2a

Diseño de mezcla para Concreto fabricado con Agregado Fino de Baritina (AFB) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 263 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 55/45	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	584	0.1879	1.000	584	1.0000	12.59
Agua	263	0.2630	0.450	264	0.4516	5.69
AFB	1198	0.2937	2.051	1207	2.0650	26.00
AGB	957	0.2403	1.637	962	1.6456	20.72
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

### Cuadro N° 4.3.6.2b

Diseño de mezcla patrón para Concreto fabricado con Agregado Fino Normal (AFN) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.45		Agua de entrada = 275 lts/m <sup>3</sup>			AFN/AGB = 45/55	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 54 kg
Cemento	611	0.1965	1.000	611	1.0000	12.96
Agua	275	0.2750	0.450	247	0.4046	5.24
AFN	608	0.2311	0.9950	663	1.0853	14.06
AGB	1020	0.2824	1.668	1025	1.6775	21.74
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

### 4.3.6.3 Diseño de mezclas relación a/c 0.50

Siguiendo el proceso de diseño anteriormente detallado, se tiene en resumen el diseño patrón para la relación a/c = 0.50.

### Cuadro N° 4.3.6.3a

Diseño de mezcla para Concreto fabricado con Agregado Fino de Baritina (AFB) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.50		Agua de entrada 253 lts/m <sup>3</sup>			AFB/AGB = 55/45	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 65 kg
Cemento	506	0.1627	1.000	506	1.0000	10.71
Agua	253	0.2530	0.500	254	0.5020	5.38
AFB	1278	0.3131	2.525	1286	2.5424	27.22
AGB	1020	0.2562	2.015	1025	2.0261	21.69
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

**Cuadro N° 4.3.6.3b**

Diseño de mezcla patrón para Concreto fabricado con Agregado Fino Normal (AFN) y Agregado Grueso de Baritina (AGB).

Relación a/c = 0.50		Agua de entrada 255 lts/m <sup>3</sup>			AFN/AGB = 45/55	
MATERIALES	DISEÑO SECO (kg/m <sup>3</sup> ) D.S	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S	DISEÑO DE OBRA D.O	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O	TANDA 54 kg
Cemento	510	0.1640	1.000	510	1.0000	10.61
Agua	255	0.2550	0.500	224	0.4400	4.67
AFN	670	0.2547	1.314	731	1.4334	15.21
AGB	1124	0.3113	2.204	1130	2.2157	23.51
Aire (1.5 %)	1.5	0.0150				
<b>Asentamiento observado 3 ½"</b>						

**CAPITULO V**  
**PROPIEDADES DEL CONCRETO AL**  
**ESTADO FRESCO**



## CAPITULO V

### PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

El presente capítulo describe muy detalladamente la realización de los diversos ensayos para determinar las propiedades del concreto al estado fresco.

Cuyos ensayos más importantes son:

- Peso Unitario.
- Consistencia.
- Porcentaje de Fluidez.
- Contenido de Aire.
- Exudación.
- Tiempo de Fraguado.

#### 5.1 Peso Unitario

Norma a consultar:

NTP 339.046

El peso unitario es una propiedad importante en el concreto fresco.

Su importancia radica en que este ensayo permite hacer un control del concreto que producimos, es decir verificar si se generan variaciones en las propiedades de los componentes del concreto.

Como se conoce el peso del balde, se calcula por diferencia el peso neto del concreto la misma que multiplicado por el factor de volumen del balde da el Peso Unitario Compactado.

#### 5.2 Consistencia

Norma a consultar:

NTP 339.035

Es un ensayo que permite apreciar en la mezcla, la cantidad de agua que influye en la calidad del concreto.

De igual modo podemos apreciar la fluidez que tendrá el concreto cuando se procede a su colocado. Realizando dicho ensayo mediante el cono de Abrams.

Determinándose la consistencia en el concreto por la diferencia entre la altura del molde y la altura de la cara superior del concreto deformado, expresado en pulgadas. En la presente tesis se trabajo con asentamientos que se encuentren dentro del siguiente rango 3" – 4".

### 5.3 Porcentaje de Fluidéz

Norma a consultar:

NTP 339.085

El grado de fluidez es un indicador de la consistencia que tiene el concreto. Se aplica este ensayo para concretos con agregado grueso de hasta 1 ½"; si se pasa este límite se tamiza la muestra por la malla de 1 ½".

Este ensayo se realiza en la mesa de sacudidas (Mesa de flujo) en ella se determina el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de masa de concreto fresco.

El índice de consistencia o porcentaje de fluidez se determina calculando el tanto por ciento de aumento del diámetro, expresado en porcentaje (%) respecto a la base inferior del tronco de cono.

$$\text{Porcentaje de fluidez} = 100 \times (D-A)/A$$

Donde:

D = Diámetro promedio extendido en centímetros.

A = Diámetro de la base del molde.

### 5.4 Contenido de Aire

Norma a consultar:

NTP 339.046

En toda mezcla de concreto existe un determinado porcentaje de aire; la misma que debe estar regulado por los requerimientos de diseño.

Esto se presenta a diversas causas tales como:

Producto a las operaciones propias de puesta en obra, o en caso de que intencionalmente se incorpore aire.

En la presente tesis se determinó el aire atrapado mediante el método gravimétrico.

Estableciéndose su valor mediante la siguiente relación:

$$\%A = \frac{Pun - Pu}{Pun} \times 100$$

Donde:

%A = Contenido de aire en el concreto fresco.

Pun = Peso unitario nominal del concreto fresco (kg/m<sup>3</sup>).

Pu = Suma de pesos húmedos del diseño de mezcla.

## 5.5 Exudación

Norma a consultar:

NTP 339.077

Es aquella propiedad del concreto en la cual una parte del agua de la mezcla se separa de la masa y asciende hacia la superficie de la misma.

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

## 5.6 Tiempo de Fraguado

Norma a consultar:

NTP 339.082

Dado que el fraguado del concreto es un proceso gradual, la definición de tiempo de fraguado necesariamente tendrá que ser arbitraria. En este método de ensayo, los tiempos requeridos para que el mortero alcance valores especificados de resistencia a la penetración, son los utilizados para definir los tiempos de fraguado.

Existen dos tiempos de fraguado las cuales son:

**Tiempo de Fragua Inicial (TFI).**- Es el tiempo transcurrido desde el inicio de fraguado luego del contacto inicial del cemento y el agua para que el mortero alcance una resistencia a la penetración de 500psi (3.5Mpa).

**Tiempo de Fragua Final (TFF).**- Es el tiempo transcurrido desde el contacto inicial del cemento y el agua para que el mortero alcance una resistencia a la penetración de 4000psi (27.6Mpa).

**CAPITULO VI**  
**PROPIEDADES DEL CONCRETO AL**  
**ESTADO ENDURECIDO**

## CAPITULO VI

### PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

En el presente capítulo se estudian las propiedades del concreto al estado endurecido mediante los ensayos respectivos, las cuales han de evaluar la resistencia, la plasticidad en el rango elástico y la flexibilidad.

Sabido es que el concreto es un material moldeable a temperatura ambiente, lo que permite ser adecuado a distintas formas según el requerimiento.

Y evaluar el producto final mediante ensayos, es de suma importancia, es decir verificar la resistencia, uniformidad y el grado de control alcanzado, la misma que nos garantizaría la calidad del concreto en su estado endurecido.

Existen tres tipos de ensayos importantes:

- Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.
- Resistencia a la tracción por compresión diametral.
- Módulo de elasticidad estático.

#### 6.1 Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días

Norma a consultar:

NTP 339.034

La resistencia a la compresión se define como la capacidad del concreto de soportar cargas y esfuerzos en compresión.

El siguiente ensayo se realiza para diferentes edades, en nuestro caso se ha previsto efectuar para los 7, 14 y 28 días.

Con los datos obtenidos, tanto de dimensión y de carga se calculará la resistencia mediante la siguiente formula:

$$R = P/A$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión en  $\text{kg/cm}^2$ .

P = Carga máxima de rotura en kg.

A = Area de la probeta normal a la carga en  $\text{cm}^2$ .

## 6.2 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Norma a consultar:

NTP 339.084

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos de compresión diametral, siendo el concreto más resistente a la sollicitación de dicha carga.

La resistencia a la tracción es de gran interés para el diseño y control de calidad de muchas obras tales como estructuras hidráulicas y de pavimentación.

Con los datos obtenidos, tanto de dimensión y de carga se calculará la resistencia mediante la siguiente formula:

$$f_t = 2xP/(\pi LD)$$

Donde:

$f_t$  = Resistencia a la tracción del concreto en  $kg/cm^2$

P = Carga máxima de rotura en kg.

D = Diámetro de la probeta en cm.

L = Longitud de la probeta en cm.

## 6.3 Módulo de Elasticidad Estático

Norma a consultar:

Norma ASTM C469-65

El módulo de elasticidad es la capacidad del concreto dentro de cierto rango a deformarse bajo la aplicación de cargas. El concreto no es un material perfectamente elástico, es decir, que el diagrama de esfuerzo deformación no presenta un tramo lineal en ningún punto de la curva, pero existe una zona donde esta curva se asemeja a un comportamiento elástico y es donde se define su módulo elástico para fines prácticos.

Por otro lado, geoméricamente podemos definir el MEE mediante una recta tangente a la parte inicial de la curva con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la carga final. El método usado para este ensayo es el de los **Espejos de Martens**.

Se trabajará con el promedio de las dos lecturas y se construirá un gráfico Esfuerzo vs Deformación Unitaria Longitudinal.

Se traza una recta tangente desde una deformación unitaria de  $0.5 \times 10^{-4}$  a otro punto que establece el 40% del esfuerzo máximo a la rotura.

Se ingresa luego a la formula dada por:

$$\text{MEE} = (E2-E1)/(D2-0.5) \times 10^{-4}$$

Donde:

MEE = Módulo de Elasticidad Estático en  $\text{kg/cm}^2$ .

E2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga de rotura en  $\text{kg/cm}^2$ .

E1 = Esfuerzo correspondiente gráficamente a la deformación de  $0.5 \times 10^{-4}$  en  $\text{kg/cm}^2$ .

D1 = Deformación unitaria de  $0.5 \times 10^{-4}$ .

D2 = Deformación unitaria correspondiente al esfuerzo E2.

**CAPITULO VII**  
**CUADROS DE RESULTADOS Y**  
**GRAFICOS**



## CAPITULO VII

### CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS

En el presente capítulo se presenta los cuadros resumen y gráficos de los resultados obtenidos en los diversos ensayos realizados, a partir de los diseños de mezcla patrón efectuado en el capítulo IV.

Los cálculos efectuados se detallan en la sección de anexos.

#### 7.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

##### 7.1.1 Ensayo de Peso Unitario

Cuadro N° 7.1.1 Resumen de los Pesos Unitarios determinados en el concreto pesado.

DISEÑOS	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )	
	AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
RELACION a/c		
0.40	2913.14	2556.50
0.45	3043.79	2697.74
0.50	3114.41	2761.30

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.1a y N° 7.1.1b

##### 7.1.2 Ensayo de Consistencia

Cuadro N° 7.1.2 Resumen de Consistencias determinadas en el concreto pesado.

DISEÑOS	CONSISTENCIA 3" – 4"	
	AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
RELACION a/c		
0.40	3 ¾"	3 ¼"
0.45	3 ½"	3 ¼"
0.50	3 ½"	3 ¼"

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.2a y N° 7.1.2b

### 7.1.3 Ensayo de Porcentaje de Fluides

Cuadro N° 7.1.3 Resumen de los Porcentajes de Fluides determinados en el concreto pesado.

DISEÑOS	PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%)	
	AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
RELACION a/c		
0.40	103.00	76.00
0.45	91.00	61.00
0.50	84.67	55.33

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.3a y N° 7.1.3b

### 7.1.4 Ensayo de Contenido de Aire

Cuadro N° 7.1.4 Resumen de Contenido de Aire determinado en el concreto pesado.

DISEÑOS	CONTENIDO DE AIRE (%)	
	AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
RELACION a/c		
0.40	0.11	2.05
0.45	0.88	5.40
0.50	1.36	5.91

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.4a y N° 7.1.4b

### 7.1.5 Ensayo de Exudación

Cuadro N° 7.1.5 Resumen del porcentaje de Exudación determinados en el concreto pesado.

DISEÑOS	EXUDACIÓN (%)	
	AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
RELACION a/c		
0.40	0.96	1.40
0.45	1.33	1.62
0.50	1.70	1.80

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.5a y N° 7.1.5b

### 7.1.6 Ensayo de Tiempo de Fraguado

Cuadro N° 7.1.6 Resumen del Tiempo de Fraguado determinados en el concreto pesado.

DISEÑOS	TIEMPO DE FRAGUADO			
	AFB/AGB = 55/45		AFN/AGB = 45/55	
RELACION a/c				
0.40	TFI 4h 5'	TFF 5h 0'	TFI 3h 37'	TFF 4h 45'
0.45	TFI 4h 34'	TFF 5h 50'	TFI 3h 30'	TFF 4h 41'
0.50	TFI 5h 7'	TFF 6h 17'	TFI 3h 41'	TFF 4h 53'

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.1.6a y N° 7.1.6b

Leyenda:

AFB: Agregado fino de baritina

AFN: Agregado fino normal

AGB: Agregado grueso de baritina

Finalmente se muestra los Cuadros N° 7.1a y N° 7.1b donde se resume los resultados de todos los ensayos del concreto al estado fresco. Tanto para el Concreto pesado solo con agregados de baritina y Concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

CUADRO N° 7.1a

## RESUMEN DE ENSAYOS AL ESTADO FRESCO

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

PROPORCION AFB/AGB	RELACION a/c	ENSAYOS						
		PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	ASENTAMIENTO (pulg)	PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO	
							TFI	TFF
55/45	0.40	2913.14	3 3/4	103.00	0.11	0.96	4h 5'	5h 0'
	0.45	3043.79	3 1/2	91.00	0.88	1.33	4h 34'	5h 50'
	0.50	3114.41	3 1/2	84.67	1.36	1.70	5h 7'	6h 17'

Leyenda

A F B Agregado fino de baritina

A G B Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.1b

## RESUMEN DE ENSAYOS AL ESTADO FRESCO

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

PROPORCION AFN/AGB	RELACION a/c	ENSAYOS						
		PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )	ASENTAMIENTO (pulg)	PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO	
							TFI	TFF
45/55	0.40	2556.50	3 1/4	76.00	2.05	1.40	3h 36'	4h 45'
	0.45	2697.74	3 1/4	61.00	5.40	1.62	3h 30'	4h 41'
	0.50	2761.30	3 1/4	55.33	5.91	1.80	3h 41'	4h 53'

Leyenda

A F N Agregado fino normal

A G B Agregado grueso de baritina

## 7.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

### 7.2.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días

Cuadro N° 7.2.1 Resumen de la Resistencia a la Compresión determinados en el concreto pesado.

RELACION a/c	EDAD (días)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	
		AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
0.40	7	373	358
	14	414	400
	28	450	433
0.45	7	357	332
	14	391	385
	28	420	412
0.50	7	326	320
	14	363	360
	28	390	380

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.2.1a, N° 7.2.1b, N° 7.2.1c y N° 7.2.1d

### 7.2.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Cuadro N° 7.2.2 Resumen de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral determinados en el concreto pesado.

EDAD (días)	RELACION a/c	RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (kg/cm <sup>2</sup> )	
		AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
28	0.40	27	23
	0.45	35	25
	0.50	31	25

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.2.2a y N° 7.2.2b

### 7.2.3 Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático

Cuadro N° 7.2.3 Resumen del Módulo de Elasticidad Estático determinados en el concreto pesado.

EDAD (días)	RELACION a/c	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm <sup>2</sup> )	
		AFB/AGB = 55/45	AFN/AGB = 45/55
28	0.40	145453	138121
	0.45	183024	136706
	0.50	172513	129927

Cuyos resultados se ilustran en los gráficos N° 7.2.3a y N° 7.2.3b

Leyenda:

AFB: Agregado fino de baritina

AFN: Agregado fino normal

AGB: Agregado grueso de baritina

Finalmente se muestra los Cuadros N° 7.2a y N° 7.2b donde se resume los resultados de todos los ensayos del concreto al estado endurecido. Tanto para el Concreto pesado solo con agregados de baritina y Concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

## RESUMEN DE ENSAYOS AL ESTADO ENDURECIDO

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

PROPORCION AFB/AGB	RELACION a/c	ENSAYOS				
		RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )			RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO ELASTICO ESTATICO (kg/cm <sup>2</sup> )
		7 dias	14 dias	28 dias		
55/45	0.40	373.00	414.00	450.00	27.00	145453
	0.45	357.00	391.00	420.00	35.00	183024
	0.50	326.00	370.00	390.00	31.00	172513

Leyenda

A F B Agregado fino de baritina

A G B Agregado grueso de baritina

## RESUMEN DE ENSAYOS AL ESTADO ENDURECIDO

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

PROPORCION AFN/AGB	RELACION a/c	ENSAYOS				
		RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )			RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO ELASTICO ESTATICO (kg/cm <sup>2</sup> )
		7 dias	14 dias	28 dias		
45/55	0.40	358.00	400.00	433.00	23.00	138121
	0.45	332.00	385.00	412.00	25.00	136706
	0.50	320.00	360.00	380.00	25.00	129927

Leyenda

A F N Agregado fino normal

A G B Agregado grueso de baritina

# **GRAFICOS**



# **GRAFICOS DE ENSAYOS AL ESTADO FRESCO**

**GRAFICO 7.1.1a**  
**ENSAYO DE PESO UNITARIO vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

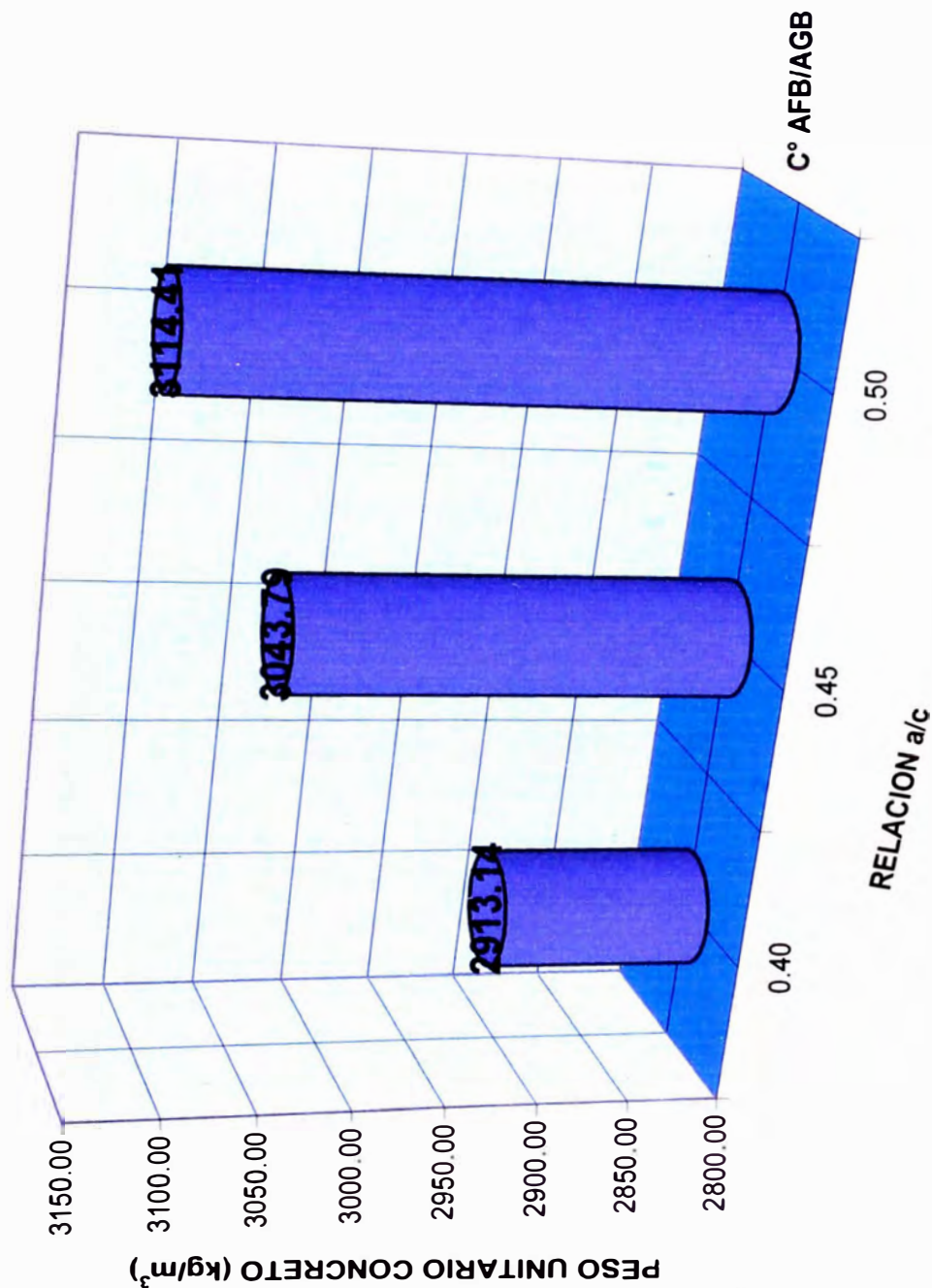
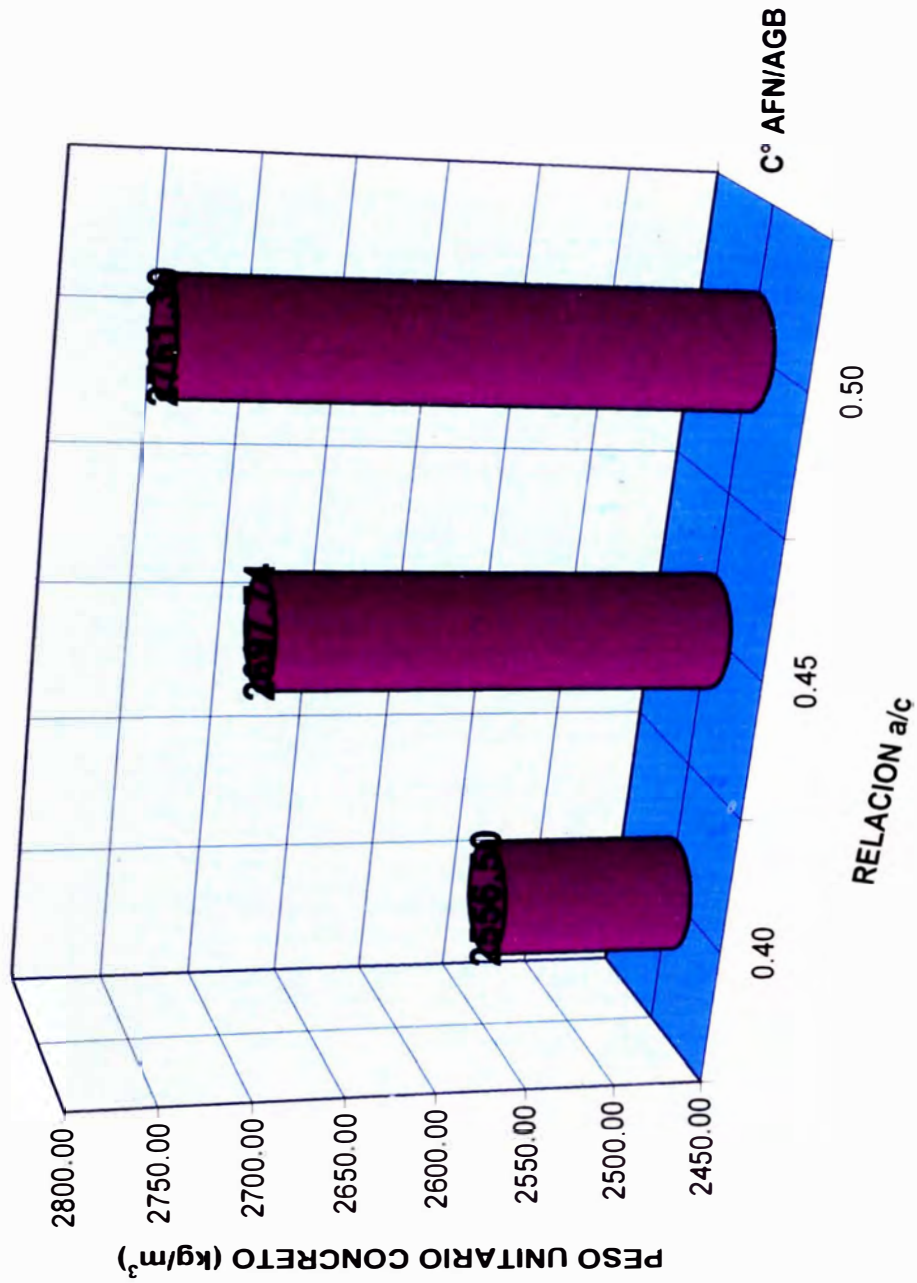
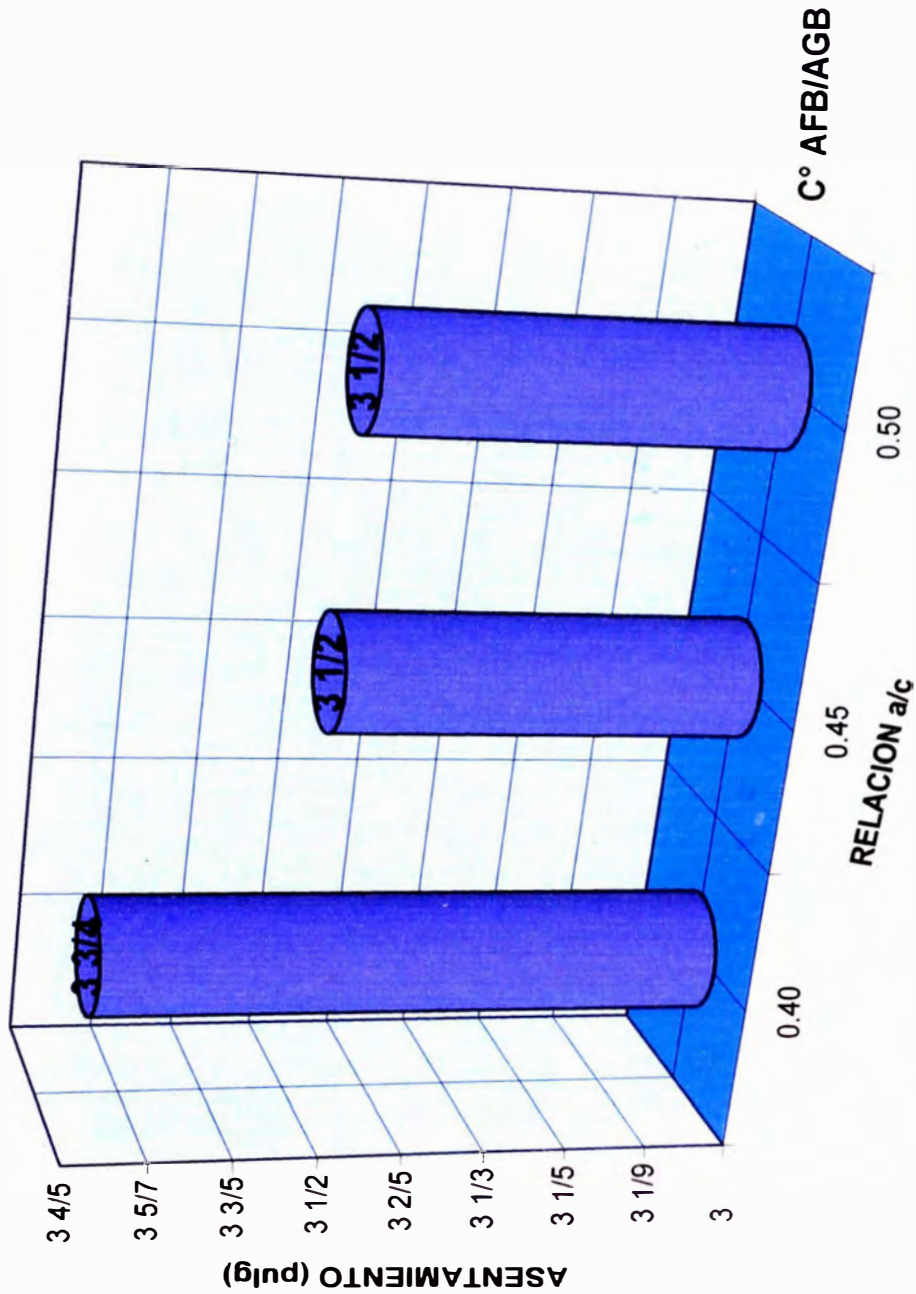


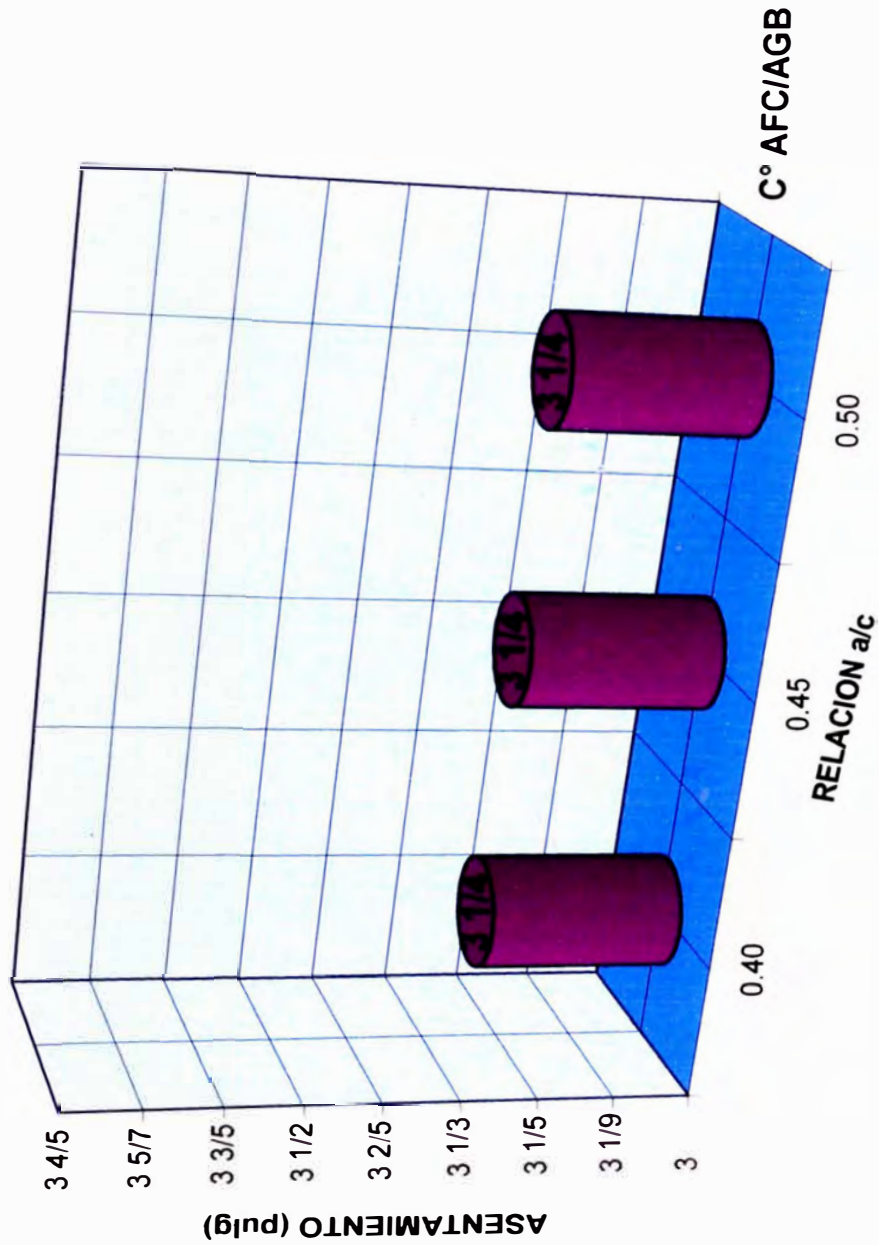
GRAFICO N° 7.1.1b  
ENSAYO DE PESO UNITARIO vs RELACION a/c  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA



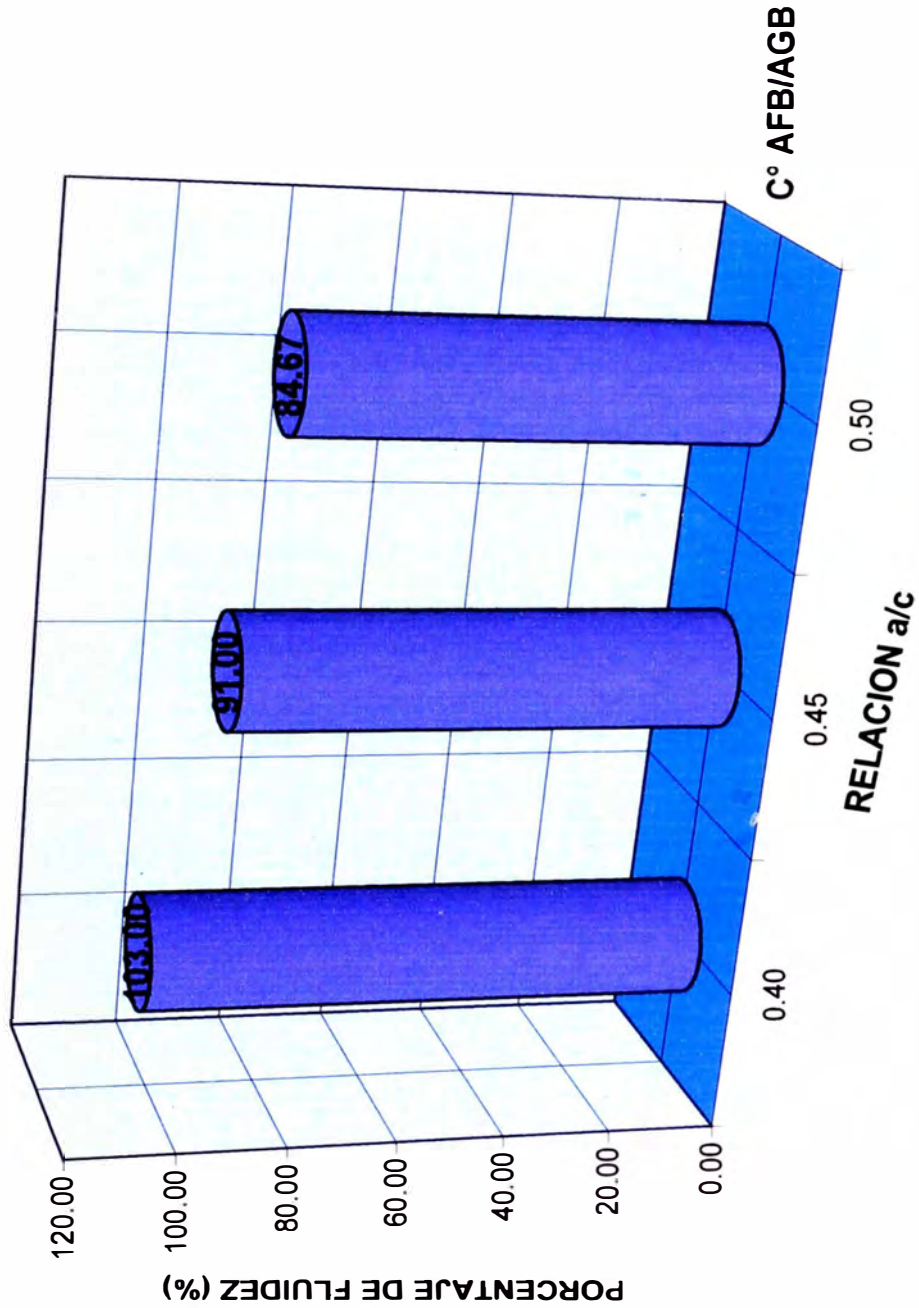
**GRAFICO N° 7.1.2a**  
**ENSAYO DE ASENTAMIENTO vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



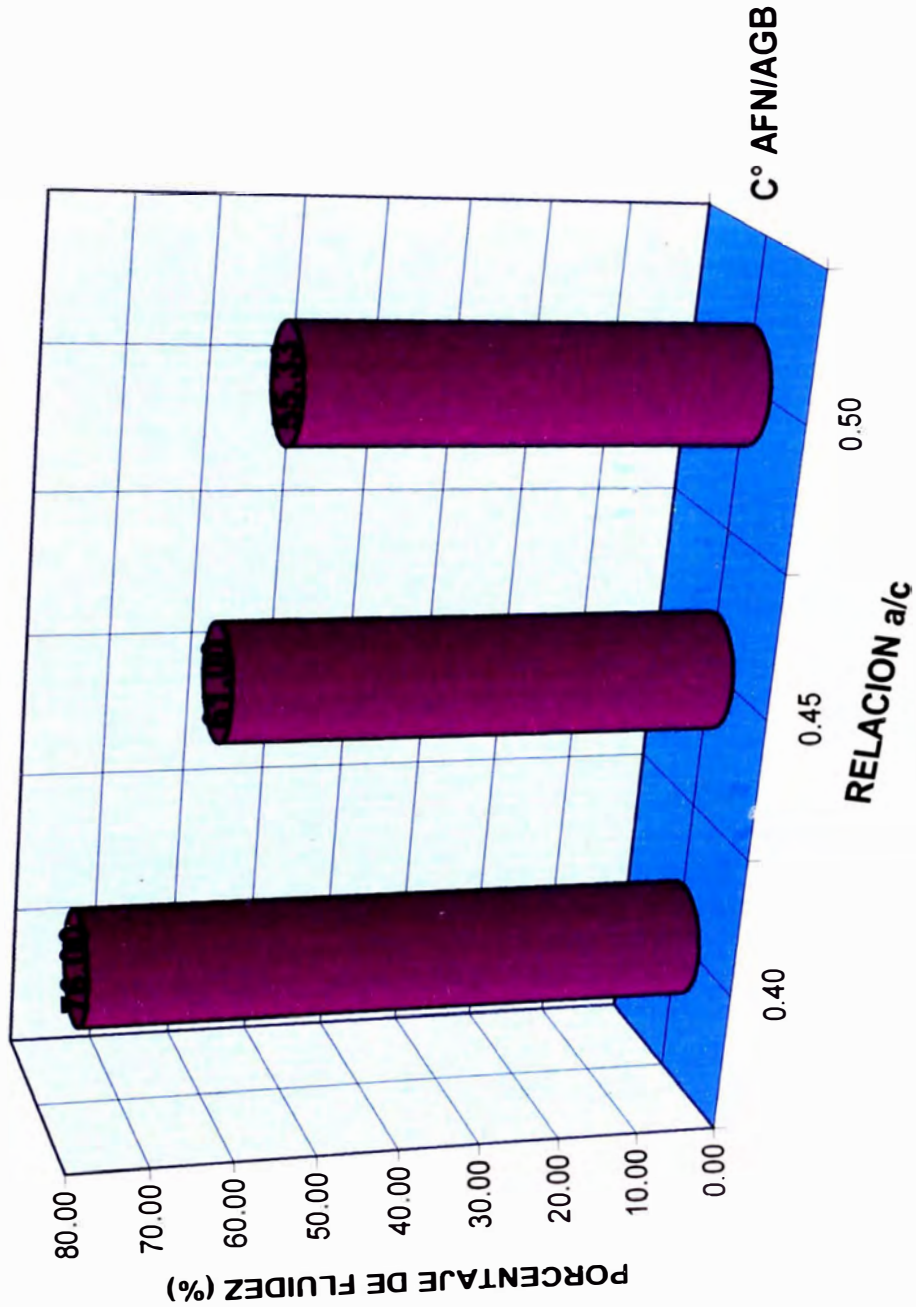
**GRAFICO N° 7.1.2b**  
**ENSAYO DE ASENTAMIENTO vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE CONVENCIONAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



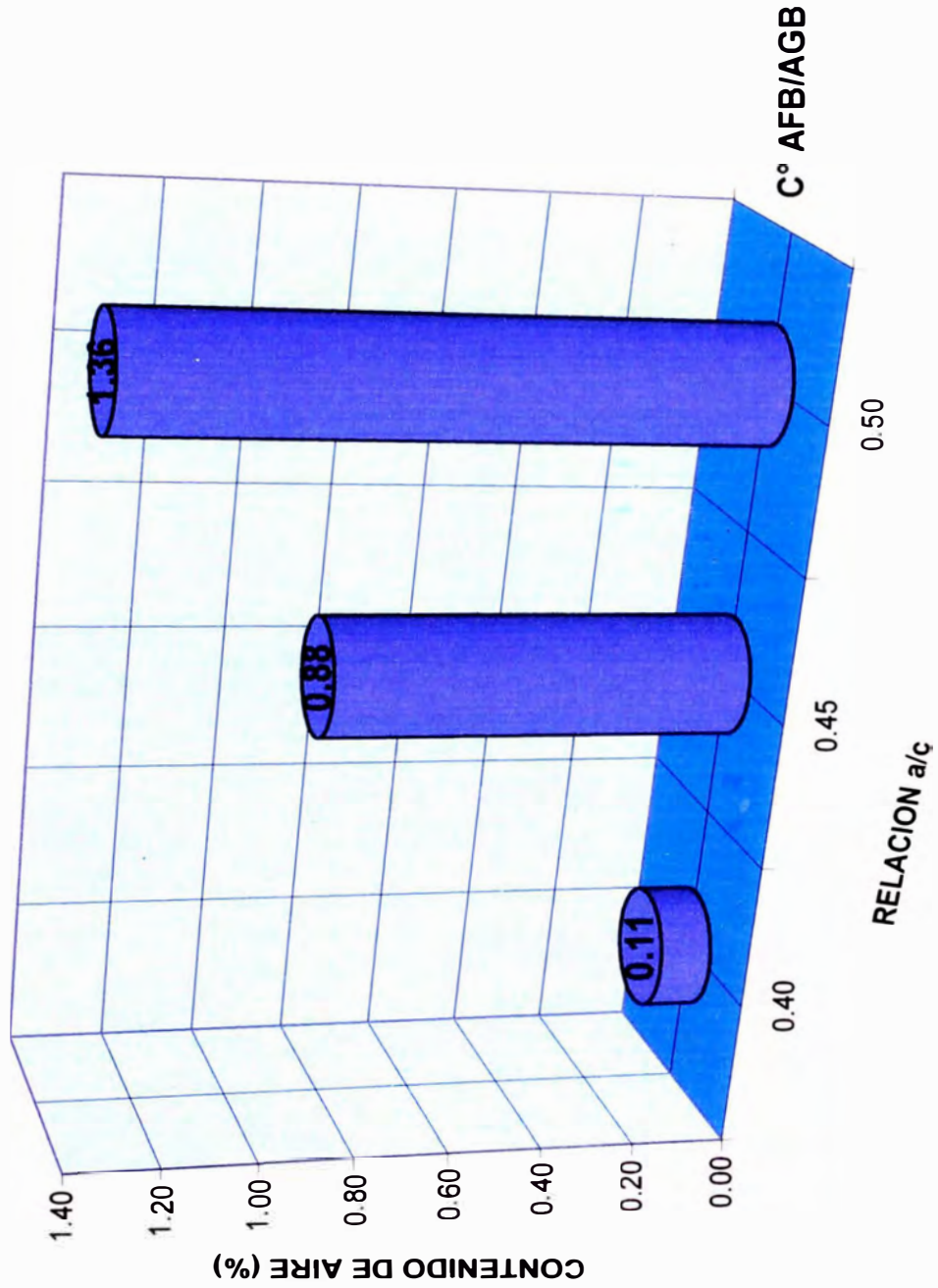
**GRAFICO N° 7.1.3a**  
**ENSAYO DE PORCENTAJE DE FLUIDEZ vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



**GRAFICO N° 7.1.3b**  
**ENSAYO DE PORCENTAJE DE FLUIDEZ vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

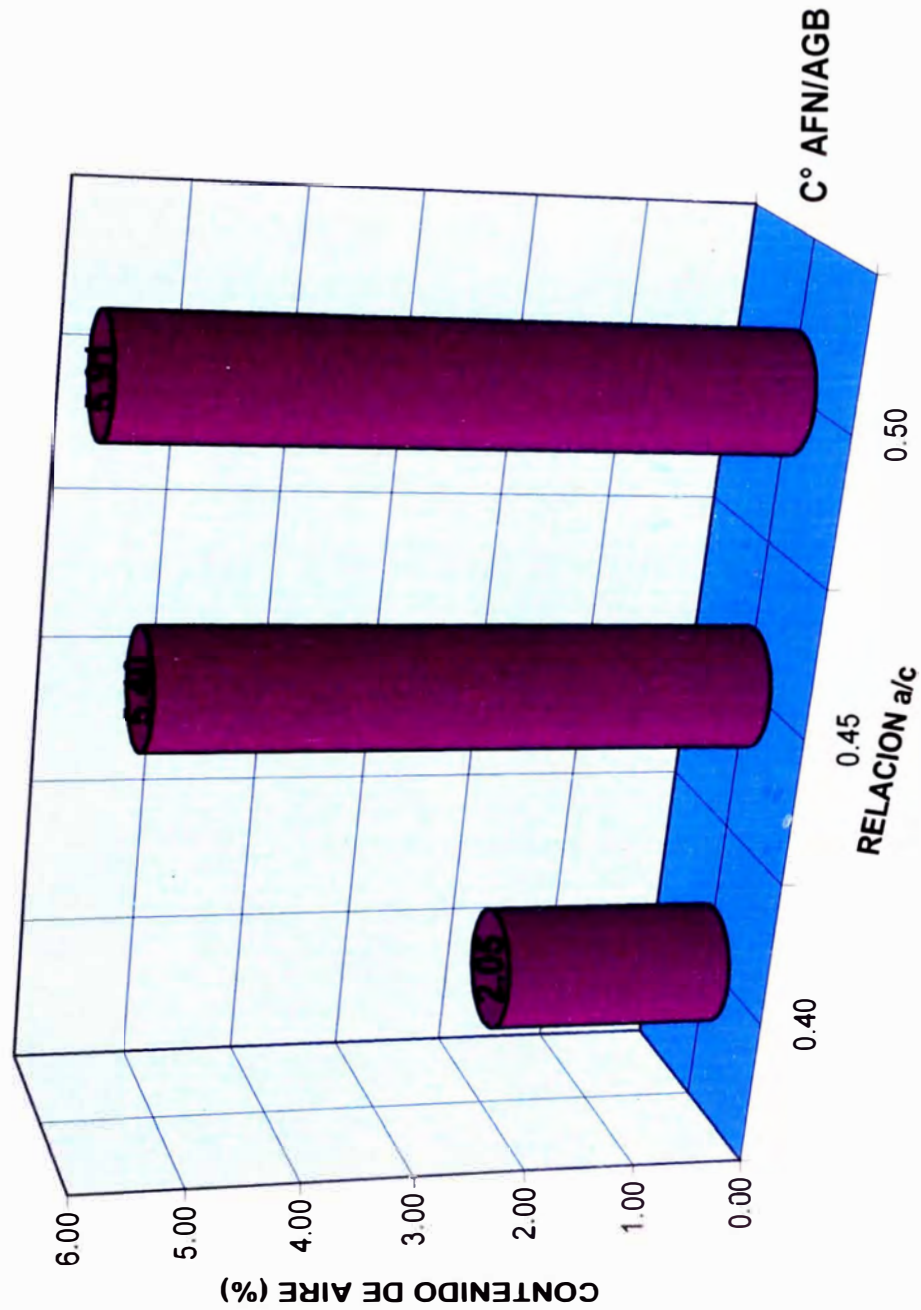


**GRAFICO N° 7.1.4a**  
**ENSAYO CONTENIDO DE AIRE vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

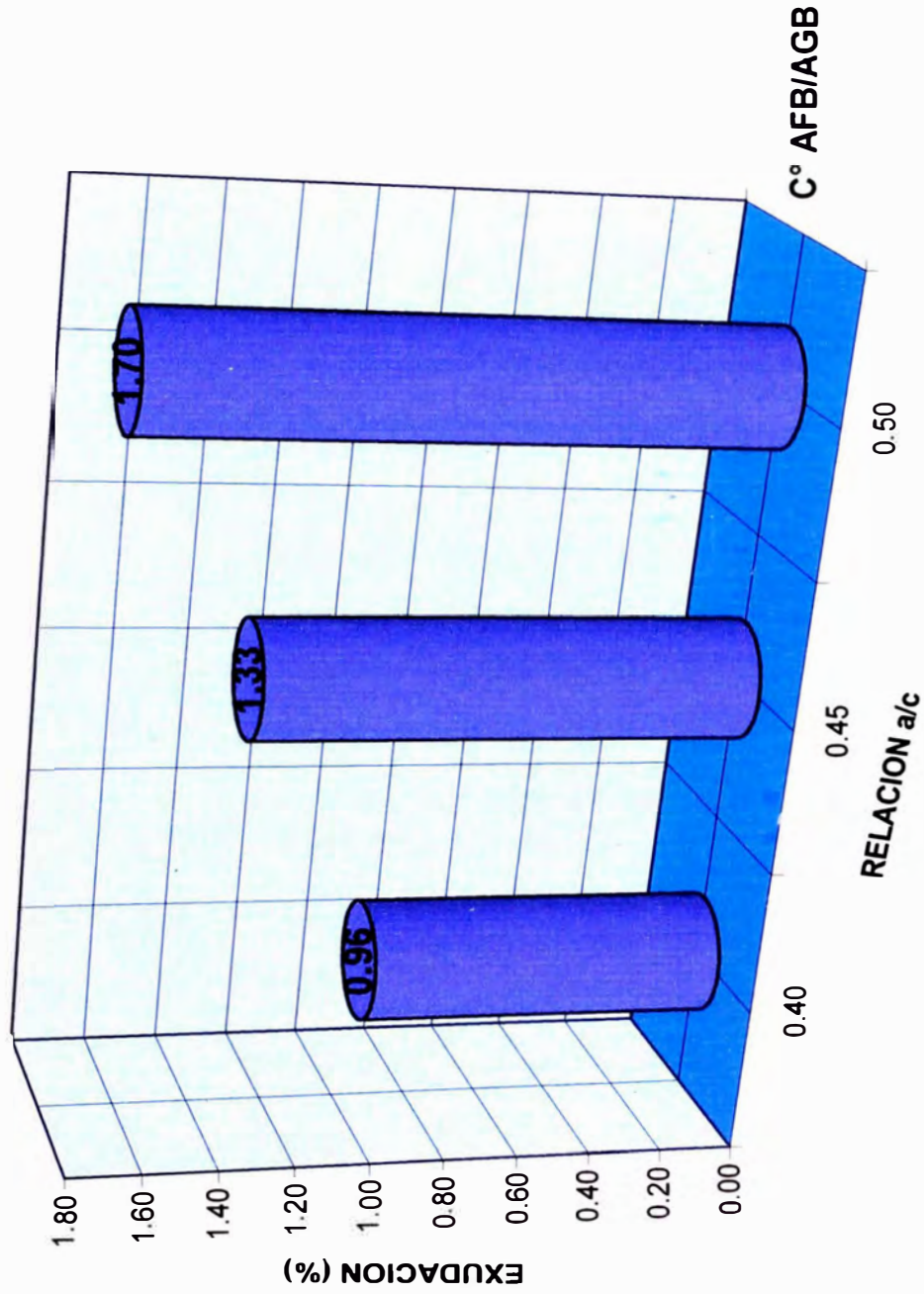




**GRAFICO N° 7.1.4b**  
**ENSAYO CONTENIDO DE AIRE vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



**GRAFICO N° 7.1.5a**  
**ENSAYO DE EXUDACION vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



**GRAFICO N° 7.1.4b**  
**ENSAYO DE EXUDACION vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

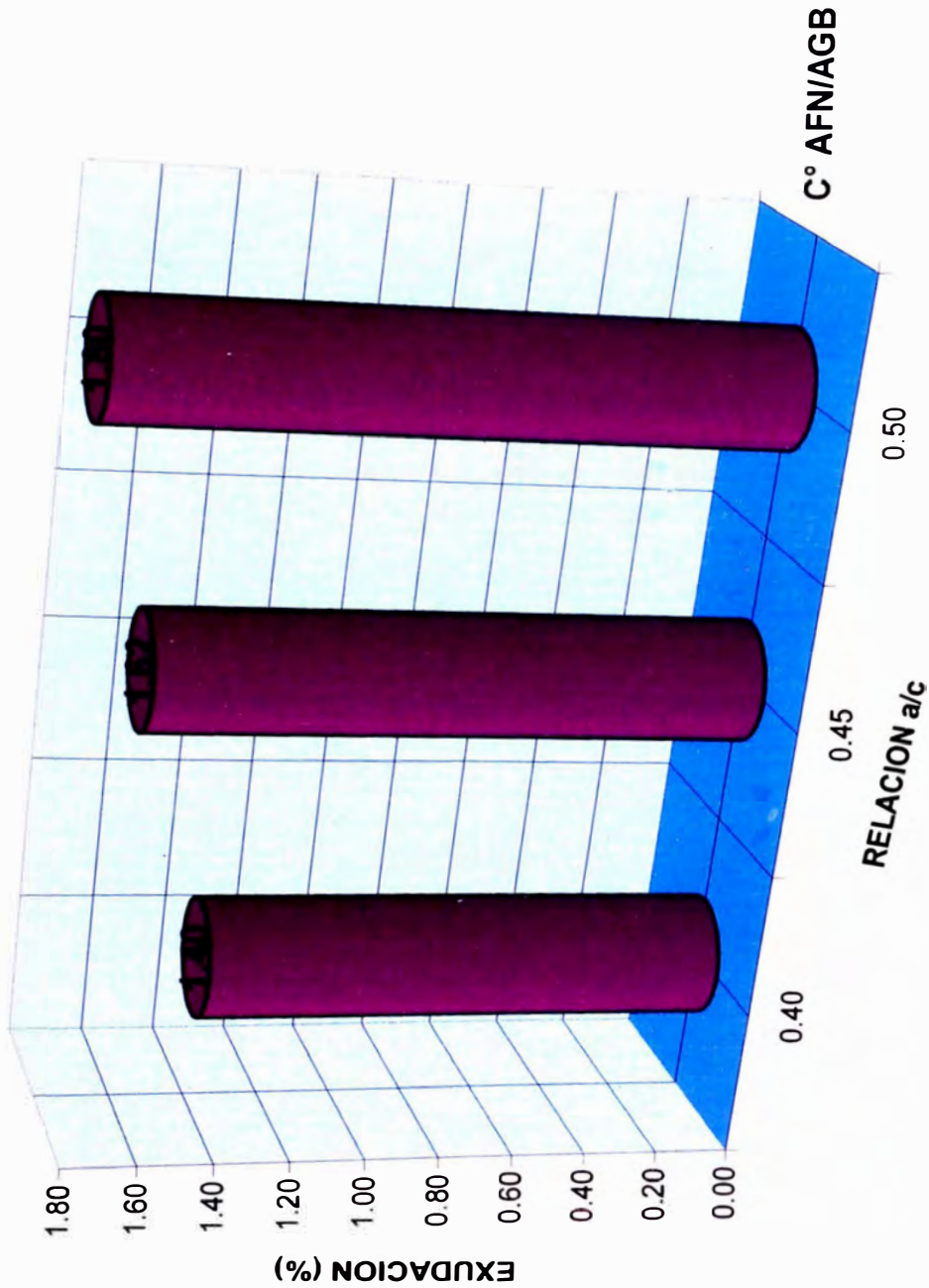


GRAFICO N° 7.1.6.1  
 ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

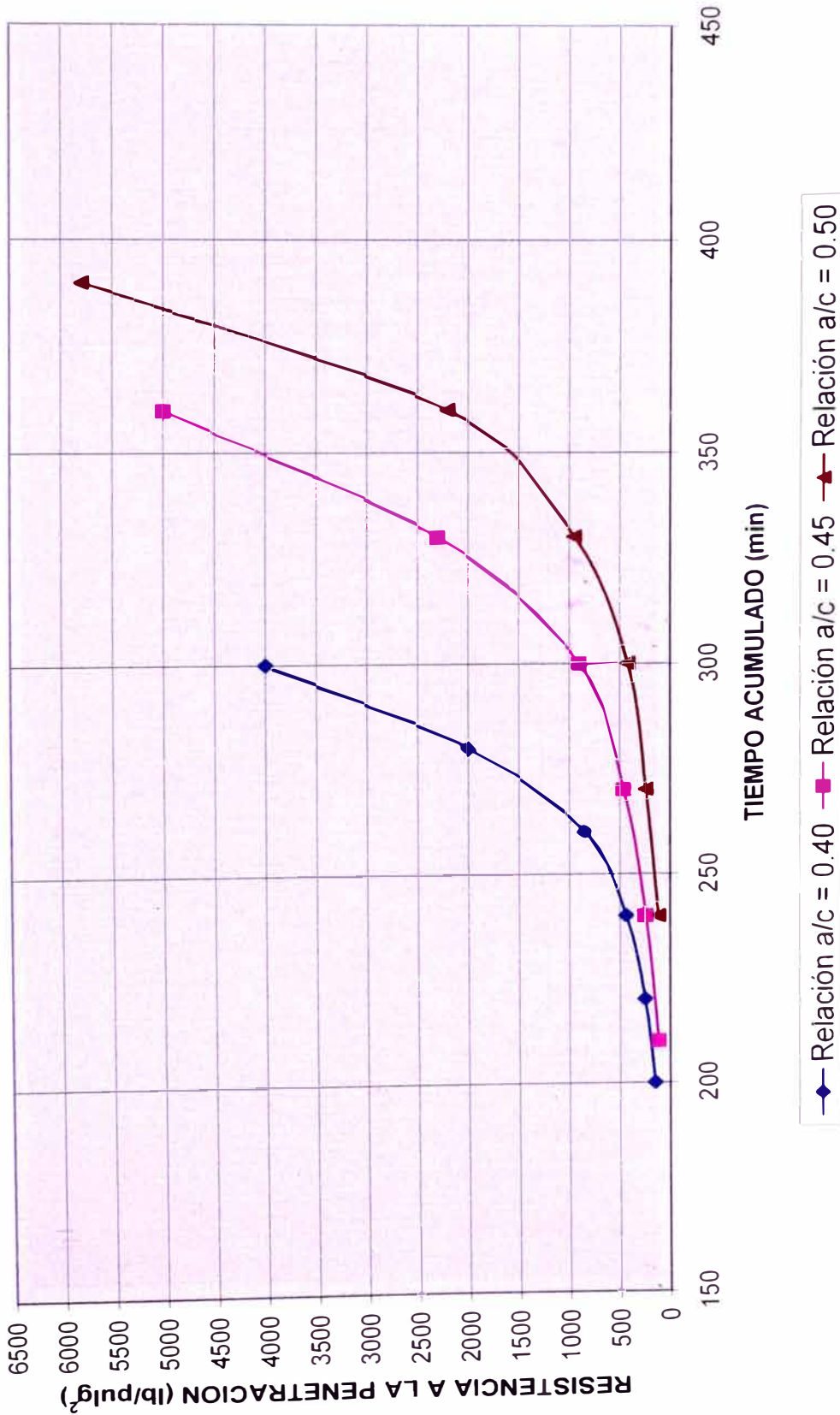
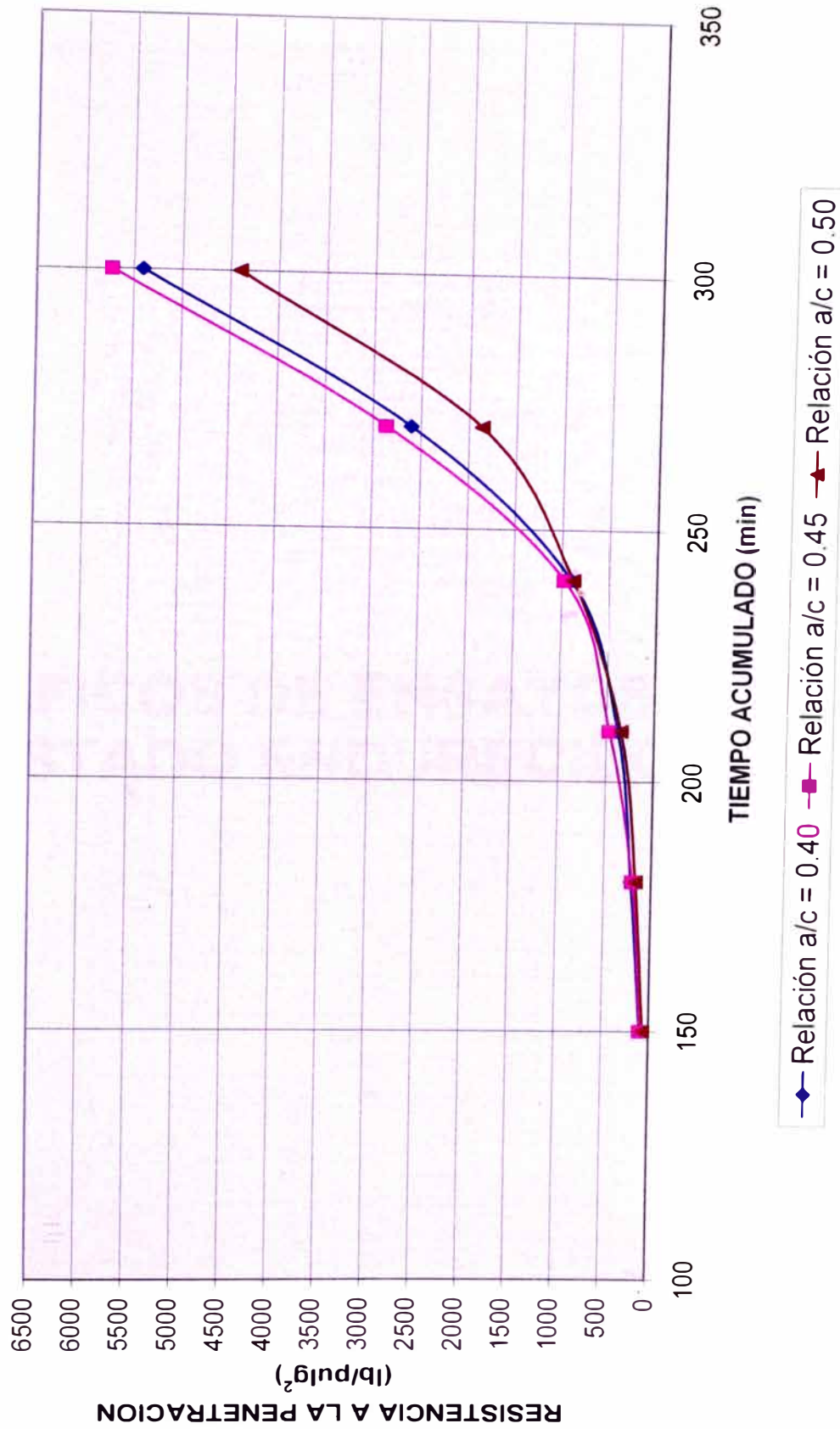
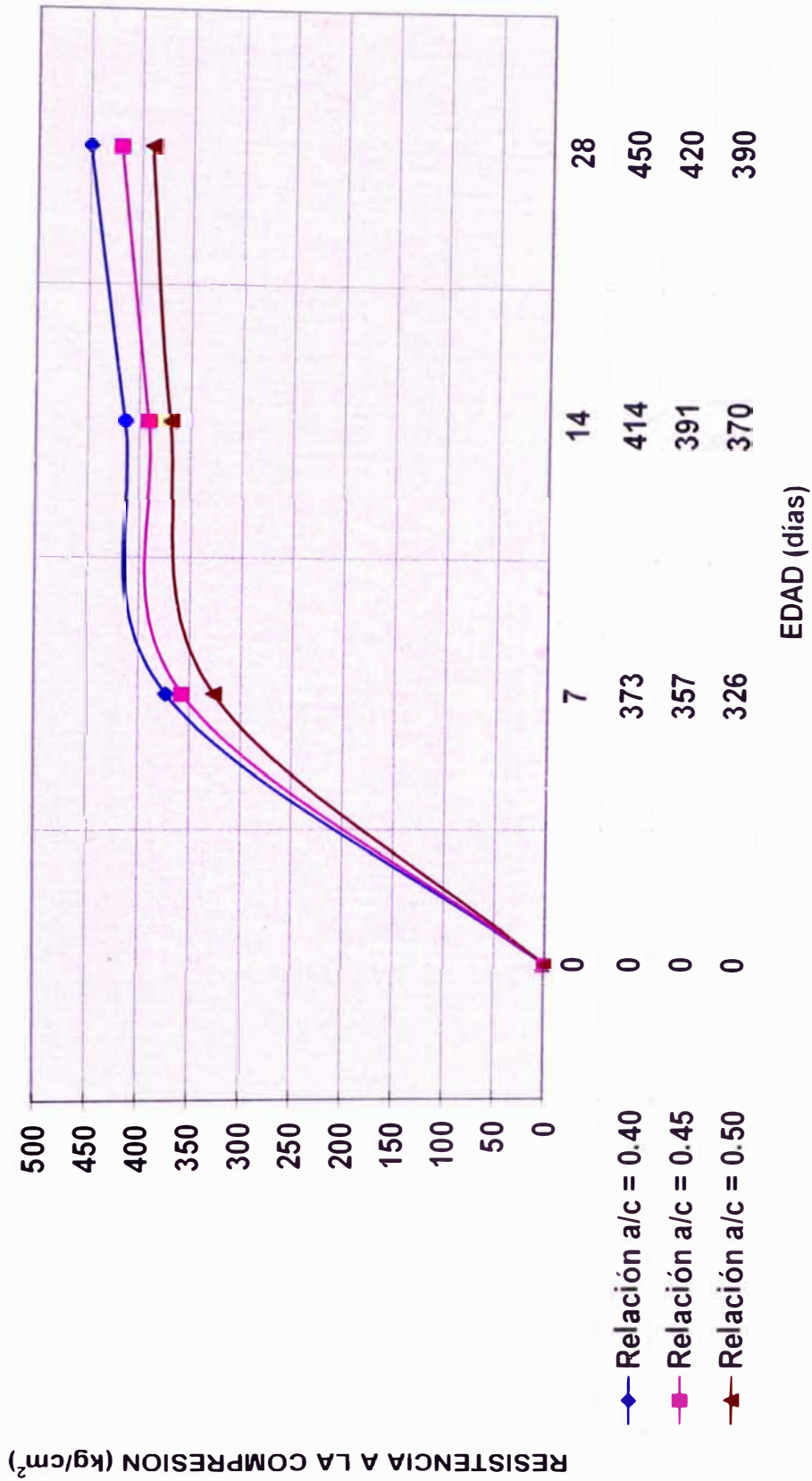


GRAFICO N° 7.1.6.2  
 ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA



# **GRAFICOS DE ENSAYOS AL ESTADO ENDURECIDO**

GRAFICO N° 7.2.1a  
 RESISTENCIA A LA COMPRESION vs EDAD  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA



**GRAFICO N° 7.2.1b**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESION vs EDAD**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

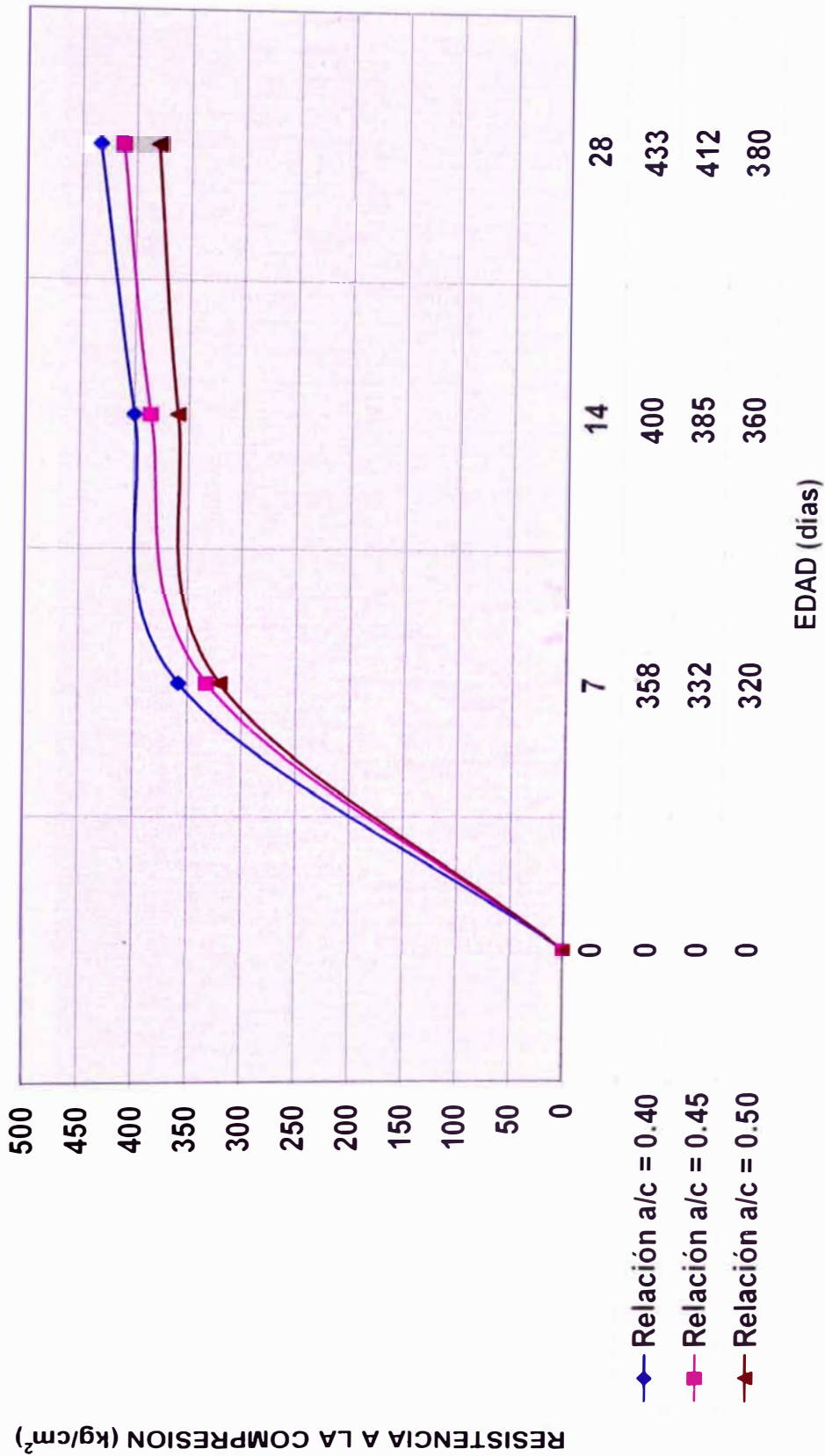




GRAFICO N° 7.2.1c  
 RESISTENCIA A LA COMPRESION vs RELACION a/c  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA



**GRAFICO N° 7.2.1d**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESION vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**



GRAFICO N° 7.2.2a  
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITITNA  
EDAD 28 DIAS

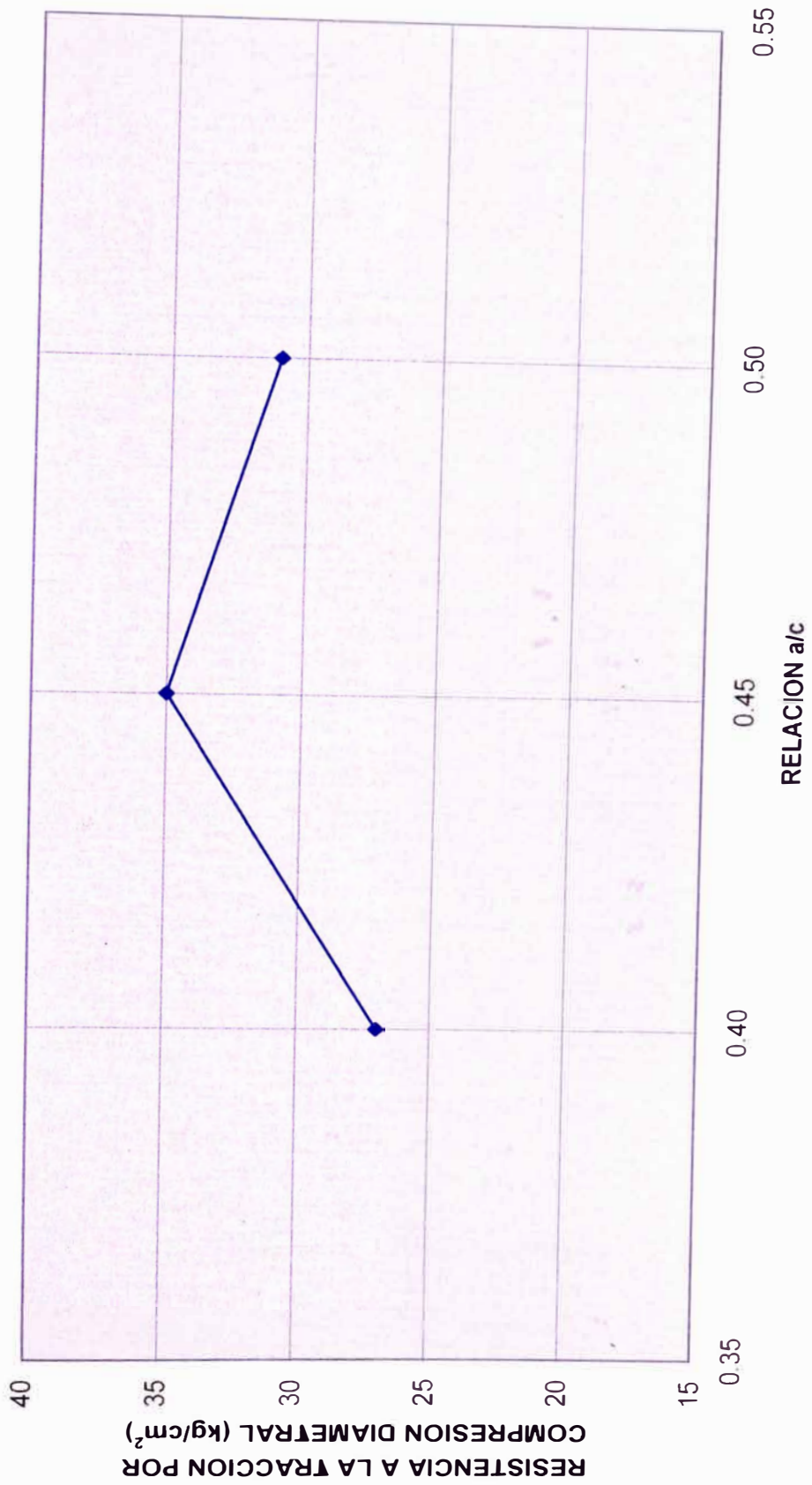
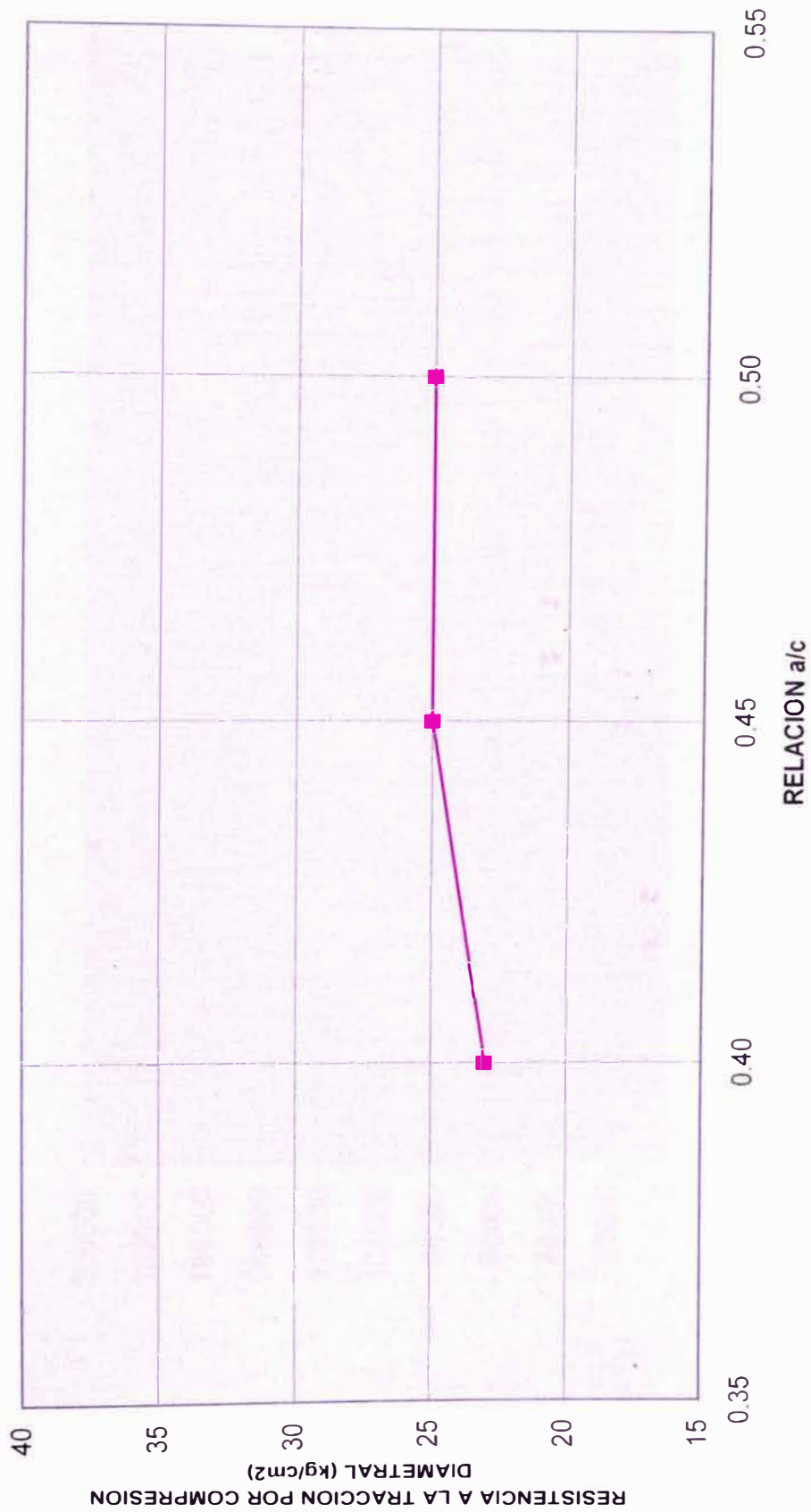


GRAFICO N° 7.2.2b  
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
EDAD 28 DIAS



**GRAFICO N° 7.2.3a**  
**ENSAYO MODULO ELASTICO ESTATICO vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**  
**EDAD 28 DÍAS**



**GRAFICO N° 7.2.3b**  
**ENSAYO MODULO ELASTICO ESTATICO vs RELACION a/c**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**  
**EDAD 28 DIAS**



**CAPITULO VIII**  
**ANALISIS COMPARATIVO DE LOS**  
**RESULTADOS**

## CAPITULO VIII

### ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollará el análisis comparativo, cuantitativa y gráficamente de los resultados obtenidos en la presente tesis titulado **“PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I”**.

Cuyo análisis se realizará basándose en los Concretos pesados fabricados solo con baritina y los fabricados con agregado fino normal y agregado grueso de baritina, las mismas que se justifican mediante los ensayos realizados del concreto al estado fresco y al estado endurecido, a partir de los diseños de mezcla patrón obtenidas en el capítulo IV.

Finalmente se podrá obtener las diversas conclusiones y recomendaciones y así poder verificar nuestros objetivos planteados.

El cual era analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto fabricado con agregados de baritina y evaluar en que medida mejora dichas propiedades con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

#### 8.1 ANALISIS AL ESTADO FRESCO

##### 8.1.1 Análisis comparativo en el Peso Unitario

Cuadro 8.1.1 Comparación del Peso Unitario.

RELACION a/c	PESO UNITARIO	ANALISIS
	C° AFN/AGB (kg/m <sup>3</sup> ) C° AFB/AGB (kg/m <sup>3</sup> )	COMPARATIVO C° AFN/AGB (%) C° AFB/AGB (%)
0.40	2556.50	100.00
	2913.14	113.95
0.45	2697.74	100.00
	3043.79	112.83
0.50	2761.30	100.00
	3114.41	112.79



Como podemos observar en el siguiente cuadro para el Peso Unitario se obtiene un incremento para los concretos elaborados solo con agregados de baritina, respecto al concreto con agregado fino normal y agregado grueso de baritina para las relaciones agua/cemento planteadas.

Como sabemos el peso unitario del concreto está en relación directa con el Peso Específico de los agregados, por lo tanto a mayor Peso Específico se ha de obtener mayor Peso Unitario del Concreto.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.1.1

### 8.1.2 Análisis comparativo en la Consistencia

Cuadro 8.1.2 Comparación de la Consistencia.

RELACION a/c	ASENTAMIENTO		ANÁLISIS COMPARATIVO	
	C° AFN/AGB (pulg)	C° AFB/AGB (pulg)	C° AFN/AGB (%)	C° AFB/AGB (%)
0.40	3 ¼"		100.00	
		3 ¾"	115.38	
0.45	3 ¼"		100.00	
		3 1/2"	107.69	
0.50	3 ¼"		100.00	
		3 1/2"	107.69	

Observándose que los valores del asentamiento para la misma relación agua/cemento para los concretos fabricados solo con agregados de baritina, son mayores que los concretos fabricados con agregado fino normal y agregado grueso de baritina, estos valores son muy aleatorios, ya que se debe tener en cuenta los parámetros que influyen en estos resultados tales como la proporción óptima de los agregados, % de humedad, % de Absorción.

Cabe indicar que para el presente trabajo de investigación se ha buscado asentamientos para obtener mezclas plásticas cuyos valores estén entre 3"– 4".

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.1.2

### 8.1.3 Análisis comparativo en el Porcentaje de Fluidéz

Cuadro 8.1.3 Comparación en el Porcentaje de Fluidéz.

RELACION a/c	PORCENTAJE DE FLUIDEZ	ANALISIS COMPARATIVO
	C° AFN/AGB (%) C° AFB/AGB (%)	C° AFN/AGB (%) C° AFB/AGB (%)
0.40	76.00	100.00
	103.00	135.53
0.45	61.00	100.00
	91.00	149.18
0.50	55.32	100.00
	84.67	153.01

De los valores observados se puede distinguir el incremento del porcentaje de fluidéz, para el concreto pesado solo con agregados de baritina, con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina, debemos señalar que la consistencia de una mezcla es función directa de su contenido de agua, de la granulometría y de las características físicas de los agregados.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.1.3

### 8.1.4 Análisis comparativo en el Contenido de Aire

Cuadro 8.1.4 Comparación en el Contenido de Aire.

RELACION a/c	CONTENIDO DE AIRE	ANALISIS COMPARATIVO
	C° AFN/AGB (%) C° AFB/AGB (%)	C° AFN/AGB (%) C° AFB/AGB (%)
0.40	2.05	100.00
	0.11	5.37
0.45	5.40	100.00
	0.88	16.30
0.50	5.91	100.00
	1.36	23.01

El contenido de aire es inherente en el concreto, y su valor nos permitiría prevenir los efectos perjudiciales, para ciertas situaciones de obra, tales como condiciones extremas de temperatura.

El porcentaje de aire en el concreto depende de muchos factores, granulometría de los agregados, forma de los agregados, condiciones de operación.

Del cuadro se puede observar que el contenido de aire disminuye para el concreto pesado solo con agregados de baritina, con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.1.4

### 8.1.5 Análisis comparativo en la Exudación

Cuadro 8.1.5 Comparación en la Exudación.

RELACION a/c	EXUDACION		ANALISIS COMPARATIVO	
	C° AFN/AGB (%)	C° AFB/AGB (%)	C° AFN/AGB (%)	C° AFB/AGB (%)
0.40	1.40		100.00	
	0.96		68.57	
0.45	1.62		100.00	
	1.33		82.10	
0.50	1.80		100.00	
	1.70		94.44	

Como es sabida la exudación es la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación y al adecuado reacomodo de los sólidos.

Este fenómeno es debido principalmente por la angularidad y granulometría del agregado fino, así también por las características físicas de los materiales y contenido de aire.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.1.5

En nuestro caso el volumen de agua exudada se muestra en los cuadros N° 7.1.5.1a, 7.1.5.1b, 7.1.5.1c, 7.1.5.2a, 7.1.5.2b y 7.1.5.2c, ver en la sección anexos.

### 8.1.6 Análisis comparativo en el Tiempo de Fraguado

Cuadro 8.1.6 Comparación en el Tiempo de Fraguado

RELACION a/c	TIEMPO DE FRAGUADO CONCRETO AFN/AGB	TIEMPO DE FRAGUADO CONCRETO AFB/AGB	ANALISIS COMPARATIVO TFI (%) TFF (%)
0.40	TFI 3h 37'	TFI 4h 5'	112.90
	TFF 4h 45'	TFF 5h 0'	105.26
0.45	TFI 3h 30'	TFI 4h 34'	130.48
	TFF 4h 41'	TFF 5h 50'	124.56
0.50	TFI 3h 41'	TFI 5h 7'	138.91
	TFF 4h 53'	TFF 6h 17'	128.67

Leyenda:

AFB: Agregado fino de baritina

AFN: Agregado fino normal

AGB: Agregado grueso de Baritina

Del cuadro se puede observar que el tiempo de fraguado inicial y final experimenta un incremento para el concreto pesado solo con agregados de baritina, con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

La variación para el fraguado inicial esta entre el 12% al 39% y del 5% al 29% para el fraguado final, dichas variaciones se presentan para la misma relación agua/cemento.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en los gráficos N° 8.1.6a, N° 8.1.6b y N° 8.1.6c

## 8.2 ANALISIS AL ESTADO ENDURECIDO

### 8.2.1 Análisis comparativo de la Resistencia a la Compresión

En el cuadro N° 8.2.1a se evaluará la correlación de la Resistencia a la Compresión tomando como referencia al concreto curado a los 28 días.

Así también en el cuadro N° 8.2.1.b se realizará un análisis comparativo en forma individual para cada relación agua/cemento, y curados a los 7, 14 y 28 días.

Cuadro N° 8.2.1a Correlación de la Resistencia a la compresión con respecto a los 28 días de curado.

EDAD (días)	RELACION a/c	% RESISTENCIA		VARIACION (%)
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
7	0.40	82.68	82.89	0.21
	0.45	80.58	85.00	4.42
	0.50	84.21	83.59	0.62
14	0.40	92.38	92.00	0.38
	0.45	93.45	93.10	0.35
	0.50	94.74	94.87	0.13

Del cuadro anterior podemos observar que los porcentajes obtenidos en referencia a las resistencias a la compresión a los 7 y 14 días son significativas con respecto a los 28 días de curado tanto para el para el concreto pesado solo con agregados de baritina, así como también para el concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

Cuadro N° 8.2.1b Análisis comparativo individual para cada relación a/c.

EDAD (días)	RELACION a/c	% RESISTENCIA		VARIACION (%)
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
7	0.40	100.00	104.19	4.19
	0.45	100.00	107.53	7.53
	0.50	100.00	101.88	1.88
14	0.40	100.00	103.50	3.50
	0.45	100.00	101.56	1.56
	0.50	100.00	102.78	2.78
28	0.40	100.00	103.93	3.93
	0.45	100.00	101.94	1.94
	0.50	100.00	102.63	2.63

En el siguiente cuadro podemos observar incrementos para los 7, 14 y 28 días para las diferentes relaciones agua/cemento.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en los gráficos N° 8.2.1.1a, N° 8.2.1.1b, N° 8.2.1.1c, N° 8.2.1.2a, N° 8.2.1.2b y N° 8.2.1.2c

### 8.2.2 Análisis comparativo de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Cuadro N° 8.2.2a Análisis comparativo para la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral para cada relación a/c.

EDAD (días)	RELACION a/c	RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )		VARIACION (kg/cm <sup>2</sup> )
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
28	0.40	23	27	4
	0.45	25	35	10
	0.50	25	31	6

Cuadro N° 8.2.2b Análisis comparativo en porcentaje de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

EDAD (días)	RELACION a/c	% RESISTENCIA A LA TRACCION		VARIACION (%)
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
28	0.40	100.00	117.39	17.39
	0.45	100.00	140.00	40.00
	0.50	100.00	124.00	24.00

De los cuadros anteriores se observa, que para las diferentes relaciones agua/cemento, existen incrementos significativos, es importante señalar que la resistencia a la tracción, está relacionada directamente con la adherencia agregado pasta y propiamente con la calidad del agregado grueso.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.2.2

### 8.2.3 Análisis comparativo en el Módulo de Elasticidad Estático

Cuadro N° 8.2.3a Análisis comparativo en el Módulo Elasticidad Estático para cada relación a/c.

EDAD (días)	RELACION a/c	Modulo Elástico Estático (kg/cm <sup>2</sup> )		VARIACION (kg/cm <sup>2</sup> )
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
28	0.40	138121	145453	7332
	0.45	136706	183024	46318
	0.50	129927	172513	42586

Cuadro N° 8.2.3b Análisis comparativo en porcentaje del Módulo de Elasticidad Estático para cada relación a/c.

EDAD (días)	RELACION a/c	Modulo Elástico Estático (%)		VARIACION (%)
		CONCRETO AFN/AGB	CONCRETO AFB/AGB	
28	0.40	100.00	105.31	5.31
	0.45	100.00	133.88	33.88
	0.50	100.00	132.78	32.78

Leyenda:

AFB: Agregado fino de baritina

AFN: Agregado fino normal

AGB: Agregado grueso de Baritina

De los cuadros anteriores se observa, que para las diferentes relaciones agua/cemento, existen incrementos significativos, es importante señalar que el modulo de elasticidad estático, es un parámetro de control importante para la ejecución de diversas estructuras.

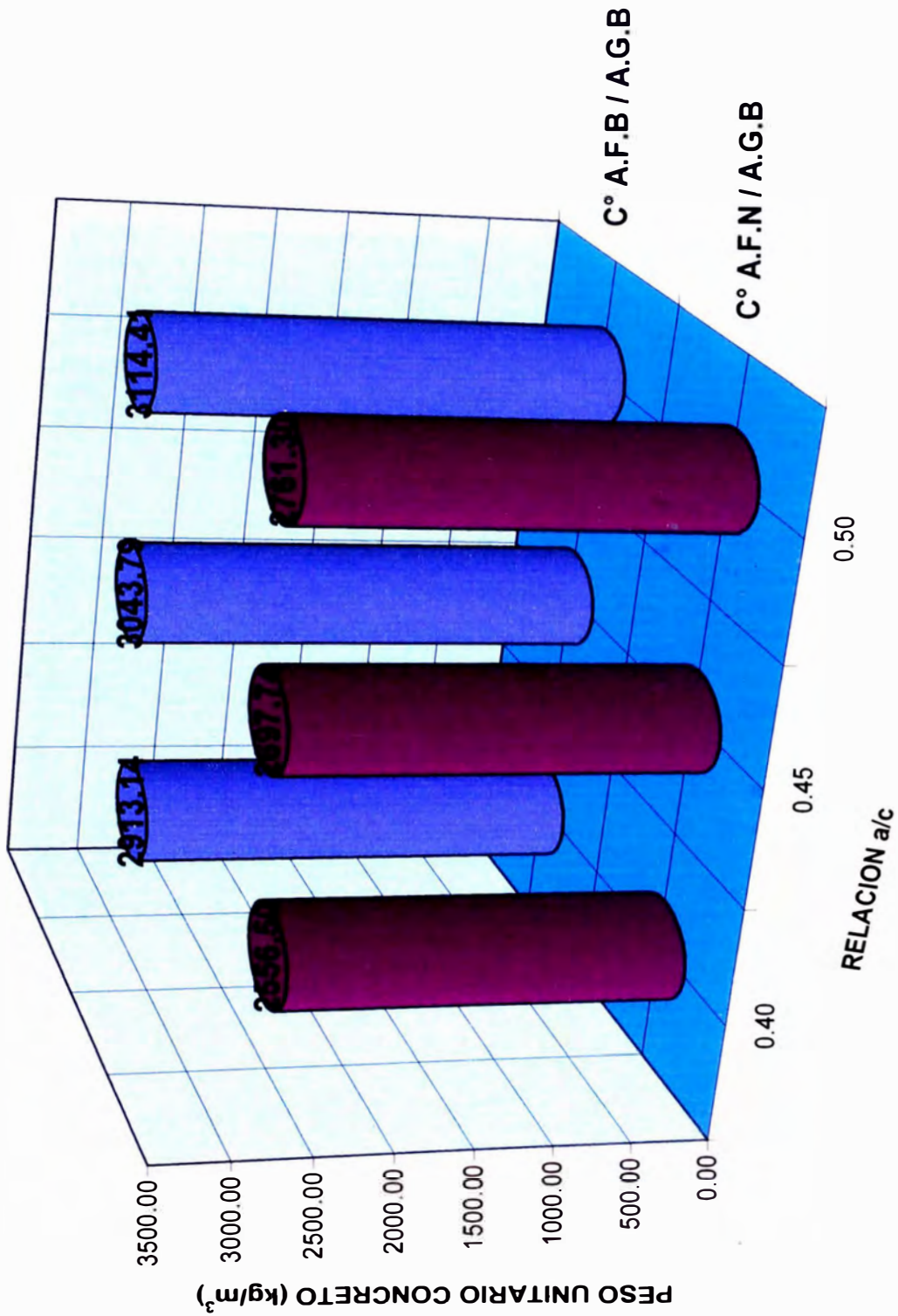
Cuyo análisis comparativo se ilustra en el gráfico N° 8.2.3

# **GRAFICOS COMPARATIVOS**



# **GRAFICOS COMPARATIVOS DE ENSAYOS AL ESTADO FRESCO**

GRAFICO N° 8.1.1  
ANALISIS COMPARATIVO DE ENSAYO PESO UNITARIO DEL CONCRETO VS RELACION a/c



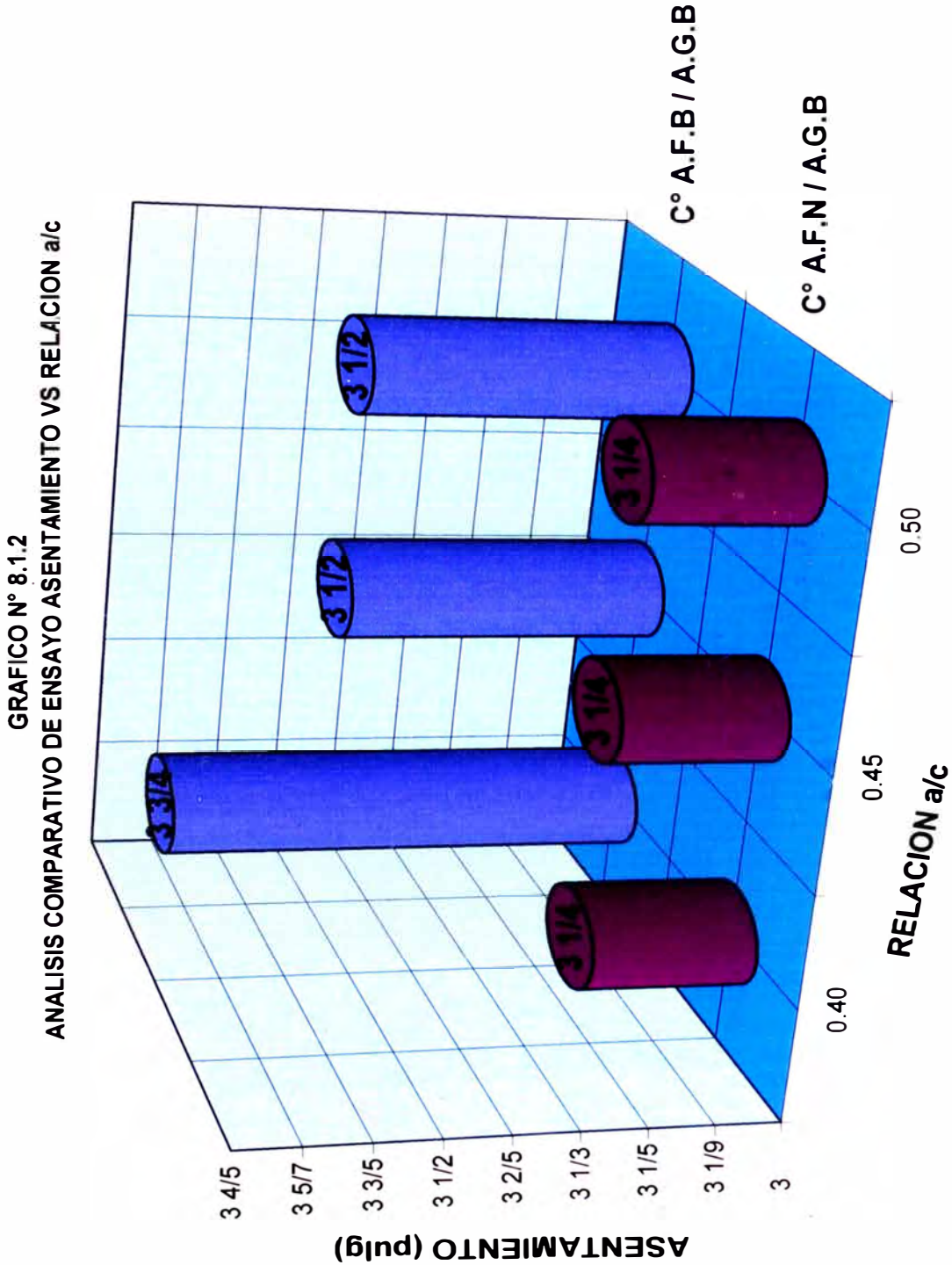
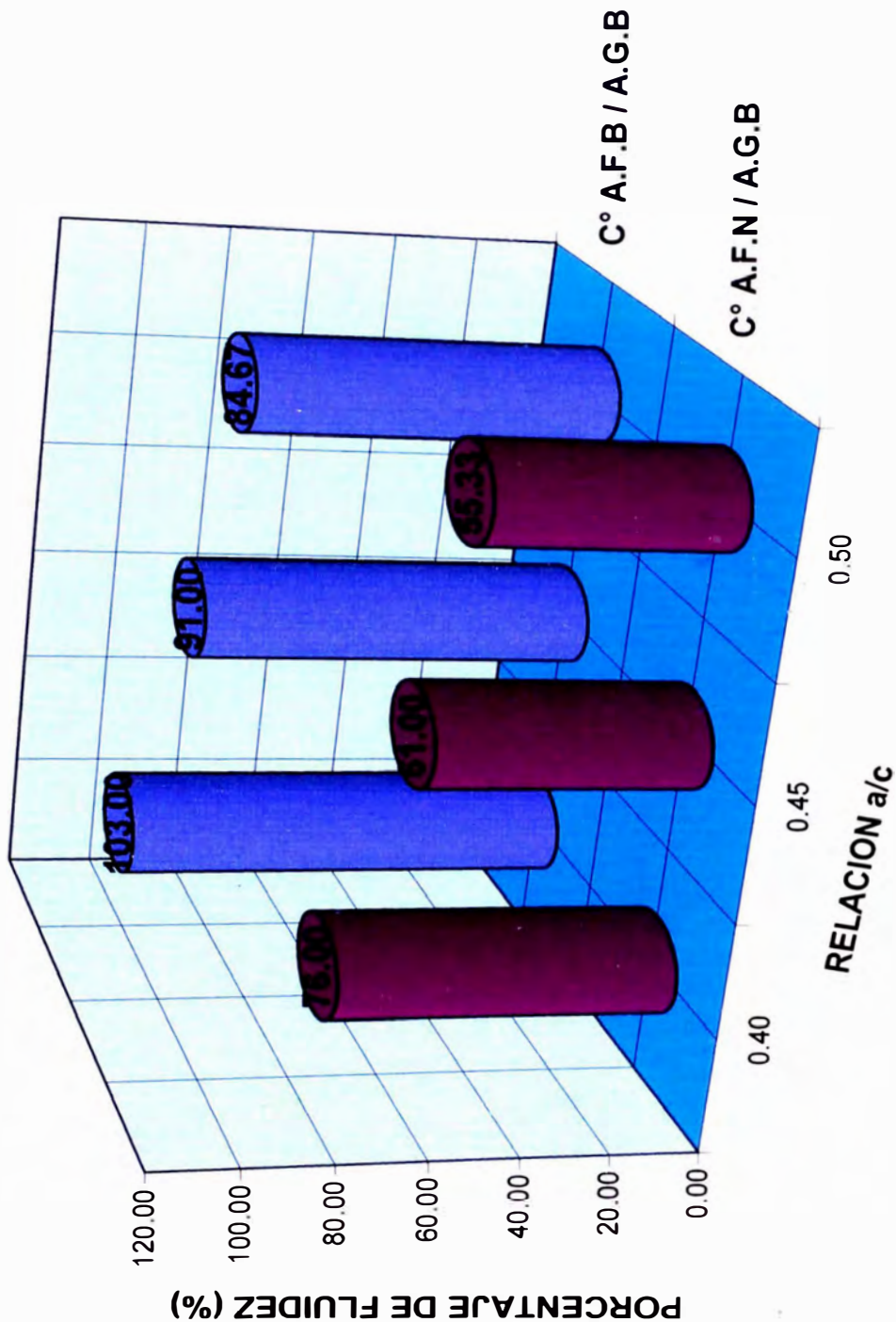
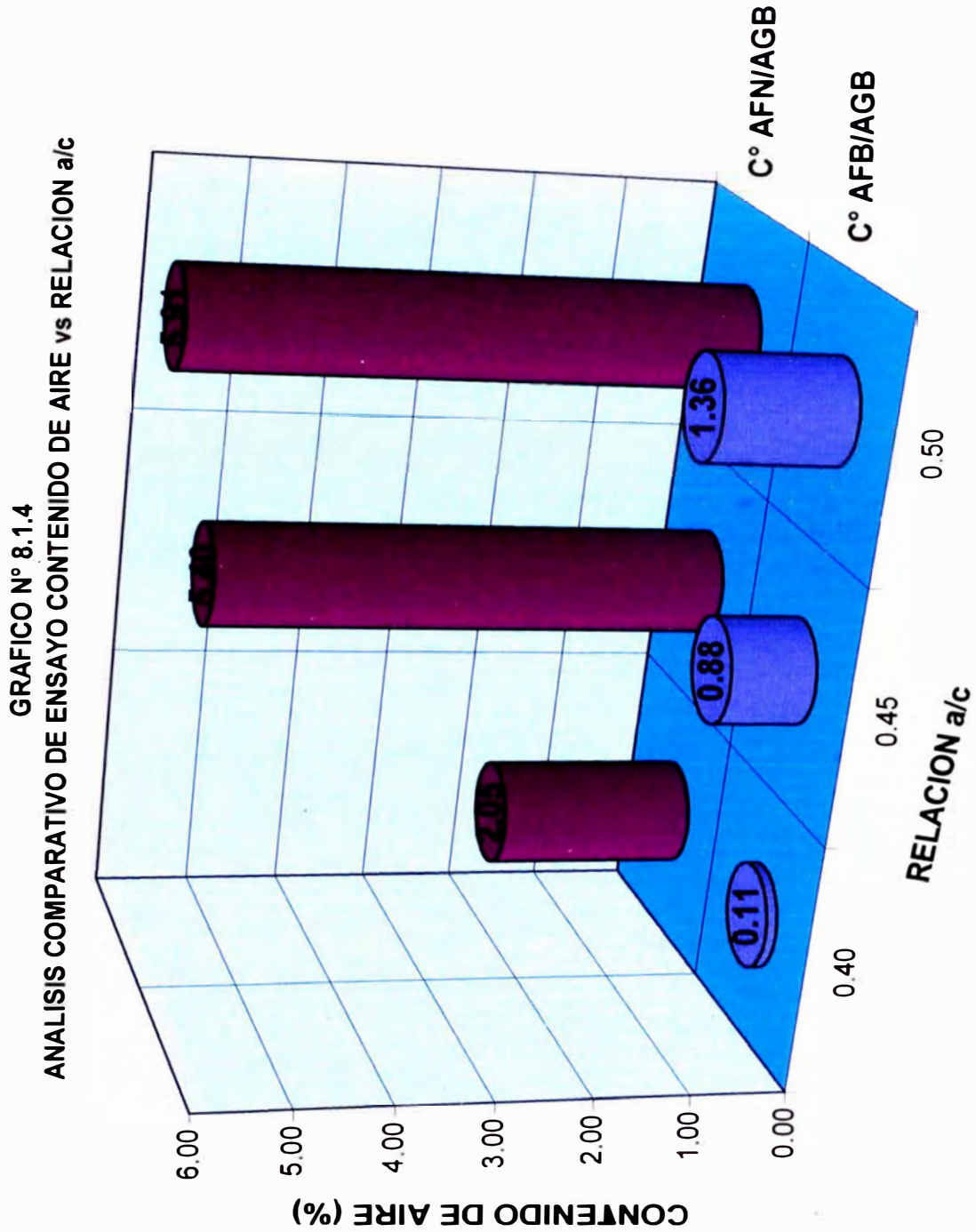
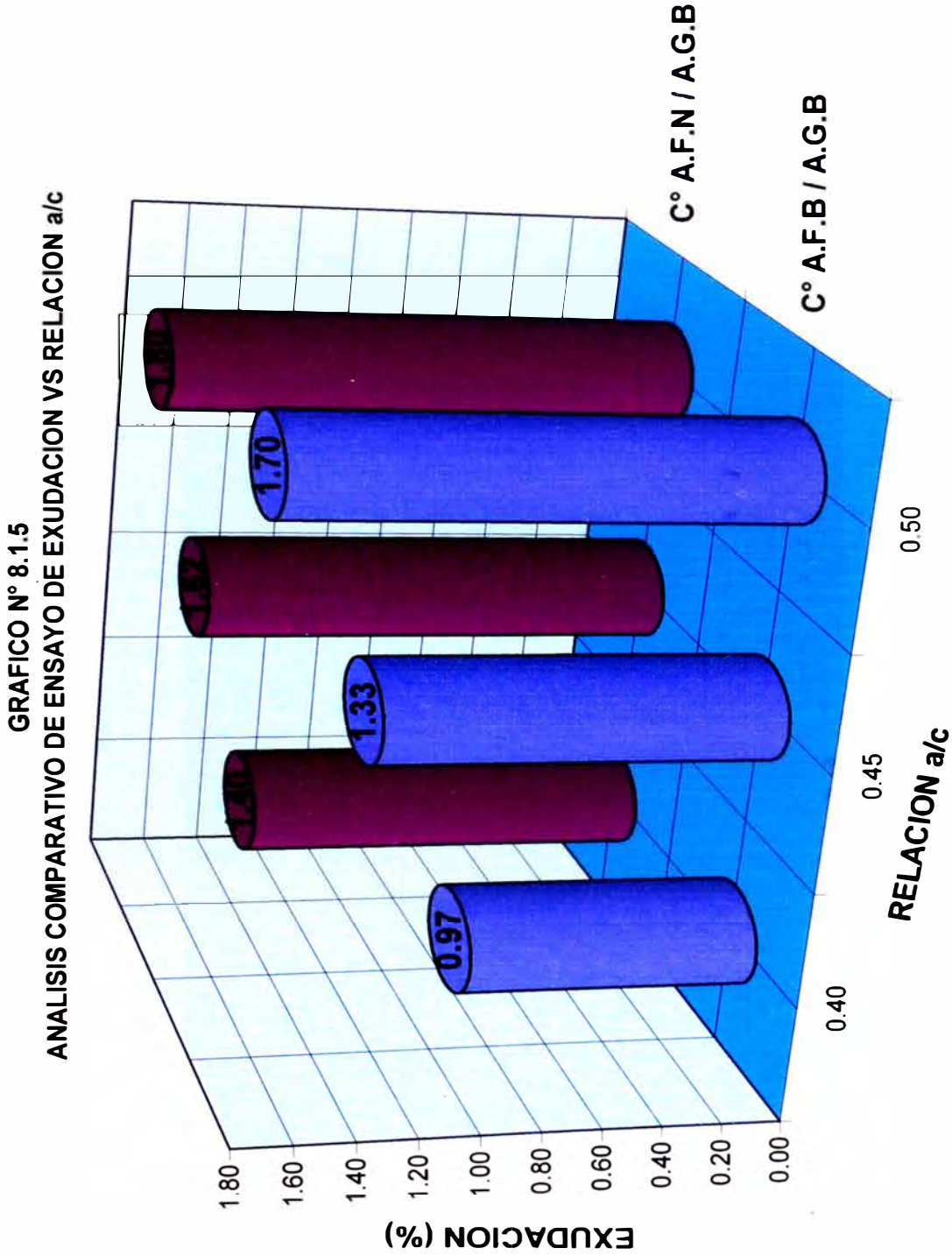


GRAFICO N° 8.1.3  
ANALISIS COMPARATIVO DE ENSAYO PORCENTAJE DE FLUIDEZ VS RELACION a/c







**GRAFICO N° 8.1.6a**  
**ANALISIS COMPARATIVO DE ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO**  
**RELACION a/c = 0.40**

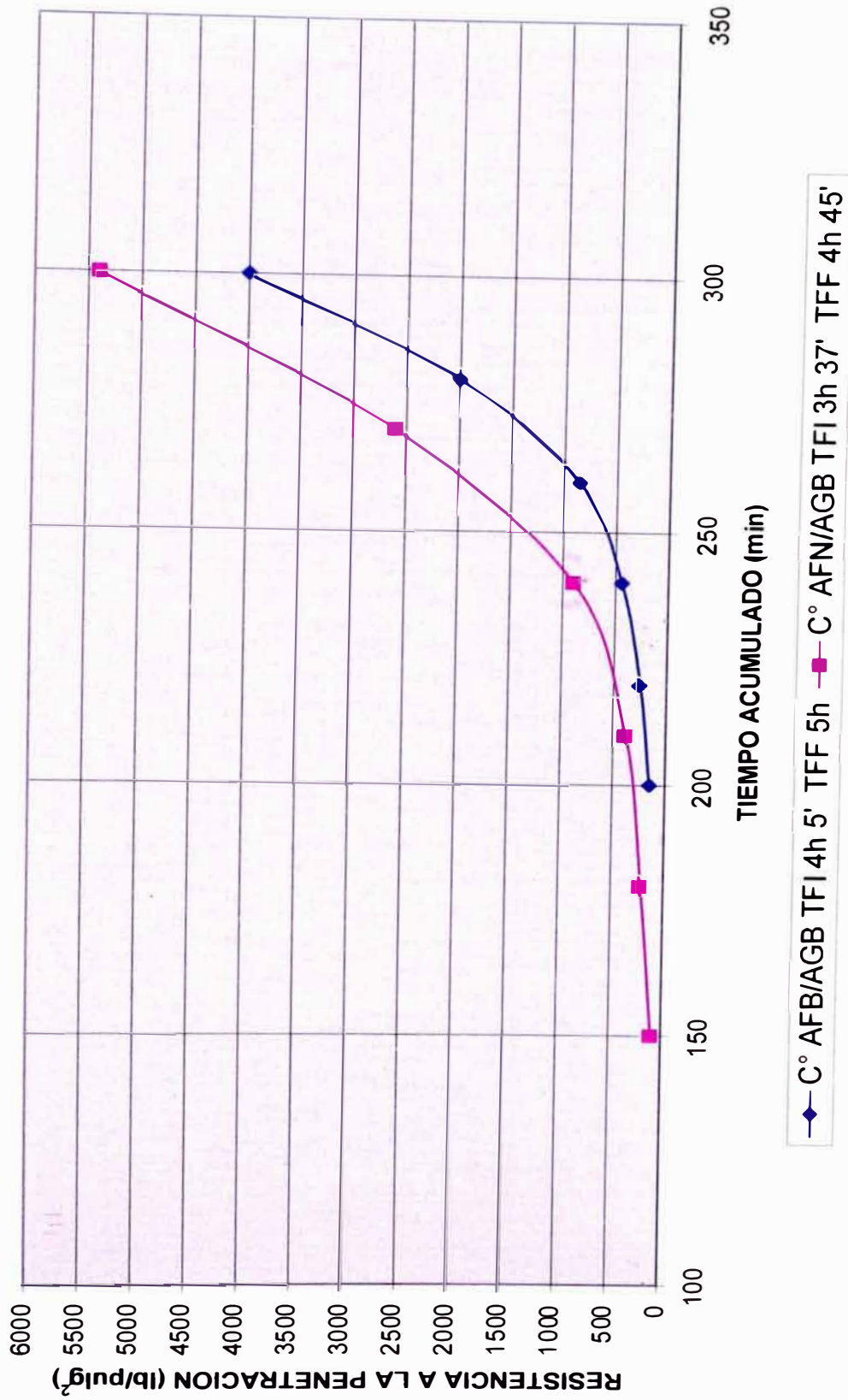
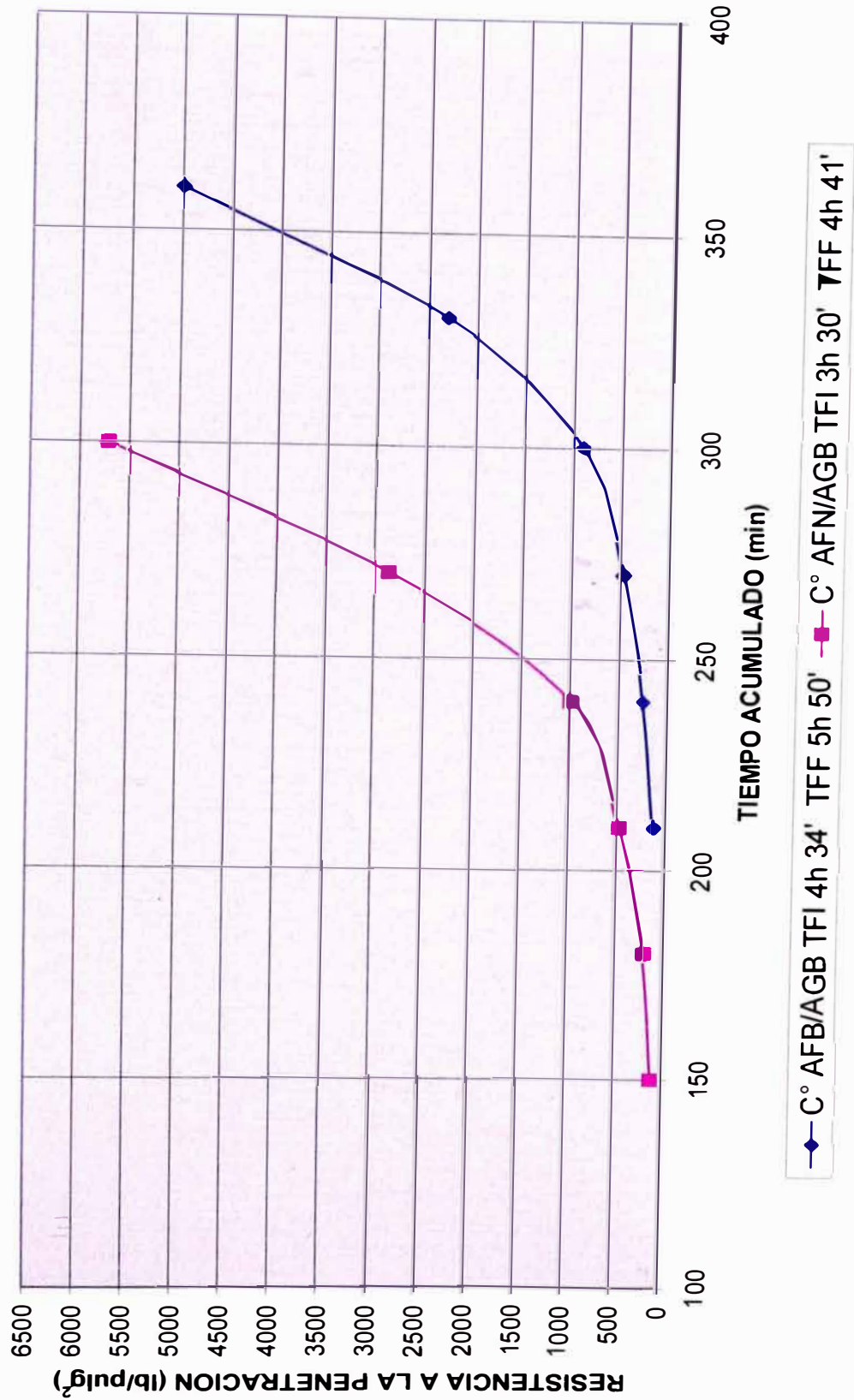
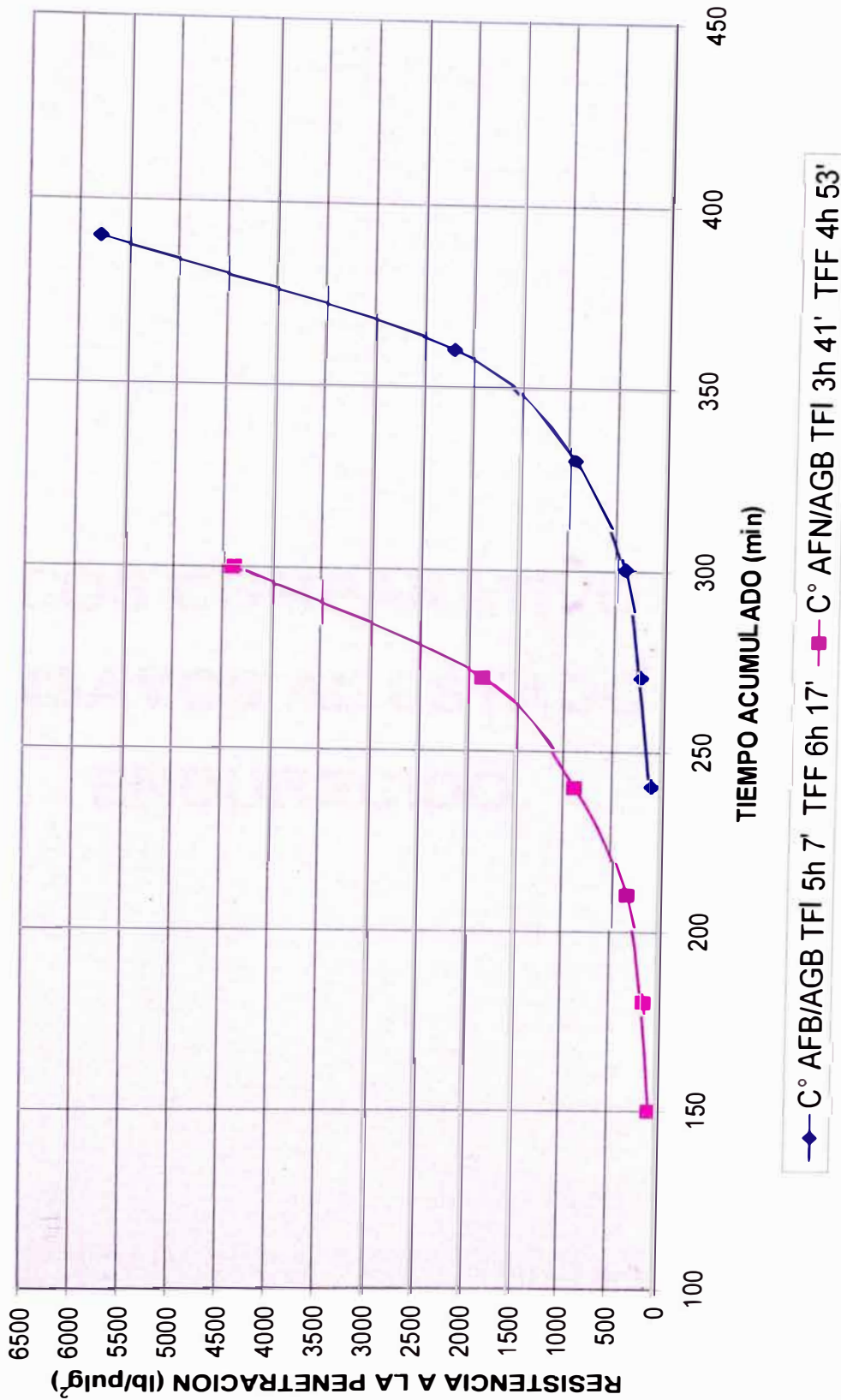


GRAFICO N° 8.1.6b  
 ANALISIS COMPARATIVO DE ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO  
 RELACION a/c = 0,45





**GRAFICO N° 8.1.6c**  
**ANALISIS COMPARATIVO DE ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO**  
**RELACION a/c = 0.50**

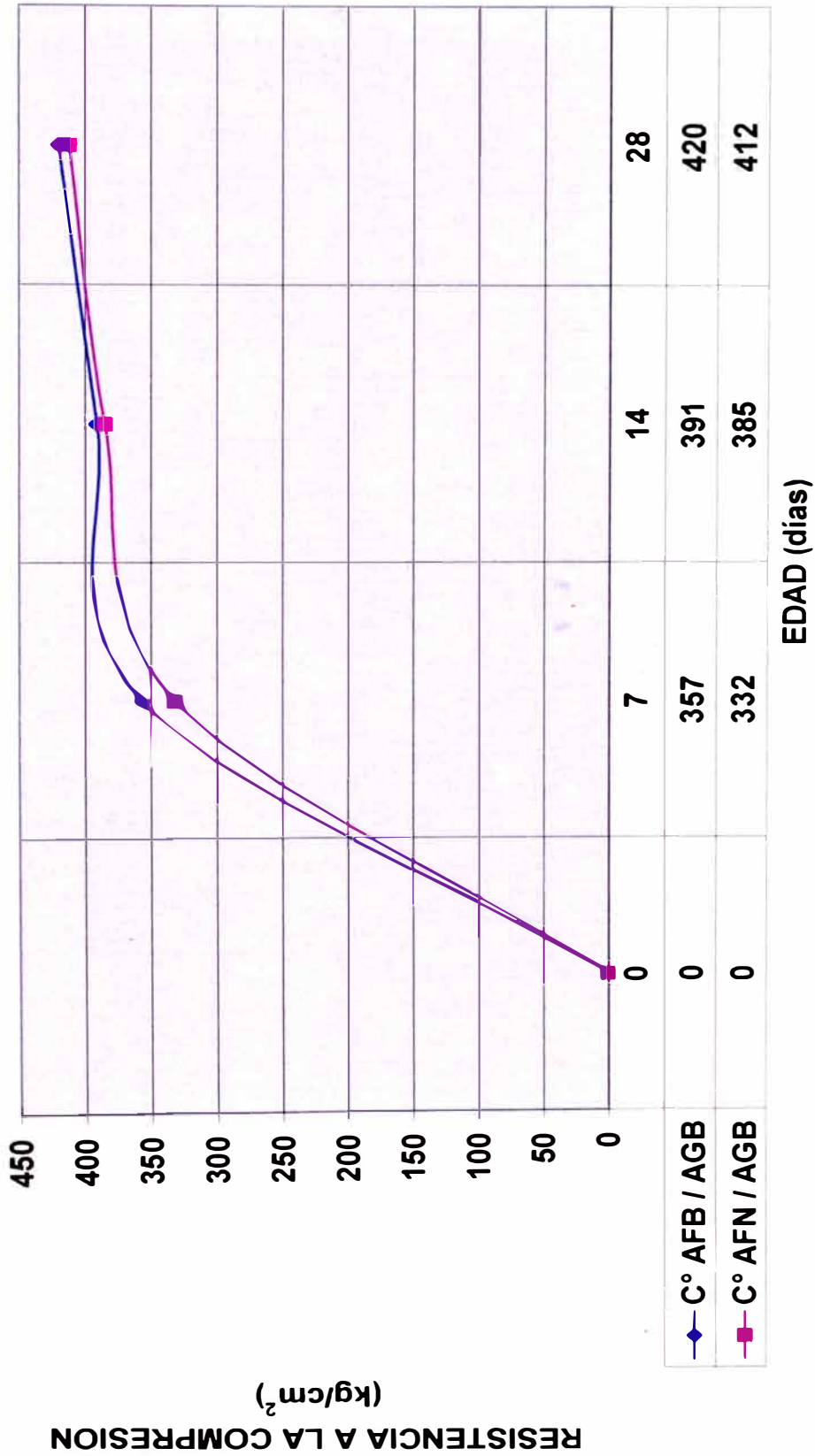


**GRAFICOS COMPARATIVOS DE  
ENSAYOS AL ESTADO  
ENDURECIDO**

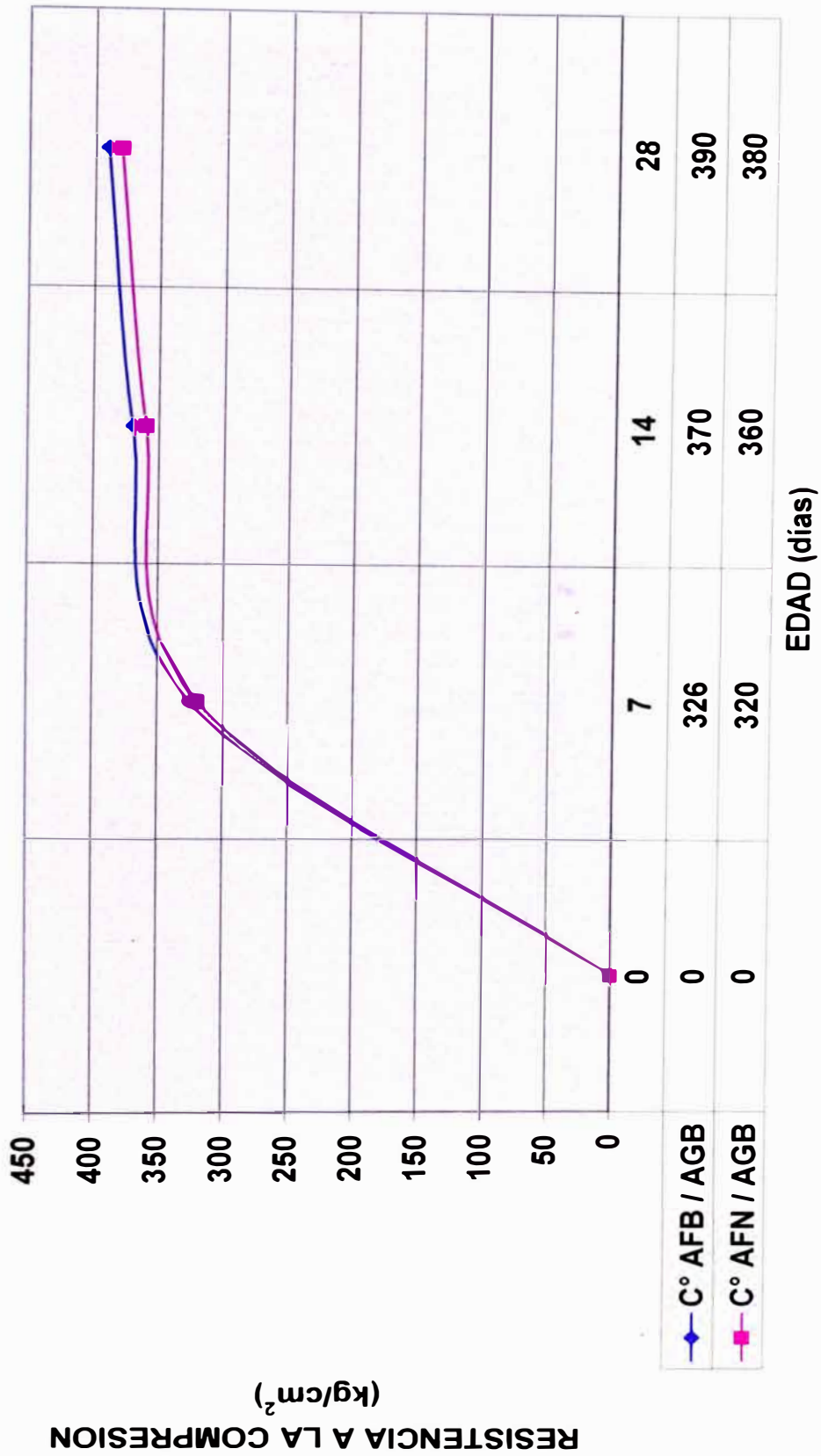
**GRAFICO N° 8.2.1.1a**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**RELACION a/c =0.40**



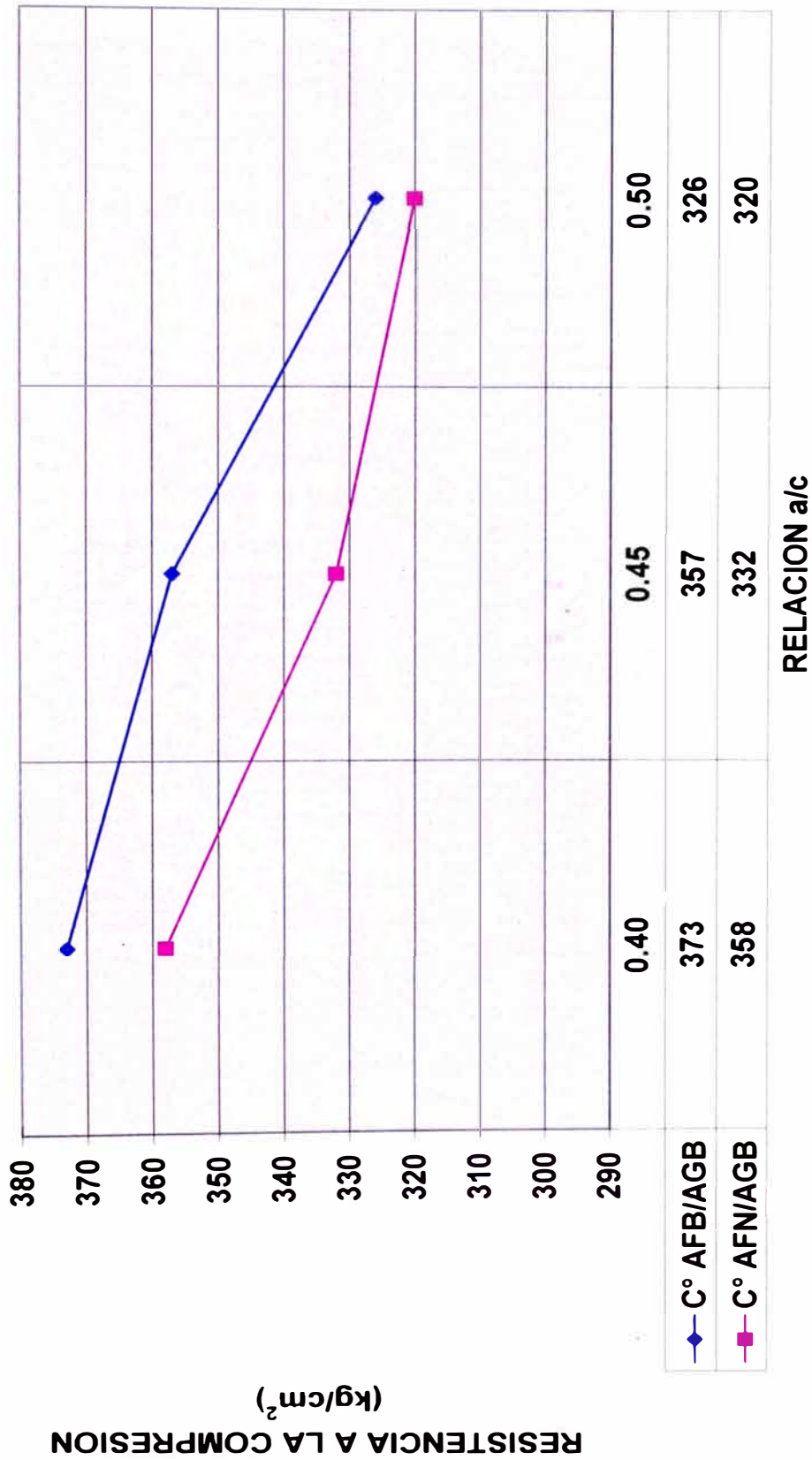
**GRAFICO N° 8.2.1.1b**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**RELACION a/c = 0.45**



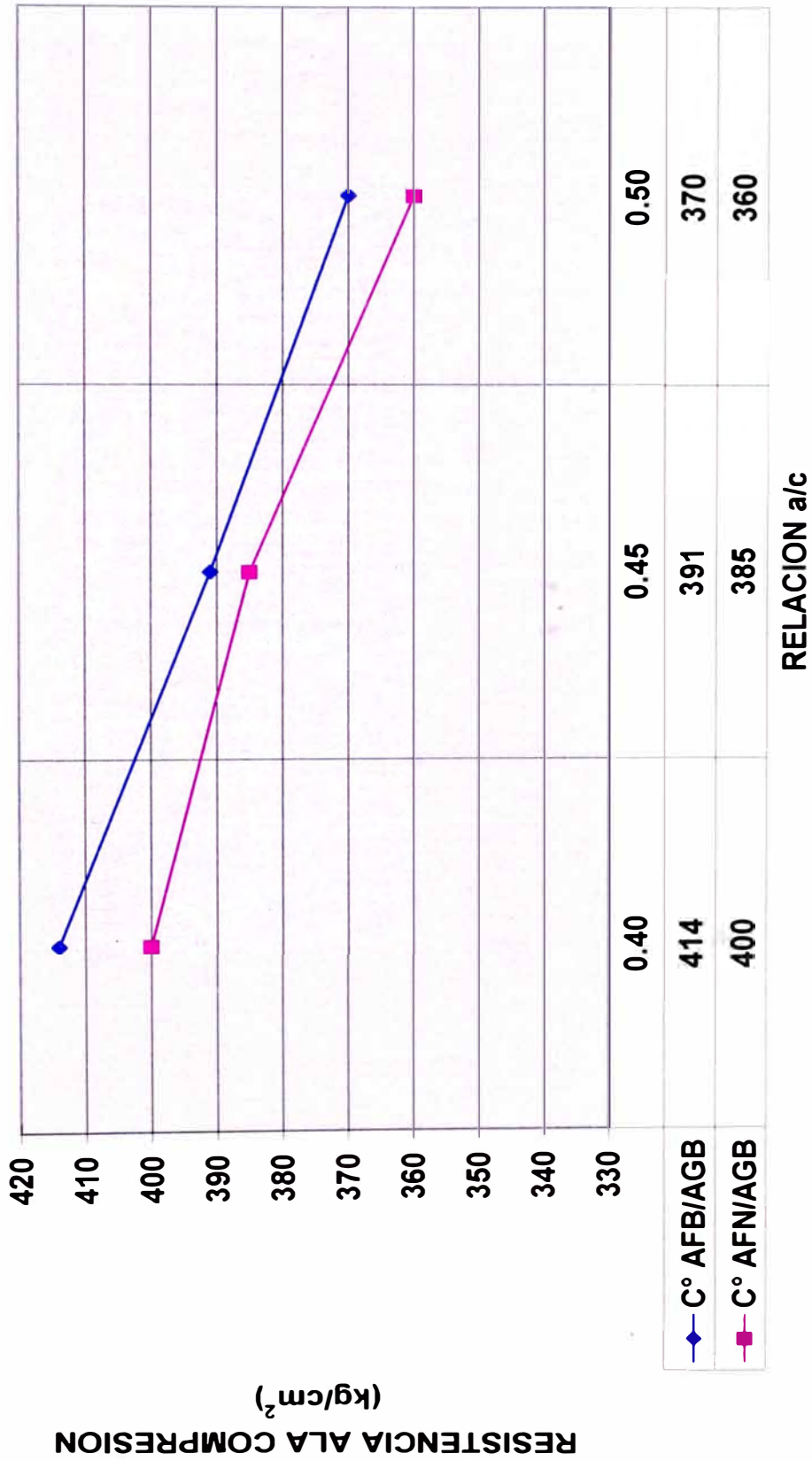
**GRAFICO N° 8.2.1.1c**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**RELACION a/c = 0.50**



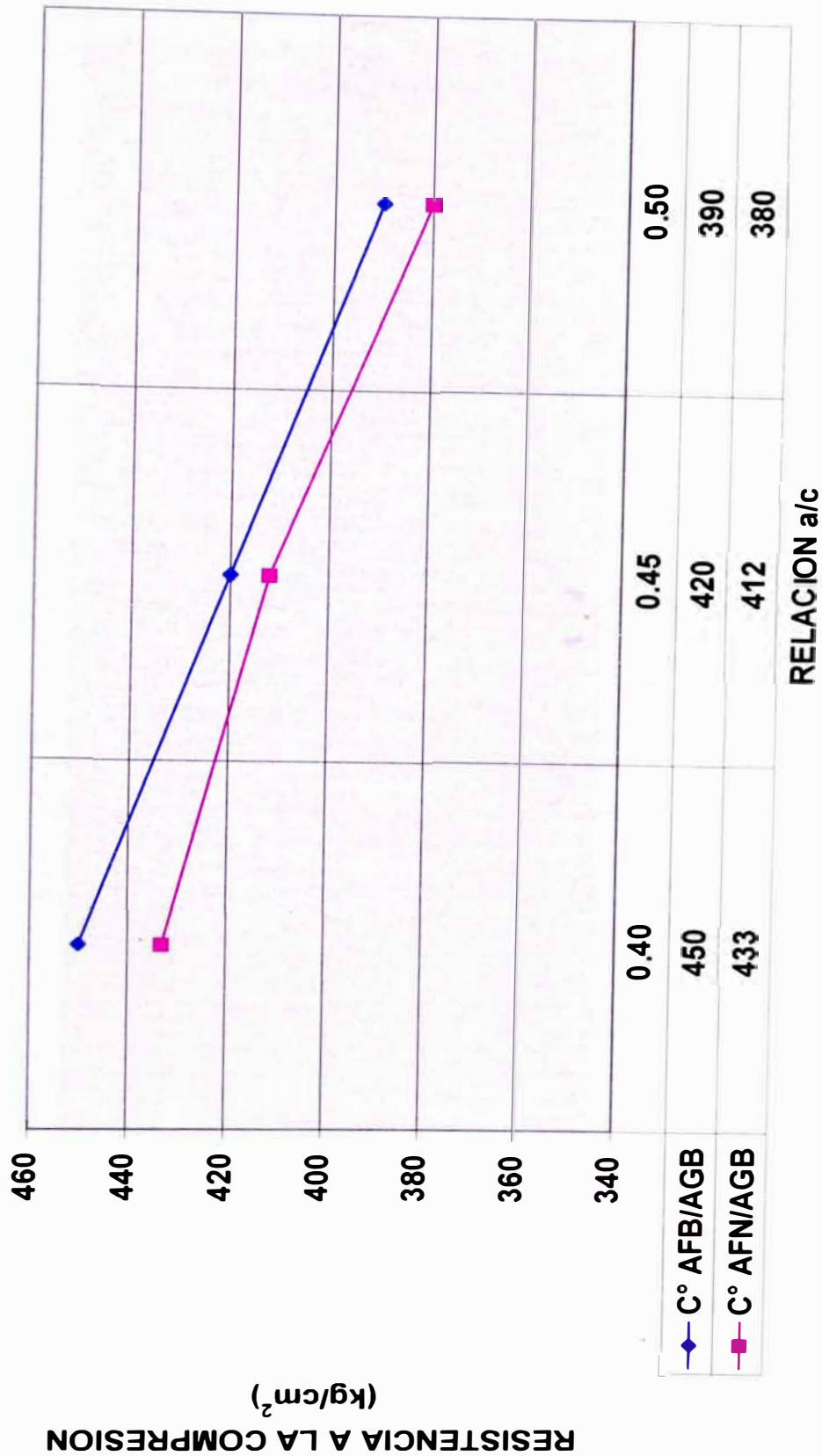
**GRAFICO N° 8.2.1.2a**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION vs RELACION a/c**  
**EDAD 7 DIAS**



**GRAFICO N° 8.2.1.2b**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION vs RELACION a/c**  
**EDAD 14 DIAS**



**GRAFICO N° 8.2.1.2c**  
**ANALISIS COMPARATIVO RESISTENCIA A LA COMPRESION vs RELACION a/c**  
**EDAD 28 DIAS**





**GRAFICO N° 8.2.2**  
**ANALISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION**  
**DIAMETRAL vs RELACION a/c**  
**EDAD 28 DIAS**



**GRAFICO N° 8.2.3**  
**ANALISIS COMPARATIVO DE MODULO ELASTICO ESTATICO vs RELACION a/c**  
**EDAD 28 DIAS**



### **8.3 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS**

La importancia de un análisis comparativo de costos, radica en que, determinado proyecto puede ser factible en su fabricación para una determinada obra.

Por lo que en toda estructura proyectada, se debe tener presente la calidad y economía, entendiéndose por buena calidad del concreto aquél que satisface eficientemente los requisitos de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad, y economía aquél que nos exige el caso singular que estemos enfrentando.

Por lo tanto, en esta sección se realizará un análisis comparativo de costos, del concreto pesado con agregado fino de baritina y agregado grueso de baritina, con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

Dicha comparación lo realizaremos por metro cúbico de concreto y para todas las relaciones agua/cemento.

Finalmente ilustraremos dicho análisis gráficamente.

#### **ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**

Para poder cuantificar el monto de una determinada partida, es necesario desarrollar el análisis de costos unitarios de la misma.

Por lo tanto en la siguiente sección, se detallará los correspondientes análisis de costos unitarios para la fabricación del concreto pesado con agregado fino de baritina y agregado grueso de baritina, así también para la fabricación del concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina para las relaciones agua/cemento planteadas.

Y adicionalmente realizaremos el análisis de costos unitarios para un concreto normal, para así poder tener una referencia de la diferencia de costos con respecto a los concretos pesados estudiados la cual nos permitirá analizar el costo beneficio.

Análisis de costos unitarios para el concreto pesado con agregados, fino y grueso de baritina para las diferentes relaciones de agua/cemento

Cuadro N° 8.3.1a

Proyecto : Tesis Concreto Pesado Partida : Concreto a/c = 0.40		Proporción AFB/AGB = 55/45		Fecha 20/12/02 Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		17.00	19.20	326.40
Agregado Fino de Baritina	M3		0.2590	254.42	65.89
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.2119	254.42	53.91
Agua	M3		0.2850	10.00	2.85
					<b>449.05</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>519.74</b>

Cuadro N° 8.3.1b

Proyecto : Tesis Concreto Pesado Partida : Concreto a/c = 0.45		Proporción AFB/AGB = 55/45		Fecha 20/12/02 Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		14.00	19.20	268.80
Agregado Fino de Baritina	M3		0.2937	254.42	74.72
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.2403	254.42	61.14
Agua	M3		0.2630	10.00	2.63
					<b>407.29</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>477.98</b>

Cuadro N° 8.3.1c

Proyecto : Tesis Concreto Pesado		Proporción		Fecha 20/12/02	
Partida : Concreto a/c = 0.50		AFB/AGB = 55/45		Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		12.00	19.20	230.40
Agregado Fino de Baritina	M3		0.3131	254.42	79.66
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.2562	254.42	65.18
Agua	M3		0.2530	10.00	2.53
					<b>377.77</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>448.46</b>

Análisis de costos unitarios para el concreto pesado con agregado fino normal y grueso de baritina.

Cuadro N° 8.3.2a

Proyecto : Tesis Concreto Pesado		Proporción		Fecha 20/12/02	
Partida : Concreto a/c = 0.40		AFN/AGB = 45/55		Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		17.00	19.20	326.40
Agregado Fino Normal	M3		0.2046	14.00	2.86
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.2501	254.42	63.63
Agua	M3		0.2940	10.00	2.94
					<b>395.83</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>466.76</b>

Cuadro N° 8.3.2b

Proyecto : Tesis Concreto Pesado		Proporción		Fecha 20/12/02	
Partida : Concreto a/c = 0.45		AFN/AGB = 45/55		Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		14.00	19.20	268.80
Agregado Fino Normal	M3		0.2311	14.00	3.24
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.2824	254.42	71.85
Agua	M3		0.2750	10.00	2.75
					<b>346.64</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>417.33</b>

Cuadro N° 8.3.2c

Proyecto : Tesis Concreto Pesado		Proporción		Fecha 20/12/02	
Partida : Concreto a/c = 0.50		AFN/AGB = 45/55		Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		12.00	19.20	230.40
Agregado Fino Normal	M3		0.2547	14.00	3.57
Agregado Grueso de Baritina	M3		0.3113	254.42	79.20
Agua	M3		0.2550	10.00	2.55
					<b>315.72</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>386.41</b>

Análisis de costos unitarios para el concreto normal para las diferentes relaciones de agua/cemento

Cuadro N° 8.3.3a

Proyecto : Tesis Concreto Pesado Partida : Concreto a/c = 0.40		Proporción A/P = 47/53		Fecha 20/12/02 Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		16.00	19.20	307.20
Arena	M3		0.2320	14.00	3.25
Piedra chancada	M3		0.2610	44.17	11.53
Agua	M3		0.2730	10.00	2.73
					<b>324.71</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>395.40</b>

Cuadro N° 8.3.3b

Proyecto : Tesis Concreto Pesado Partida : Concreto a/c = 0.45		Proporción A/P = 47/53		Fecha 20/12/02 Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		13.00	19.20	249.60
Arena	M3		0.2660	14.00	3.72
Piedra chancada	M3		0.2990	44.17	13.21
Agua	M3		0.2450	10.00	2.45
					<b>268.98</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>339.67</b>

Cuadro N° 8.3.3c

Proyecto : Tesis Concreto Pesado		Proporción		Fecha 20/12/02	
Partida : Concreto a/c = 0.50		A/P = 47/53		Rendimiento 14m <sup>3</sup> /día	
Descripción Insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89
Operario	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69
Oficial	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
Peón	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55
					<b>57.33</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento	Bls		11.00	19.20	211.20
Arena	M3		0.2890	14.00	4.05
Piedra chancada	M3		0.3260	44.17	14.40
Agua	M3		0.2250	10.00	2.25
					<b>231.90</b>
<b>Equipos</b>					
Mezcladora Concreto 11 pie <sup>3</sup>	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
Vibrador de Concreto	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
Herramientas Manuales	%		3.00	57.33	1.72
					<b>13.36</b>
<b>Costo Unitario Total S/.</b>					<b>302.59</b>

### COSTO POR METRO CUBICO

De los cuadros N° 8.3.1a, 8.3.1b, 8.3.1c, 8.3.2a, 8.3.2b y 8.3.2c extraemos los valores unitarios totales y elaboramos el cuadro comparativo siguiente.

Cuadro 8.3 Análisis comparativo de costos para el concreto pesado.

RELACION a/c	CEMENTO (bls/m <sup>3</sup> ) CONCRETO AFB/AGB CONCRETO AFN/AGB	COSTO POR m <sup>3</sup> DE CONCRETO (S/.)		VARIACION (S/.)
		CONCRETO AFB/AGB =55/45	CONCRETO AFN/AGB =45/55	
		0.40	17 17	
0.45	14 14	477.98	417.33	60.65
0.50	12 12	448.46	386.41	62.05

Del cuadro anterior se observa incrementos entre S/. 50.00 y S/.65.00 nuevos soles por metro cúbico, para el concreto pesado con baritina con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.



Sin embargo, como se manifestó líneas arriba, en todo proyecto se debe evaluar también la calidad del producto, y los objetivos buscados.

Así también se observa que para la misma relación agua/cemento, se utilizó la misma cantidad de cemento por metro cúbico de concreto.

También se vio conveniente realizar una comparación de costos por metro cúbico con respecto a un concreto normal, entonces de los cuadros N° 8.3.1a, 8.3.1b, 8.3.1c, 8.3.3a, 8.3.3b y 8.3.3c extraemos los valores unitarios totales y elaboramos el cuadro comparativo siguiente.

Cuadro 8.4 Análisis comparativo de costos para el concreto pesado con respecto concreto normal.

RELACION a/c	CEMENTO (bols/m <sup>3</sup> ) CONCRETO AFB/AGB CONCRETO NORMAL	COSTO POR m <sup>3</sup> DE CONCRETO (S/.)		VARIACION (S/.)
		CONCRETO AFB/AGB =55/45	CONCRETO NORMAL	
		0.40	17 16	
0.45	14 13	477.98	339.67	138.31
0.50	12 11	448.46	302.59	145.87

Del cuadro anterior se observa incrementos entre S/. 120.00 y S/.145.00 nuevos soles por metro cúbico, para el concreto pesado con agregado fino de baritina y agregado grueso de baritina con respecto al concreto normal.

Sin embargo, para estructuras cuya función han de ser protectoras contra las radiaciones, para el concreto normal se han de elaborar muros con espesores considerables para cumplir con esa función, que ha la larga encarecería el producto final.

Así también se observa que para la misma relación agua/cemento, se utilizó 17, 14 y 12 bolsas de cemento por metro cúbico para el concreto pesado con baritina y 16, 13 y 11 bolsas de cemento por metro cúbico para el concreto normal. No significando una diferencia sustancial en cuanto a la cantidad de cemento por metro cúbico.

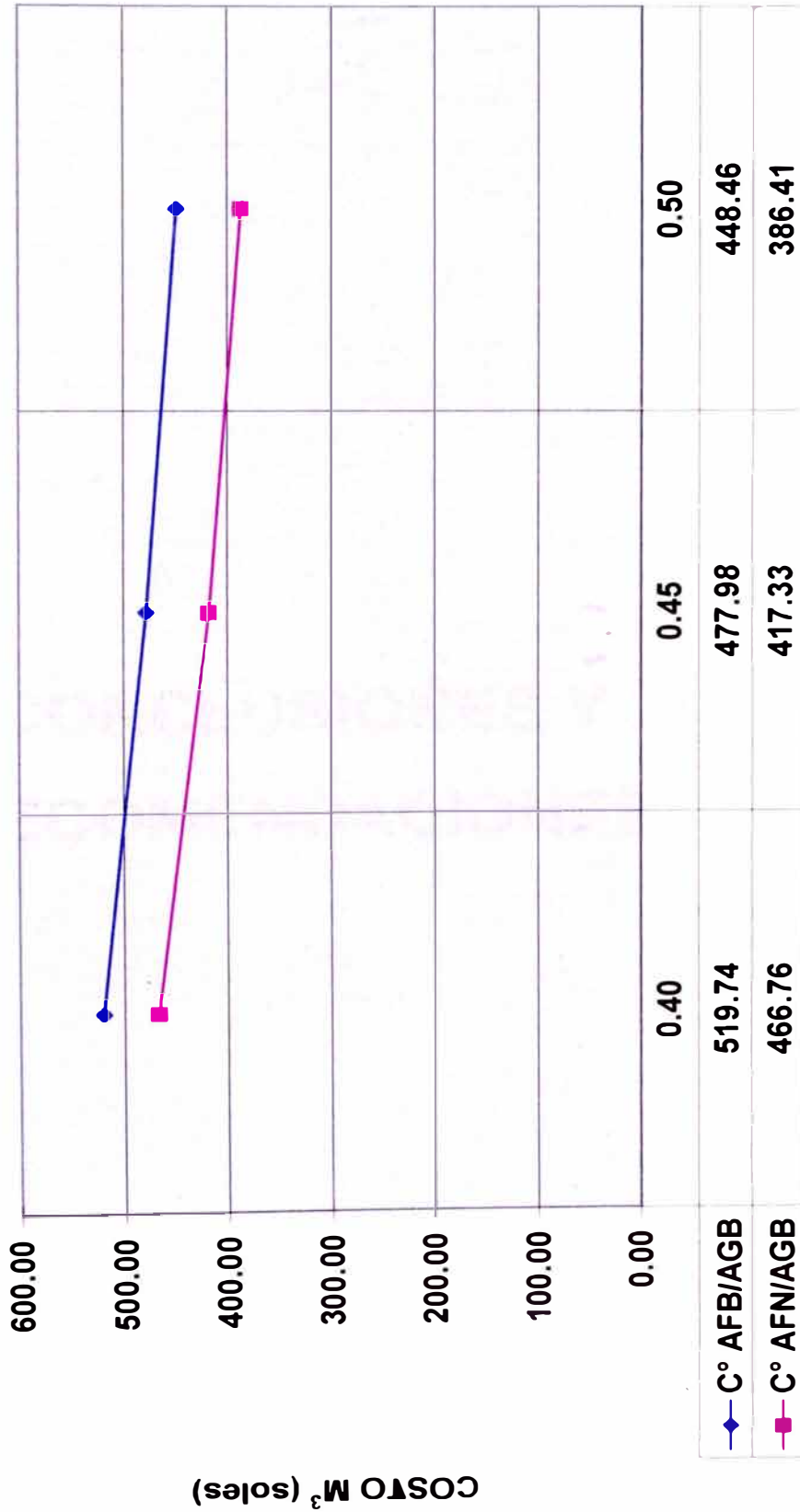
También no podemos dejar de lado el beneficio obtenido para el concreto pesado con baritina en lo que respecta a la Resistencia a la Compresión, si bien es cierto que el costo por metro cúbico es ligeramente mayor con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina, pero no se ha realizado un ensayo que nos permita determinar el óptimo espesor para un determinado elemento estructural, la misma que nos aprobaría verificar su mayor provecho.

Cuyo análisis comparativo se ilustra en los gráficos N° 8.3a y N° 8.3b

GRAFICO N° 8.3a  
 ANALISIS COMPARATIVO COSTO - BENEFICIO  
 RESISTENCIA vs COSTO POR M<sup>3</sup>  
 EDAD 28 DIAS



**GRAFICO N° 8.3b**  
**ANALISIS COMPARATIVO COSTO - BENEFICIO**  
**COSTO M3 vs RELACION a/c**



# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del presente trabajo de investigación, titulado **“PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I”**, fue el de analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado fabricado con agregados de baritina y evaluar en que medida mejora dichas propiedades con respecto al concreto pesado con agregado fino normal y agregado grueso de baritina.

Para el desarrollo de la presente tesis se han utilizado los siguientes materiales, Cemento Portland tipo I – Sol, con el cual se ha fabricado concretos cuyas relaciones de agua/cemento fueron de 0.40, 0.45 y 0.50 con asentamientos que se encuentren entre 3” – 4”. El agregado de Baritina en tamaños de 2” – 3” es proveniente del distrito de San Rafael a 355Km. de la Ciudad de Lima, ubicado en la provincia de Ambo, departamento de Huánuco, la cual fue triturada manualmente y así obtener, tanto el agregado fino y agregado grueso de Baritina las cuales se ciñen a las especificaciones según normas establecidas, y según los ensayos realizados se concluye lo siguiente:

### CONCLUSIONES

Es posible fabricar concretos pesados con propiedades convenientes con agregados de baritina, las cuales como se observa cumplen con las Normas Técnicas Peruanas para el diseño de mezclas de concreto.

De las diversas propiedades físicas del concreto pesado de baritina se observa generalmente incrementos con respecto al concreto patrón en todos los ensayos realizados, la misma que nos consolida su fabricación previa una adecuada supervisión.

Se obtuvo el valor esperado en lo que respecta al Peso Unitario del Concreto Pesado en estudio así como para el concreto patrón, las cuales son de 3023.78 kg/m<sup>3</sup> y 2671.85 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, las cuales como se puede observar son mayores con respecto a un concreto normal cuyo Peso Unitario en promedio es de 2400 kg/m<sup>3</sup> observándose un incremento de 26% y 11% respectivamente.

Respecto al Contenido de Aire del Concreto Pesado fabricados con agregados de Baritina es significativamente bajo, concluyéndose que, a mayor Peso Especifico de los agregados existe un mejor reacomodo de los mismos en la pasta generándose por ende la mínima cantidad de vacíos.

**Tiempo de Fraguado Inicial.**- El tiempo de fraguado inicial para el concreto pesado con agregados de baritina se incrementa en 13%, 30% y 39% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.

**Tiempo de Fraguado Final.**- El tiempo de fraguado final para el concreto pesado con agregados de baritina, se incrementa en 5%, 25% y 29% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.

### **De los ensayos del Concreto en Estado Endurecido**

1. Con respecto a los resultados obtenidos del ensayo de Resistencia a la Compresión, se concluye que, para el concreto pesado con agregados de baritina existe un incremento de 4%, 2% y 3% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.
2. Con respecto a los resultados obtenidos para el ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral, se concluye que, para el concreto pesado con agregados de baritina existe un incremento de 17%, 40% y 24% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.
3. Con respecto a los resultados obtenidos para el ensayo de Módulo de Elasticidad Estático se concluye que para el concreto pesado con agregados de baritina existe un incremento de 5%, 34% y 33% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.

### **De los costos y beneficios obtenidos**

1. Con respecto al Costo y beneficio que se obtiene al elaborar concreto pesados con baritina, según el Cuadro N° 8.3 se concluye que para el concreto pesado con agregados de baritina existe un incremento de 11%, 15% y 16% para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente, con respecto al concreto patrón.

Debemos indicar que una radiación de cualquier tipo, es siempre nocivo para la salud, por lo que estas ligeras discrepancias en cuanto a costos son justificables si se trata de salvaguardar la vida humana.

## RECOMENDACIONES

1. Como se indicó líneas arriba los agregados componentes del concreto pesado en estudio se trituró manualmente, en lo que se pudo observar revestimientos adheridos al agregado grueso, por lo cual se recomienda limpiar previamente dichos agregados para la fabricación del concreto.
2. Según el Ensayo de Abrasión realizado en el Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, el porcentaje de Abrasión es alto, por lo que se recomienda no usar para obras tales como pavimentos, pisos industriales donde van existir movimientos de maquinaria pesada y pisos de alto tráfico peatonal, y en cuanto a los resultados del Ensayo de Durabilidad con Sulfato de Sodio ASTM C-88, se debe tener especial cuidado debido a que puede contribuir a incrementar la exudación de la mezcla, o la eflorescencia de la superficie del concreto deteriorando la apariencia del mismo, por lo que se recomienda realizar ensayos que nos permitan obtener un mejor criterio de decisión (se adjunta hoja técnica emitida por el Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos, en la sección de anexos).
3. Se recomienda optimizar la técnica de mezclado, es decir, la duración del mismo y el transporte y así evitar el incremento de finos, pues según lo anterior la Baritina es muy sensible al desgaste por abrasión.  
En nuestro caso se mezclaba primero 2 minutos y 1 minuto de remezclado.
4. Debido al alto Peso Unitario del concreto pesado los encofrados para las diversas estructuras, deben de ser muy seguros, en tal sentido se recomienda verificar cuidadosamente dichos encofrados antes de ejecutar el vaciado del concreto.
5. Se recomienda hacer una investigación del concreto pesado utilizando un aditivo súper plastificante, en virtud de que las estructuras a fabricar han de estar expuestas a radiaciones, en consecuencia han de construirse elementos estructurales con alta concentración de acero.
6. Se recomienda hacer una investigación del concreto pesado incidiendo o bombardeando rayos, y así poder obtener realmente, un óptimo espesor de muro en función a las radiaciones.
7. Se recomienda implementar los equipos de trituración de agregados del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, a efectos de contar con equipos que nos permitan, poder seguir investigando



sobre el uso de los diversos agregados existentes en la fabricación del concreto.

# **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- Titulo : Aplicación de las Radiaciones y Gestión de Desechos  
Autor : Bergman C.  
Biblioteca : IPEN – Año 1994  
Contenido : Boletín N° 1 que detalla sobre protección a los desechos radiactivos.
- Titulo : Boletín Técnico del N° 1 al 28 de la Asociación de Productores de cemento ASOCEM  
Autor : ASOCEM  
Biblioteca : Personal  
Contenido : Estudio del cemento, Probetas de Concreto.
- Titulo : Concreto pesado de Baritina y Serpentina.  
Autor : Fuentes Ravelo, Elder Orlando  
Biblioteca : UNI – FIC tesis 2459 Año 1983  
Contenido : Características físicas y mecánicas del concreto preparado con baritina y serpentina.
- Titulo : Concretos densos de Baritina protectores contra Radiaciones.  
Autor : Alcedo Ramirez Ramón, Arteaga López Carlos  
Biblioteca : UNI – FIC tesis 1087 Año 1967.  
Contenido : Diseño de mezcla, propiedades del concreto denso con baritina.
- Titulo : Concreto pesado Pellets-Serpentina como protector de radiaciones.  
Autor : Fiascunari Salas, Edgar  
Biblioteca : UNI – FIC tesis 2434 Año 1983  
Contenido : Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado como protector de las radiaciones.

- Titulo : Curso de Reactores de Investigación.  
Autor : Avila. L, Llama V y Zúñiga G  
Biblioteca : IPEN – Año 1989  
Contenido : Curso sobre Reactores, dictado por la Sociedad Peruana de Física.
- Titulo : Diseño de mezclas.  
Autor : Ing. Enrique Pasquel C.  
Biblioteca : Personal - 1998  
Contenido : Diseño de mezclas para concreto.
- Titulo : Estudio de las propiedades físicas del concreto pesado con agregado grueso de Baritina y cemento portland tipo I.  
Autor : Napa Mendoza Luis  
Biblioteca : UNI – FIC tesis Año 2002  
Contenido : Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado fabricado con agregado grueso de baritina.
- Titulo : Ingeniería de Reactores Nucleares.  
Autor : Samuel Glasstone – Alexander Sesonske.  
Biblioteca : IPEN – Año 1995  
Contenido : Estudio completo sobre protección radiológica.
- Titulo : Naturaleza y materiales del Concreto.  
Autor : American Concrete Institute A.C.I  
Biblioteca : Personal Año 2000  
Contenido : Consideraciones generales, Naturaleza del concreto, Cemento, Agregados, Efectos del agregado sobre el concreto, Agua, Aditivos.
- Titulo : Protección Radiológica.  
Autor : Mallaupoma Gutiérrez M.  
Biblioteca : IPEN – Año 1991  
Contenido : Visión general sobre sistemas de protección radiológica.

- Titulo : Tecnologia del Concreto.  
Autor : American Concrete Institute A.C.I  
Biblioteca : Personal Año 1998  
Contenido : Control de calidad del concreto.
- Titulo : Teoría de Reactores y elementos de Ingeniería Nuclear.  
Autor : Federico Goded Echevarria – Vicente Serradel García  
Biblioteca : IPEN – Año 1976  
Contenido : Estudio sobre los elementos estructurales como protección de las radiaciones.
- Titulo : Tópicos de tecnología del concreto en el Perú.  
Autor : Ing. Enrique Pasquel C.  
Biblioteca : Personal - 1998  
Contenido : Aspectos relativos al concreto.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

- **PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS**
- **GRANULOMETRIA**
- **DETERMINACION DEL MAXIMO PESO UNITARIO  
DEL AGREGADO GLOBAL**

**CUADRO N° 2.2.2.1**  
**ENSAYO DE PESO UNITARIO**  
**AGREGADO FINO DE BARITINA**

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs)	10242.50	10487.00	10364.50
PESO DE LA VASIJA V=1/10 PIE3 (grs)	2783.00	2783.00	2783.00
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (grs)	7459.50	7704.00	7581.50
VOLUMEN DE VASIJA 1/10 PIE3 (m <sup>3</sup> )	0.0029035	0.0029035	0.0029035
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	2569.14	2653.35	2611.16
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	2611.22		

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs)	11762.50	11613.00	11688.00
PESO DE LA VASIJA V=1/10 PIE3 (grs)	2783.00	2783.00	2783.00
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (grs)	8979.50	8830.00	8905.00
VOLUMEN DE VASIJA 1/10 PIE3 (m <sup>3</sup> )	0.0029035	0.0029035	0.0029035
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	3092.65	3041.16	3066.99
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	3066.93		



**CUADRO N° 2.3.2.1**  
**ENSAYO DE PESO UNITARIO**  
**AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs)	27800.00	27850.00	27830.00
PESO DE LA VASIJA V=1/3 PIE3 (grs)	6850.00	6850.00	6850.00
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (grs)	20950.00	21000.00	20980.00
VOLUMEN DE VASIJA 1/3 PIE3 (m <sup>3</sup> )	0.00957	0.00957	0.00957
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	2189.13	2194.36	2192.27
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	2191.92		

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs)	29850.00	29750.00	29800.00
PESO DE LA VASIJA V=1/3 PIE3 (grs)	6850.00	6850.00	6850.00
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (grs)	23000.00	22900.00	22950.00
VOLUMEN DE VASIJA 1/3 PIE3 (m <sup>3</sup> )	0.00957	0.00957	0.00957
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	2403.34	2392.89	2398.12
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	2398.12		

CUADRO N° 2.2.2.2

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO DE BARITINA

NORMA NTP 400.022

DESCRIPCION	M1	M2	PROMEDIO
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	1052.50	1052.50	1052.50
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón	675.00	675.00	675.00
Peso del agua	377.50	377.50	377.50
Peso de la arena secada al horno + peso del balón	674.00	673.00	673.50
Peso del balón	175.00	175.00	175.00
Peso de la arena secada al horno	499.00	498.00	498.50
Volumen del balón	500.00	500.00	500.00

Peso especifico de masa	4.07	4.07	4.07
Peso especifico de masa saturado superficialmente seco	4.08	4.08	4.08
Peso especifico aparente	4.11	4.10	4.11
Porcentaje de absorción	0.20	0.40	0.30

CUADRO N° 2.3.2.2

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO DE BARITINA

NORMA NTP 400.022

DESCRIPCION	M1	M2	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	2965.00	2967.00	2966.00
Peso de la muestra saturada con superficie seca	3000.00	3000.00	3000.00
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso canastilla	4134.00	4138.00	4136.00
Peso de la canastilla	1890.00	1890.00	1890.00
Peso de la muestra saturada dentro del agua	2244.00	2248.00	2246.00

Peso especifico de masa	3.92	3.95	3.94
Peso especifico de masa superficialmente seco	3.97	3.99	3.98
Peso especifico aparente	4.11	4.13	4.12
Porcentaje de absorción (%)	1.18	1.11	1.15

**CUADRO N° 2.2.2.5  
ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECIFICA  
AGREGADO FINO DE BARITINA**

TAMIZ	Tamaño de la apertura (mm)	Tamaño de la apertura Promedio (mm)	Porcentaje retenido en cada tamiz	Tamaños Parciales
	i	$(i+(i+1))/2$	(%)	II / I
		I	II	
3/8"	9.525			
N° 4	4.763	7.144	5.21	0.729
N° 8	2.360	3.562	10.67	2.996
N° 16	1.180	1.770	10.49	5.927
N° 30	0.590	0.885	7.74	8.746
N° 50	0.295	0.443	6.38	14.418
N° 100	0.148	0.222	5.12	23.115
Fondo	0.000	0.074	9.39	126.892

Total E = 182.823

Superficie Especifica =  $(6 \times E) / (10 \times Pe)$

Pe : Peso especifico de masa

Superficie Especifica (cm<sup>2</sup>/gr) =  $(6 \times 182.823) / (10 \times 4.08) = 26.886$

**CUADRO N° 2.3.2.5  
ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECIFICA  
AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

TAMIZ	Tamaño de la apertura (mm)	Tamaño de la apertura Promedio (mm)	Porcentaje retenido en cada tamiz	Tamaños Parciales
	i	$(i+(i+1))/2$	(%)	II / I
		I	II	
1 1/2"	38.100			
1"	25.400	31.750	0.09	0.003
3/4"	19.050	22.225	6.84	0.308
1/2"	12.700	15.875	17.33	1.092
3/8"	9.530	11.115	9.68	0.871
N° 4	4.760	7.145	8.83	1.236
N° 8 (Fondo)	2.360	3.560	2.23	0.626

Total E = 4.135

Superficie Especifica =  $(6 \times E) / (10 \times Pe)$

Pe : Peso especifico de masa

Superficie Especifica (cm<sup>2</sup>/gr) =  $(6 \times 4.135) / (10 \times 3.980) = 0.623$

**CUADRO N° 2.2.2.4**  
**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**AGREGADO FINO DE BARITINA**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
PESO DE MUESTRA HUMEDA (grs)	500.00	500.00	500.00
PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO (grs)	496.50	496.00	497.00
PESO DEL AGUA (grs)	3.50	4.00	3.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.70	0.81	0.60
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.70		

**CUADRO N° 2.3.2.4**  
**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>
PESO DE MUESTRA HUMEDA (grs)	1000.00	1000.00	1000.00
PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO (grs)	992.50	994.50	996.50
PESO DEL AGUA (grs)	7.50	5.50	3.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.55	0.35
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.55		

CUADRO N° 2.2.2.3

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO DE BARITINA

Fecha de realización : 14/10/02

Procedencia : Cantera San Rafael - Huánuco

Peso de la muestra : 500 gr

Mallas	ENSAYO N° 1			ENSAYO N° 2		
	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac
N° 4	50.50	10.10	10.10	42.50	8.50	8.50
N° 8	99.00	19.80	29.90	92.00	18.40	26.90
N° 16	98.00	19.60	49.50	96.00	19.20	46.10
N° 30	69.50	13.90	63.40	71.00	14.20	60.30
N° 50	56.50	11.30	74.70	60.00	12.00	72.30
N° 100	44.50	8.90	83.60	49.00	9.80	82.10
Fondo	82.00	16.40	91.10	89.50	17.90	90.20
	500.00			500.00		

Mallas	ENSAYO N° 3		
Tamiz ASTM	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac
N° 4	49	9.8	9.8
N° 8	100.5	20.1	29.9
N° 16	92	18.4	48.3
N° 30	70.5	14.1	62.4
N° 50	57.5	11.5	73.9
N° 100	46	9.2	83.1
Fondo	84.5	16.9	90.8
	500		

PROMEDIOS

Mallas	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	TOTAL
Tamiz ASTM	P. Ret (gr)	P. Ret (gr)	P. Ret (gr)	Suma P. Ret.
N° 4	50.5	42.5	49	142
N° 8	99	92	100.5	291.5
N° 16	98	96	92	286
N° 30	69.5	71	70.5	211
N° 50	56.5	60	57.5	174
N° 100	44.5	49	46	139.5
Fondo	82	89.5	84.5	256
				1500

Mallas	MUESTRA TOTAL	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO (Arena)		
		Suma P. Ret.	(%) Ret	(%) Ret. Ac
N° 4	142.00	9.47	9.47	90.53
N° 8	291.50	19.43	28.90	71.10
N° 16	286.00	19.07	47.97	52.03
N° 30	211.00	14.07	62.03	37.97
N° 50	174.00	11.60	73.63	26.37
N° 100	139.50	9.30	82.93	17.07
Fondo	256.00	17.07	100.00	0.00
	1500.00	100.00		

$$M.F = (9.47+28.90+47.97+62.03+73.63+82.93) / 100$$

$$M.F = 3.05$$

**GRAFICO N° 2.2.2.3**  
**CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO DE BARITINA**

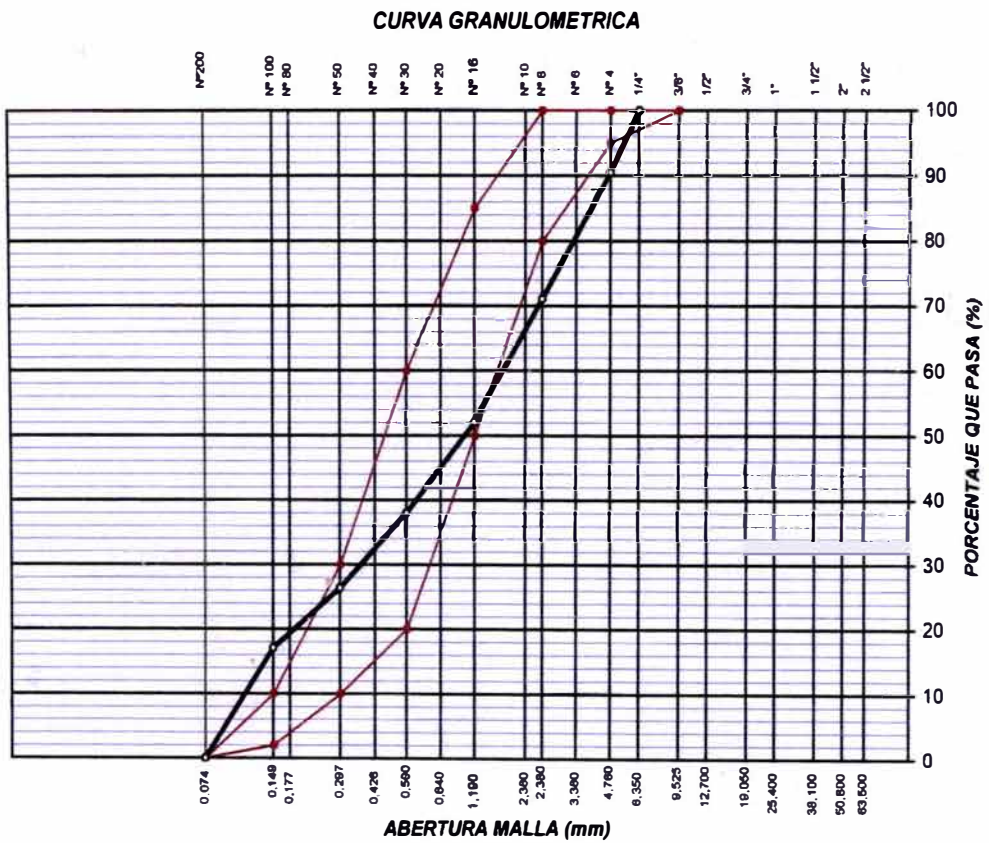
PROYECTO : TESIS : "Propiedades del concreto pesado con baritina y cemento portland tipo I"

REALIZADO POR : Keler A. Gonzáles Cruz

PROCEDENCIA : Cantera San Rafael - Huánuco

MATERIAL : Agregado fino de baritina

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						
	ABERTURA (mm)	AGREG FINO		AGREG GRUESO		ESPECIFICACIONES	
		% RET ACUM	% PASA ACUM	% RET ACUM	% PASA ACUM	AGREG FINO	AGREG GRUESO
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350	0.00	100.00				
N° 4	4.760	9.47	90.53			95 - 100	
N° 6	3.360	0.00	100.00				
N° 8	2.380	28.90	71.10			80 - 100	
N° 10	2.000	0.00	100.00				
N° 16	1.190	47.97	52.03			50 - 85	
N° 20	0.840	0.00	100.00				
N° 30	0.590	62.03	37.97			20 - 60	
N° 40	0.426	0.00	100.00				
N° 50	0.297	73.63	26.37			10 - 30	
N° 80	0.177	0.00	100.00				
N° 100	0.149	82.93	17.07			2 - 10	
N° 200	0.074	100.00	0.00				



**CUADRO N° 2.3.2.3  
ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

Fecha de realización : 14/10/02

Procedencia : Cantera San Rafael - Huánuco

Peso de la muestra : 10kg

Mallas	ENSAYO N° 1			ENSAYO N° 2		
	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac
1"	0.00	0.00	0.00	61.62	0.62	0.62
3/4"	1562.53	15.63	15.63	1252.88	12.53	13.15
1/2"	3978.03	39.78	55.41	3842.30	38.42	51.57
3/8"	2088.56	20.89	76.29	2347.46	23.47	75.04
N° 4	1923.08	19.23	95.52	2059.41	20.59	95.64
Fondo (N° 8)	447.80	4.48	100.00	436.33	4.36	100.00
	10000.00			10000.00		

Mallas	ENSAYO N° 3		
Tamiz ASTM	P. Ret (gr)	(%) Ret	(%) Ret. Ac
1"	0	0	0
3/4"	1741.38	17.4138	17.4138
1/2"	3737.97	37.3797	54.7935
3/8"	2015.64	20.1564	74.9499
N° 4	1903.83	19.0383	93.9882
Fondo (N° 8)	601.18	6.0118	100
	10000		

PROMEDIOS

Mallas	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	TOTAL
Tamiz ASTM	P. Ret (gr)	P. Ret (gr)	P. Ret (gr)	Suma P. Ret.
1"	0	61.62	0	61.62
3/4"	1562.53	1252.88	1741.38	4556.79
1/2"	3978.03	3842.3	3737.97	11558.3
3/8"	2088.56	2347.46	2015.64	6451.66
N° 4	1923.08	2059.41	1903.83	5886.32
Fondo (N° 8)	447.8	436.33	601.18	1485.31
				30000

Mallas	MUESTRA TOTAL	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO (Piedra)		
		(%) Ret	(%) Ret. Ac	(%) Pasa Ac.
1"	61.62	0.21	0.21	99.79
3/4"	4556.79	15.19	15.39	84.61
1/2"	11558.30	38.53	53.92	46.08
3/8"	6451.66	21.51	75.43	24.57
N° 4	5886.32	19.62	95.05	4.95
Fondo (N° 8)	1485.31	4.95	100.00	0.00
	30000.00	100.00		

$$M.F = (15.39 + 75.43 + 95.05 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100) / 100$$

$$M.F = 6.86$$

GRAFICO N° 2.3.2.3  
 CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO DE BARITINA

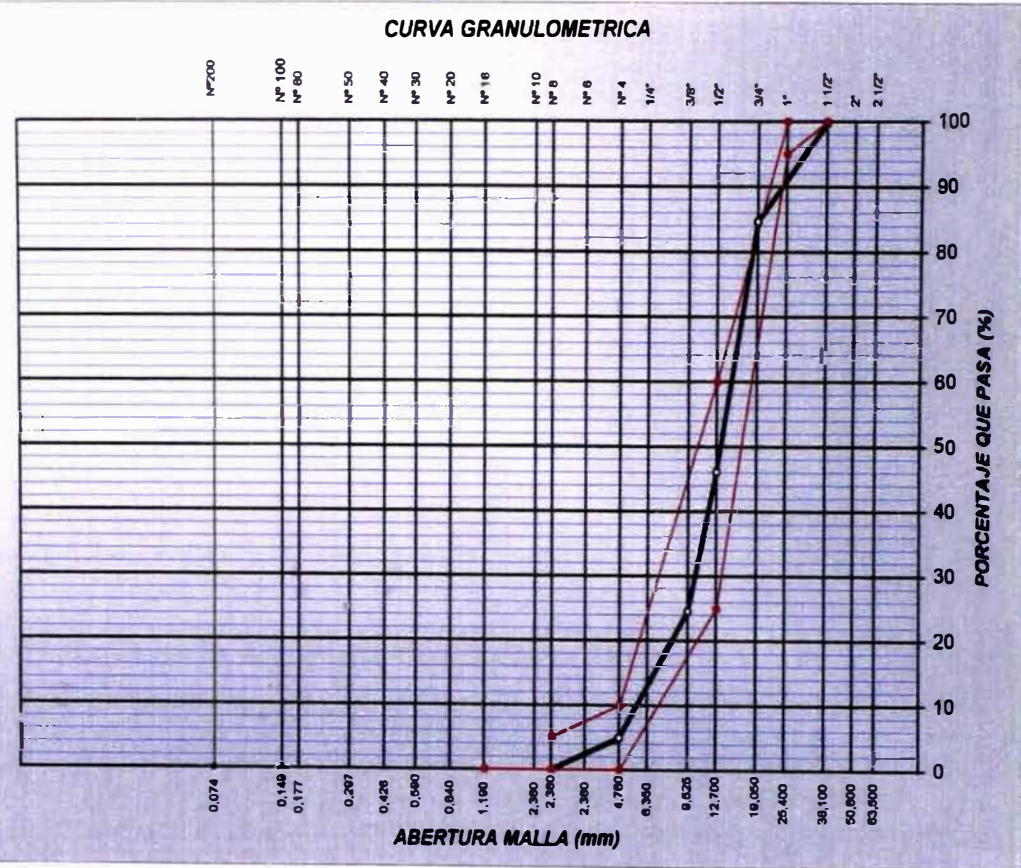
PROYECTO : TESIS : "Propiedades del concreto pesado con baritina y cemento portland tipo I"

REALIZADO POR : Keler A. Gonzáles Cruz

PROCEDENCIA : Cantera San Rafael - Huánuco

MATERIAL : Agregado grueso de baritina

MALLAS SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	ANALISIS GRANULOMETRICO				ESPECIFICACIONES	
		AGREG FINO		AGREG GRUESO		AGREG FINO	AGREG GRUESO
		% RET ACUM	% PASA ACUM	% RET ACUM	% PASA ACUM		
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100			0.21	99.79		100
1"	25.400					95	100
3/4"	19.050			15.39	84.61		
1/2"	12.700			53.92	46.08	25	60
3/8"	9.525			75.43	24.57		
1/4"	6.350						
N° 4	4.760			95.05	4.95	0	10
N° 6	3.360						
N° 8	2.380			100.00	0.00	0	5
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						0
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426						
N° 50	0.297						
N° 80	0.177						
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						





**CUADRO N° 2.2.2.3.1**  
**Determinación del Agregado Global**

Mallas	AGB	AFB	Combinación		Resultado Combinación		
	(%) P. Ret.	(%) P. Ret.	(%) AGB	(%) AFB	(%) Ret.	(%) Ret. Ac.	(%) Pasa
			45.00%	55.00%			
1"	0.21		0.09		0.09	0.09	99.91
3/4"	15.19		6.84		6.84	6.93	93.07
1/2"	38.53		17.34		17.34	24.27	75.73
3/8"	21.51		9.68		9.68	33.94	66.06
N° 4	19.62	9.47	8.83	5.21	14.04	47.98	52.02
Fondo (N° 8)	4.95	19.43	2.23	10.69	12.92	60.90	39.11
N° 16		19.07		10.49	10.49	71.38	28.62
N° 30		14.07		7.74	7.74	79.12	20.88
N° 50		11.60		6.38	6.38	85.50	14.50
N° 100		9.30		5.12	5.12	90.61	9.39
Fondo		17.07		9.39	9.39	100.00	0.00
	100.00	100.00					

M.F. Agregado global = (% Agr. Fino /100) X Mf. Agr. Fino + (% Agr. Grueso /100) X Mf. Agr. Grueso

M.F. Agregado global = 0.55 X 3.05 + 0.45 X 6.86

**M.F= 4.76**

**GRAFICO N° 2.2.2.3.1**  
**CURVAS GRANULOMETRICAS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO**

PROYECTO : TESIS : "Propiedades del concreto pesado con baritina y cemento portland tipo I"

REALIZADO POR : Keler A. Gonzáles Cruz

PROCEDENCIA : Cantera San Rafael - Huánuco

MATERIAL : Agregado fino y grueso de baritina

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO						
	ABERTURA (mm)	AGREG FINO		AGREG GRUESO		ESPECIFICACIONES	
		% RET ACUM	% PASA ACUM	% RET ACUM	% PASA ACUM	AGREG FINO	AGREG GRUESO
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100			0.00	100.00		100
1"	25.400			0.21	99.79		95 - 100
3/4"	19.050			15.39	84.61		
1/2"	12.700			53.92	46.08		25 - 60
3/8"	9.525			75.43	24.57	100	
1/4"	6.350	0.00	100.00				
N° 4	4.760	9.47	90.53	95.05	4.95	95 - 100	0 - 10
N° 6	3.360						
N° 8	2.380	28.90	71.10	100.00	0.00	80 - 100	0 - 5
N° 10	2.000						
N° 16	1.190	47.97	52.03			50 - 85	0
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	62.03	37.97			25 - 60	
N° 40	0.426						
N° 50	0.297	73.63	26.37			10 - 30	
N° 80	0.177						
N° 100	0.149	82.93	17.07			2 - 10	
N° 200	0.074	100.00	0.00				

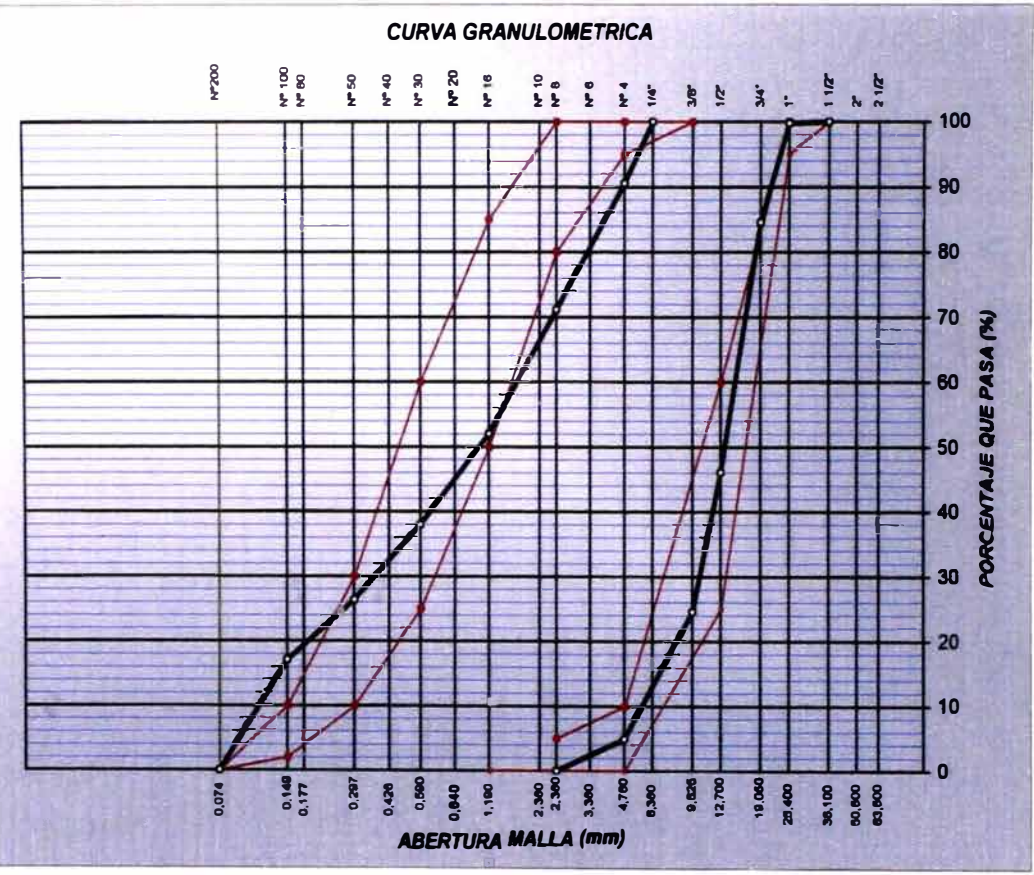


GRAFICO N° 2.2.2.3.2  
CURVA GRANULOMETRICA DEL AGRÉGADO GLOBAL

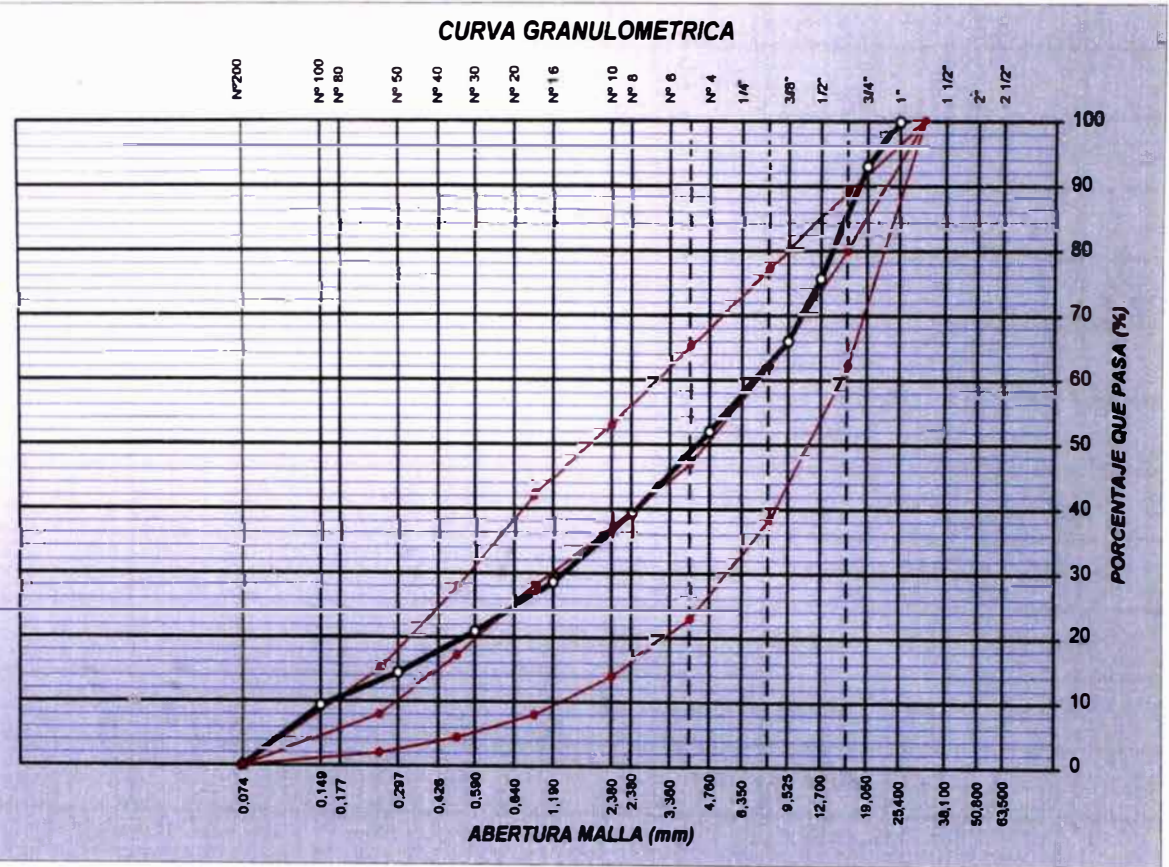
PROYECTO : TESIS : "Propiedades del concreto pesado con baritina y cemento portland tipo I"

REALIZADO POR : Keler A. Gonzáles Cruz

PROCEDENCIA : Cantera San Rafael - Huánuco

MATERIAL : Agregado fino y grueso de baritina

MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO			
	ABERTURA (mm)	AGREG GLOBAL		ESPECIFICACIONES
		% RET	% PASA	
2 1/2"	63 500			
2"	50 800			
1 1/2"	38 100			
1"	25 400	0.09	99.91	
3/4"	19 050	6.93	93.07	
1/2"	12 700	24.27	75.73	
3/8"	9 525	33.94	66.06	
1/4"	6 350			
N° 4	4 760	47.98	52.02	
N° 6	3 360			
N° 8	2 380	60.90	39.10	
N° 10	2 000			
N° 16	1 190	71.38	28.62	
N° 20	0 840			
N° 30	0 590	79.12	20.88	
N° 40	0 426			
N° 50	0 297	85.50	14.50	
N° 80	0 177			
N° 100	0 149	90.61	9.39	
N° 200	0 074	100.00	0.00	



**Tabla N° 001**  
**Requisitos granulométricos del agregado grueso**

Huso ASTM N°	Tamaño Nominal	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		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	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	
		4	3 1/2	3	2 1/2	2	1 1/2	1	3/4	1/2	3/8	N° 4	N° 8	N° 16	
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2)	100	90 a 100		25 a 60		0 a 5		0 a 5						
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2)			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 mm a 25.0 mm (2 a 1)				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15					
357	50 mm a 4.75 mm (2 a N°4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37.5 mm a 19.0 mm (1 1/2 a 3/4)					100	90 a 100	20 a 55	10 a 15		0 a 5				
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 a N°4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	25.0 mm a 12.5 mm (1 a 1/2)						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25.0 mm a 9.5 mm (1 a 3/8)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25.0 mm a 4.75 mm (1 a N°4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8)							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19.0 mm a 4 mm (3/4 a N°4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 a N°4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	

**Tabla N° 002**  
**Requisitos granulométricos del Agregado Fino**

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO QUE PASA			
	Limites Totales	C	M	F
9.5 mm (3/8)	100	100	100	100
4.75 mm (N° 4)	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
2.36 mm (N° 8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1.18 mm (N° 16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
600 um (N° 30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
300 um (N° 50)	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
150 um (N° 100)	0 - 12	2 - 10	0 - 12*	0 - 12*

\* Incrementar a 15 % para agregados triturados, excepto cuando se use para pavimentos de alta resistencia

**Tabla N° 003**  
**Requisitos granulométricos del Agregado Global**  
**Husos DIM (1045)**

TAMIZ	Porcentaje que pasa		
	I	II	III
31.5 mm	100	100	100
16 mm	62	80	89
8 mm	38	62	77
4 mm	23	47	65
2 mm	14	37	53
1 mm	8	28	42
0.25 mm.	2	8	15

**CUADRO N° 4.2.1**

**Ensayos de Peso Unitario Compactado del Agregado Global**

Norma : NTP 400.017

Fecha de Realización : 19/10/02

Material Utilizado :

AGB = Agregado Grueso Baritina

AFB = Agregado Fino Baritina

<b>Contenido de Humedad de los Agregados</b>				
Material	P. Inic.	P. Fin.	Cont. Agua	w(%)
AFB	500.00	496.50	3.50	0.70
AGB	1000.00	994.50	5.50	0.55

**Corrección de peso seco teórico a peso natural**

Peso Natural=Peso seco x (1+Cont. Humedad/100)

Peso del Recipiente=11.80kg

Volumen del Recipiente=14082cm<sup>3</sup>=0.014082m<sup>3</sup>

Peso total por muestra seca de ensayo = 80 kg

Combinación de Agregados	Peso de material para ensayar		Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Promedio
	Peso seco	Peso natural			
Peso seco de muestra : 80kg			Peso de material + Recipiente		
			Peso de material compactado = P		
AFB=40%	32.00	32.23	52.75	52.60	
AGB=60%	48.00	48.27	40.95	40.80	
Peso Unitario Compactado: P/V			2907.97	2897.32	2902.64
AFB=45%	36.00	36.25	53.60	53.50	
AGB=55%	44.00	44.24	41.80	41.70	
Peso Unitario Compactado: P/V			2968.33	2961.23	2964.78
AFB=50%	40.00	40.28	53.50	53.75	
AGB=50%	40.00	40.22	41.70	41.95	
Peso Unitario Compactado: P/V			2961.23	2978.98	2970.10
AFB=55%	44.00	44.31	53.95	53.80	
AGB=45%	36.00	36.20	42.15	42.00	
Peso Unitario Compactado: P/V			2993.18	2982.53	2987.86
AFB=60%	48.00	48.34	53.00	53.15	
AGB=40%	32.00	32.18	41.20	41.35	
Peso Unitario Compactado: P/V			2925.72	2936.37	2931.05

CUADRO N° 4.2.2

**Ensayos de Peso Unitario Compactado del Agregado Global**

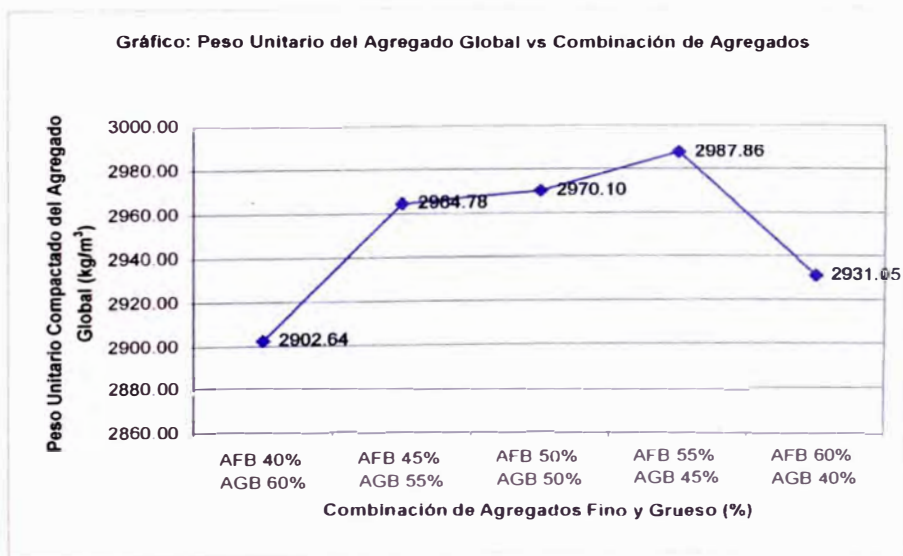
(%)	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Promedio	P material	P.U.C Global
(40/60)	52.75	52.60	52.68	40.88	2902.64
(45/55)	53.60	53.50	53.55	41.75	2964.78
(50/50)	53.50	53.75	53.63	41.83	2970.10
(55/45)	53.95	53.80	53.88	42.08	2987.86
(60/40)	53.00	53.15	53.08	41.28	2931.05

Peso balde = 11.8 kg

Volumen balde = 0.014082 m<sup>3</sup>

Resumen

Combinación de agregados (AFB/AGB)	P.U.C
AFB 40% AGB 60%	2902.64
AFB 45% AGB 55%	2964.78
AFB 50% AGB 50%	2970.10
AFB 55% AGB 45%	2987.86
AFB 60% AGB 40%	2931.05



# **NEXO B**

**ENSAYOS DEL CONCRETO PESADO AL ESTADO  
FRESCO**

**ENSAYOS DEL CONCRETO PESADO AL ESTADO  
ENDURECIDO**



# **ENSAYOS DEL CONCRETO PESADO AL ESTADO FRESCO**

CUADRO N° 7.1.1.1a  
ENSAYO DE PESO UNITARIO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

DISEÑOS		PESO DEL BALDE + MEZCLA (kg)	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DE LA MEZCLA (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )
A.F.B / A.G.B	A/C				
55/45	0.40	50.25	9.00	41.25	2913.14
	0.45	52.10	9.00	43.10	3043.79
	0.50	53.10	9.00	44.10	3114.41

Volumen de balde 1/2 pie<sup>3</sup> = 0.01416m<sup>3</sup>

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.1.1.1b  
ENSAYO DE PESO UNITARIO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

DISEÑOS		PESO DEL BALDE + MEZCLA (kg)	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DE LA MEZCLA (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m <sup>3</sup> )
A.F.N / A.G.B	A/C				
45/55	0.40	45.20	9.00	36.20	2556.50
	0.45	47.20	9.00	38.20	2697.74
	0.50	48.10	9.00	39.10	2761.30

Volumen de balde 1/2 pie<sup>3</sup> = 0.01416m<sup>3</sup>

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.2.1a**  
**ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y PORCENTAJE DE FLUIDEZ**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑOS		MESA DE SACUDIDAS (MESA DE FLUJO)							PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%)	ASENTAMIENTO (PULG)
		DIAMETROS (cm)								
A.F.B / A.G.B	A/C	01	02	03	04	05	06	PROMEDIO		
55/45	0.40	51.00	50.00	51.00	51.00	50.50	51.00	50.75	103.00	3 3/4
	0.45	46.00	48.00	48.50	47.00	49.00	48.00	47.75	91.00	3 1/2
	0.50	46.00	46.00	47.00	47.00	45.00	46.00	46.17	84.67	3 1/2

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.1.1b**  
**ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y PORCENTAJE DE FLUIDEZ**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑOS		MESA DE SACUDIDAS (MESA DE FLUJO)							PORCENTAJE DE FLUIDEZ (%)	ASENTAMIENTO (PULG)
		DIAMETROS (cm)								
A.F.N / A.G.B	A/C	01	02	03	04	05	06	PROMEDIO		
45/55	0.40	43.50	44.00	44.00	43.50	45.00	44.00	44.00	76.00	3 1/4
	0.45	40.50	40.00	39.50	40.00	41.00	40.50	40.25	61.00	3 1/4
	0.50	39.50	38.50	39.00	38.00	38.50	39.50	38.83	55.33	3 1/4

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.1.4.1a

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE  
 BARITINA

DISEÑOS		PESO DE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA (kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO NOMINAL (kg/m <sup>3</sup> )	CONTENIDO DE AIRE (%)
A.F.B / A.G.B	A/C			
55/45	0.40	2910	2913.14	0.11
	0.45	3017	3043.79	0.88
	0.50	3072	3114.41	1.36

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.1.4.1b

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE  
 CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE  
 BARITINA

DISEÑOS		PESO DE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA (kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO NOMINAL (kg/m <sup>3</sup> )	CONTENIDO DE AIRE (%)
A.F.N / A.G.B	A/C			
45/55	0.40	2504	2556.50	2.05
	0.45	2552	2697.74	5.40
	0.50	2598	2761.30	5.91

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.6.1a**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 8h 40'

A.F.B / A.G.B 55/45	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA PENETRACION	TIEMPO ACUMULADO
	01	02	03	h:min lb						
A/C = 0.40	01	02	03	lb	N°	(mm <sup>2</sup> )	(pulg <sup>2</sup> )	(lb)	(lb/pulg <sup>2</sup> )	(min)
<b>HORA DE INICIO</b>	8:40	8:45	8:50	8:45						
1ERA LECTURA	12:00	12:05	12:10	12:05	1	645	1	150	150	200
AGUJA 1	150.00	150.00	150.00	150.00						
2DA LECTURA	12:20	12:25	12:30	12:25	2	323	1/2	125	250	220
AGUJA 2	110.00	140.00	125.00	125.00						
3ERA LECTURA	12:40	12:45	12:50	12:45	3	161	1/4	110	440	240
AGUJA 3	100.00	120.00	110.00	110.00						
4TA LECTURA	13:00	13:05	13:10	13:05	4	65	1/10	85	850	260
AGUJA 4	90.00	80.00	85.00	85.00						
5TA LECTURA	13:20	13:25	13:30	13:25	5	32	1/20	100	2000	280
AGUJA 5	90.00	110.00	100.00	100.00						
6TA LECTURA	13:40	13:45	13:50	13:45	6	16	1/40	100	4000	300
AGUJA 6	110.00	90.00	100.00	100.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 4h 5'

Tiempo de fragua final (TFF) = 5h 00'

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.6.1b**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 8h 10'

A.F.B / A.G.B 55/45	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA (mm <sup>2</sup> )	AREA (pulg <sup>2</sup> )	CARGA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg <sup>2</sup> )	TIEMPO ACUMULADO (min)
	A/C = 0.45	01	02	03						
<b>HORA DE INICIO</b>	8:10	8:15	8:20	8:15	<b>N°</b>	<b>(mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>(lb)</b>	<b>(lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>(min)</b>
1ERA LECTURA	11:40	11:45	11:50	11:45	1	645	1	115	115	210
AGUJA 1	110.00	120.00	115.00	115.00						
2DA LECTURA	12:10	12:15	12:20	12:15	2	323	1/2	120	240	240
AGUJA 2	100.00	130.00	120.00	120.00						
3ERA LECTURA	12:40	12:45	12:50	12:45	3	161	1/4	115	460	270
AGUJA 3	110.00	120.00	115.00	115.00						
4TA LECTURA	13:10	13:15	13:20	13:15	4	65	1/10	90	900	300
AGUJA 4	90.00	90.00	90.00	90.00						
5TA LECTURA	13:40	13:45	13:50	13:45	5	32	1/20	115	2300	330
AGUJA 5	90.00	140.00	115.00	115.00						
6TA LECTURA	14:10	14:15	14:20	14:15	6	16	1/40	125	5000	360
AGUJA 6	110.00	140.00	125.00	125.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 4h 34'

Tiempo de fragua final (TFF) = 5h 50'

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.6.1c**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 7h 40'

A.F.B / A.G.B 55/45	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA PENETRACION	TIEMPO ACUMULADO
	A/C = 0.50	01	02	03						
HORA DE INICIO	01	02	03	PROMEDIO	N°	(mm <sup>2</sup> )	(pulg <sup>2</sup> )	(lb)	(lb/pulg <sup>2</sup> )	(min)
1ERA LECTURA	7:40	7:45	7:50	7:45	1	645	1	115	115	240
AGUJA 1	120.00	110.00	115.00	115.00						
2DA LECTURA	12:10	12:15	12:20	12:15	2	323	1/2	120	240	270
AGUJA 2	110.00	130.00	120.00	120.00						
3ERA LECTURA	12:40	12:45	12:50	12:45	3	161	1/4	105	420	300
AGUJA 3	110.00	100.00	105.00	105.00						
4TA LECTURA	13:10	13:15	13:20	13:15	4	65	1/10	95	950	330
AGUJA 4	90.00	100.00	95.00	95.00						
5TA LECTURA	13:40	13:45	13:50	13:45	5	32	1/20	110	2200	360
AGUJA 5	90.00	130.00	110.00	110.00						
6TA LECTURA	14:10	14:15	14:20	14:15	6	16	1/40	145	5800	390
AGUJA 6	130.00	160.00	145.00	145.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 5h 7'

Tiempo de fragua final (TFF) = 6h 17'

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.6.2a**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 9h 30'

A.F.N / A.G.B 45/55	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA PENETRACION	TIEMPO ACUMULADO
	A/C = 0.40	01	02	03						
<b>HORA DE INICIO</b>	9:30	9:35	9:40	9:35	<b>N°</b>	<b>(mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>(lb)</b>	<b>(lb/pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>(min)</b>
1ERA LECTURA	12:00	12:05	12:10	12:05	1	645	1	97	97	150
AGUJA 1	85.00	95.00	110.00	97.00						
2DA LECTURA	12:30	12:35	12:40	12:35	2	323	1/2	107	214	180
AGUJA 2	90.00	115.00	115.00	107.00						
3ERA LECTURA	13:00	13:05	13:10	13:05	3	161	1/4	95	380	210
AGUJA 3	85.00	90.00	110.00	95.00						
4TA LECTURA	13:30	13:35	13:40	13:35	4	65	1/10	90	900	240
AGUJA 4	80.00	80.00	110.00	90.00						
5TA LECTURA	14:00	14:05	14:10	14:05	5	32	1/20	130	2600	270
AGUJA 5	125.00	135.00	130.00	130.00						
6TA LECTURA	14:30	14:35	14:40	14:35	6	16	1/40	135	5400	300
AGUJA 6	130.00	135.00	140.00	135.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 3h 37'

Tiempo de fragua final (TFF) = 4h 45'

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina



**CUADRO N° 7.1.6.2b**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 9h 45'

A.F.N / A.G.B 45/55	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA (mm <sup>2</sup> )	AREA (pulg <sup>2</sup> )	CARGA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg <sup>2</sup> )	TIEMPO ACUMULADO (min)
	01	02	03	h:min lb						
A/C = 0.45	01	02	03							
HORA DE INICIO	9:45	9:50	9:55	9:50	N°	(mm <sup>2</sup> )	(pulg <sup>2</sup> )	(lb)	(lb/pulg <sup>2</sup> )	(min)
1ERA LECTURA	12:15	12:20	12:25	12:20	1	645	1	95	95	150
AGUJA 1	85.00	100.00	100.00	95.00						
2DA LECTURA	12:45	12:50	12:55	12:50	2	323	1/2	100	200	180
AGUJA 2	110.00	80.00	110.00	100.00						
3ERA LECTURA	13:15	13:20	13:25	13:20	3	161	1/4	117	468	210
AGUJA 3	110.00	120.00	120.00	117.00						
4TA LECTURA	13:45	13:50	13:55	13:50	4	65	1/10	97	970	240
AGUJA 4	90.00	100.00	100.00	97.00						
5TA LECTURA	14:15	14:20	14:25	14:20	5	32	1/20	143	2860	270
AGUJA 5	130.00	140.00	160.00	143.00						
6TA LECTURA	14:45	14:50	14:55	14:50	6	16	1/40	143	5720	300
AGUJA 6	145.00	140.00	145.00	143.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 3h 30'

Tiempo de fragua final (TFF) = 4h 41'

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.6.2c**  
**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 10h 00'

A.F.N / A.G.B 45/55	MOLDES			PROMEDIO	AGUJA USADA	AREA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA PENETRACION	TIEMPO ACUMULADO
				h:min						
A/C = 0.50	01	02	03	lb						
HORA DE INICIO	10:00	10:05	10:10	10:05	N°	(mm <sup>2</sup> )	(pulg <sup>2</sup> )	(lb)	(lb/pulg <sup>2</sup> )	(min)
1ERA LECTURA	12:30	12:35	12:40	12:35	1	645	1	68	68	150
AGUJA 1	70.00	70.00	65.00	68.00						
2DA LECTURA	13:00	13:05	13:10	13:05	2	323	1/2	83	166	180
AGUJA 2	80.00	90.00	80.00	83.00						
3ERA LECTURA	13:30	13:35	13:40	13:35	3	161	1/4	87	348	210
AGUJA 3	80.00	90.00	90.00	87.00						
4TA LECTURA	14:00	14:05	14:10	14:05	4	65	1/10	88	880	240
AGUJA 4	90.00	95.00	80.00	88.00						
5TA LECTURA	14:30	14:35	14:40	14:35	5	32	1/20	93	1860	270
AGUJA 5	90.00	95.00	95.00	93.00						
6TA LECTURA	15:00	15:05	15:10	15:05	6	16	1/40	110	4400	300
AGUJA 6	90.00	120.00	120.00	110.00						

Tiempo de fragua inicial (TFI) = 3h 41'

Tiempo de fragua final (TFF) = 4h 53'

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.1.5.1a**  
**ENSAYO DE EXUDACION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 10h 38'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	:	14160.00 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	:	9.00 kg
AREA DEL RECIPIENTE	:	483.05 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	:	50.25 kg
PESO DE LA MUESTRA (S)	:	41.25 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA (W)	:	65.00 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w)	:	6.38 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
10:38	0	0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
10:48	10	10	0.10	0.10	0.00021	0.00002
10:58	10	20	3.00	3.10	0.00621	0.00062
11:08	10	30	3.40	6.50	0.00704	0.00070
11:18	10	40	5.20	11.70	0.01076	0.00108
11:48	30	70	13.20	24.90	0.02733	0.00091
12:18	30	100	10.70	35.60	0.02215	0.00074
12:48	30	130	3.40	39.00	0.00704	0.00023

D = 39.00

$$C = w \times S / W = 4.05$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 0.96$$

**CUADRO N° 7.1.5.1b**  
**ENSAYO DE EXUDACION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 12h 56'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	:	14160.00 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	:	9.00 kg
AREA DEL RECIPIENTE	:	483.05 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	:	52.10 kg
PESO DE LA MUESTRA (S)	:	43.10 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA (W)	:	65.00 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w)	:	5.69 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
12:56	0	0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
13:06	10	10	0.30	0.30	0.00062	0.00006
13:16	10	20	3.50	3.80	0.00725	0.00072
13:26	10	30	4.70	8.50	0.00973	0.00097
13:36	10	40	6.20	14.70	0.01284	0.00128
14:06	30	70	14.30	29.00	0.02960	0.00099
14:36	30	100	14.30	43.30	0.02960	0.00099
15:06	30	130	6.30	49.60	0.01304	0.00043
15:36	30	160	0.40	50.00	0.00083	0.00003

D = 50.00

$$C = w \times S / W = 3.77$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 1.33$$

**CUADRO N° 7.1.5.1c**  
**ENSAYO DE EXUDACION**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 12h 29'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	:	14160.00 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	:	9.00 kg
AREA DEL RECIPIENTE	:	483.05 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	:	53.10 kg
PESO DE LA MUESTRA (S)	:	44.10 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA (W)	:	65.00 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA (w)	:	5.38 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
12:29	0	0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
12:39	10	10	4.30	4.30	0.00890	0.00089
12:49	10	20	8.60	12.90	0.01780	0.00178
12:59	10	30	9.30	22.20	0.01925	0.00193
13:09	10	40	8.20	30.40	0.01698	0.00170
13:39	30	70	10.20	40.60	0.02112	0.00070
14:09	30	100	12.00	52.60	0.02484	0.00083
14:39	30	130	8.30	60.90	0.01718	0.00057
15:09	30	160	1.10	62.00	0.00228	0.00008

D = 62.00

$$C = w \times S / W = 3.65$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 1.70$$

**CUADRO N° 7.1.5.2a**  
**ENSAYO DE EXUDACION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 8h 15'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	:	3822 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	:	0.215 kg
AREA DEL RECIPIENTE	:	254 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	:	11.915 kg
PESO DE LA MUESTRA	:	11.7 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA	:	54 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA	:	5.803 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
08:15	0	0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
08:25	10	10	1.00	1.00	0.00394	0.00039
08:35	10	20	1.27	2.27	0.00500	0.00050
08:45	10	30	1.33	3.60	0.00524	0.00052
08:55	10	40	0.83	4.43	0.00327	0.00033
09:25	30	70	4.00	8.43	0.01575	0.00052
09:55	30	100	3.50	11.93	0.01378	0.00046
10:25	30	130	3.67	15.60	0.01445	0.00048
10:55	30	160	2.00	17.60	0.00787	0.00026

D= 17.60

$$C = w \times S / W = 1.26$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 1.40$$

**CUADRO N° 7.1.5.2b**  
**ENSAYO DE EXUDACION**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

RELACION A/C = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 9h 11'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	3822 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	0.215 kg
AREA DEL RECIPIENTE	254 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	12.365 kg
PESO DE LA MUESTRA	12.15 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA	54 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA	5.223 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
09:11	0	0	0.00	0	0.00000	0.00000
09:21	10	10	1.50	1.50	0.00591	0.00059
09:31	10	20	1.17	2.67	0.00461	0.00046
09:41	10	30	1.00	3.67	0.00394	0.00039
09:51	10	40	2.87	6.54	0.01130	0.00113
10:21	30	70	6.83	13.37	0.02689	0.00090
10:51	30	100	4.67	18.04	0.01839	0.00061
11:21	30	130	1.00	19.04	0.00394	0.00013

D= 19.04

$$C = w \times S / W = 1.18$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 1.62$$

CUADRO N° 7.1.5.2c  
ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

RELACION A/C = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO 9h 34'

VOLUMEN DEL RECIPIENTE	3822 cm <sup>3</sup>
PESO DEL RECIPIENTE	0.215 kg
AREA DEL RECIPIENTE	254 cm <sup>2</sup>
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO	12.645 kg
PESO DE LA MUESTRA	12.43 kg
PESO TOTAL DE LA TANDA	54 kg
PESO DEL AGUA EN LA TANDA	4.655 kg

HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm <sup>2</sup> )	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm <sup>2</sup> /min)
09:34	0	0	0.00	0.00	0.00000	0.00000
09:44	10	10	0.70	0.70	0.00276	0.00028
09:54	10	20	1.37	2.07	0.00539	0.00054
10:06	10	30	2.03	4.10	0.00799	0.00080
10:16	10	40	3.77	7.87	0.01484	0.00148
10:46	30	70	4.80	12.67	0.01890	0.00063
11:16	30	100	4.67	17.34	0.01839	0.00061
11:46	30	130	2.00	19.34	0.00787	0.00026

D= 19.34

$$C = w \times S / W = 1.07$$

$$PE = D / C \times 100/1000$$

$$PE (\%) = 1.80$$



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

**CUADRO N° 7.2.1.1a**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.B / A.G.B = 55/45  
A/C = 0.40

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.95	30.00	65800.00	175.00	376	373
	14.90	30.00	66600.00	174.00	383	
	14.90	30.00	62600.00	174.00	360	
14	14.90	30.00	72600.00	174.00	417	414
	14.90	30.00	71600.00	174.00	411	
	14.95	30.00	72220.00	175.00	413	
28	15.00	30.00	79733.33	177.00	450	450
	14.90	30.00	77600.00	174.00	446	
	14.85	30.00	78600.00	173.00	454	

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.1.1b**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.N / A.G.B = 45/55  
A/C = 0.40

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.80	30.20	60500.00	172.00	352	358
	14.80	30.10	59500.00	172.00	346	
	14.80	30.20	64700.00	172.00	376	
14	14.80	30.20	68700.00	172.00	399	400
	14.80	30.20	71000.00	172.00	413	
	14.80	30.10	66800.00	172.00	388	
28	14.80	30.20	72000.00	172.00	419	433
	14.80	30.20	75600.00	172.00	440	
	14.80	30.10	75500.00	172.00	439	

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.2.1.2a

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

A.F.B / A.G.B = 55/45

A/C = 0.45

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.90	30.00	61800.00	174.00	355	357
	14.90	30.00	63300.00	174.00	364	
	14.90	30.00	61100.00	174.00	351	
14	14.90	30.00	69800.00	174.00	401	391
	14.95	30.00	68200.33	175.00	390	
	14.90	30.00	66400.00	174.00	382	
28	15.00	30.00	73233.33	177.00	414	420
	14.85	30.00	72466.67	173.00	419	
	14.85	30.00	74100.00	173.00	428	

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

CUADRO N° 7.2.1.2b

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA

A.F.N / A.G.B = 45/55

A/C = 0.45

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.90	30.20	57300.00	174.00	329	332
	14.90	30.40	60200.00	174.00	346	
	14.80	30.50	55300.00	172.00	322	
14	14.80	30.20	67400.00	172.00	392	385
	14.80	30.20	66400.00	172.00	386	
	14.80	30.40	64800.00	172.00	377	
28	14.80	30.30	71000.00	172.00	413	412
	14.80	30.20	72700.00	172.00	423	
	14.80	30.10	68600.00	172.00	399	

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.1.3a**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.B / A.G.B = 55/45  
A/C = 0.50

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.95	30.00	53800.00	175.00	307	326
	14.85	30.00	58600.00	173.00	339	
	15.10	30.00	59600.00	179.00	333	
14	14.90	30.00	64600.00	174.00	371	370
	15.00	30.00	65000.00	177.00	367	
	14.80	30.00	63800.00	172.00	371	
28	14.90	30.00	67666.67	174.00	389	390
	14.90	30.00	68233.33	174.00	392	
	14.90	30.00	67500.00	174.00	388	

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina  
A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.1.3b**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.N / A.G.B = 45/55  
A/C = 0.50

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.80	30.20	55500.00	172.00	323	320
	14.80	30.10	55100.00	172.00	320	
	14.80	30.10	54300.00	172.00	316	
14	14.80	30.30	61300.00	172.00	356	360
	14.80	30.20	59800.00	172.00	348	
	14.80	30.10	64600.00	172.00	376	
28	14.80	30.20	64800.00	172.00	377	380
	14.80	30.20	66700.00	172.00	388	
	14.80	30.10	64300.00	172.00	374	

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal  
A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.2a**  
**ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.B / A.G.B = 55/45

EDAD = 28 DIAS

A/C	DIMENSIONES (cm)		CARGA DE FALLA (kg)	ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD			
0.40	14.90	29.00	20200.00	30	27
	15.00	30.00	21000.00	30	
	14.90	30.10	16200.00	23	
0.45	14.80	32.00	28800.00	39	35
	14.90	29.00	26200.00	39	
	14.90	32.00	20200.00	27	
0.50	14.90	30.00	22400.00	32	31
	14.90	30.10	23100.00	33	
	14.95	30.10	20000.00	28	

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.2b**  
**ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.N / A.G.B = 45/55

EDAD = 28 DIAS

A/C	DIMENSIONES (cm)		CARGA DE FALLA (kg)	ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm <sup>2</sup> )
	DIAMETRO	LONGITUD			
0.40	14.9	30.5	17500	25	23
	15	30.4	15000	21	
	14.8	30.2	15700	22	
0.45	14.9	30.4	19400	27	25
	14.9	30.2	17500	25	
	15.2	30.5	17500	24	
0.50	14.9	30.4	18700	26	25
	15	30.2	17000	24	
	14.9	30.5	17800	25	

Leyenda:

A.F.N : Agregado fino normal

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.3a**

**ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y  
AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.B / A.G.B = 55/45

EDAD = 28 DIAS

A/C	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm <sup>2</sup> )			
	CARGA MAX (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )
0.40	75000	175	429	145453
0.45	74600	174	429	183024
0.50	67800	175	387	172513

Leyenda:

A.F.B : Agregado fino de baritina

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.3b**

**ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y  
AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

A.F.N / A.G.B = 45/55

EDAD = 28 DIAS

A/C	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm <sup>2</sup> )			
	CARGA MAX (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )
0.40	71036	172	413	138121
0.45	68112	172	396	136706
0.50	62780	172	365	129927

A.F.N : Agregado fino convencional

A.G.B : Agregado grueso de baritina

**CUADRO N° 7.2.3.1a**

**ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO

AFB/AGB = 55/45

RELACION a/c = 0.40

EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.43	0.10	0.10	0.10	0.10
4000.00	22.86	0.30	0.30	0.30	0.30
6000.00	34.29	0.70	0.90	0.80	0.80
8000.00	45.71	1.40	1.70	1.55	1.55
10000.00	57.14	1.90	2.50	2.20	2.20
12000.00	68.57	2.50	3.20	2.85	2.85
14000.00	80.00	3.20	4.10	3.65	3.65
16000.00	91.43	3.80	4.80	4.30	4.30
18000.00	102.86	4.70	5.70	5.20	5.20
20000.00	114.29	5.50	6.40	5.95	5.95
22000.00	125.71	6.30	7.20	6.75	6.75
24000.00	137.14	7.70	8.70	8.20	8.20
26000.00	148.57	8.60	9.60	9.10	9.10
28000.00	160.00	9.30	10.30	9.80	9.80
30000.00	171.43	9.90	10.90	10.40	10.40
32000.00	182.86	10.70	11.70	11.20	11.20
34000.00	194.29	11.50	12.60	12.05	12.05
36000.00	205.71	12.40	13.40	12.90	12.90
38000.00	217.14	13.40	14.30	13.85	13.85
40000.00	228.57	14.00	15.30	14.65	14.65
42000.00	240.00	14.90	16.30	15.60	15.60
44000.00	251.43	15.80	17.20	16.50	16.50
46000.00	262.86	16.80	18.20	17.50	17.50
48000.00	274.29	17.70	19.10	18.40	18.40
50000.00	285.71	18.60	20.10	19.35	19.35
52000.00	297.14	19.50	21.30	20.40	20.40
54000.00	308.57	20.70	22.30	21.50	21.50
56000.00	320.00	21.80	23.40	22.60	22.60
58000.00	331.43	22.90	24.60	23.75	23.75
60000.00	342.86	24.00	25.80	24.90	24.90

Leyenda:

AFB : Agregado fino de baritina

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO	14.95 cm	S1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	27 43 e1 : 0.5 x 10-4
AREA	175 cm <sup>2</sup>	S2 = 0 4f <sub>c</sub> :	171.43 e2 : 10.40 x 10-4
CARGA MAX	75000 kg	MEE	145453 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub>	429 kg/cm <sup>2</sup>		

**CUADRO N° 7.2.3.1b**

**ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO

AFB/AGB = 55/45

RELACION a/c = 0.45

EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.49	0.10	0.10	0.10	0.10
4000.00	22.99	0.15	0.30	0.23	0.23
6000.00	34.48	0.25	0.50	0.38	0.38
8000.00	45.98	0.45	0.60	0.53	0.53
10000.00	57.47	0.50	0.70	0.60	0.60
12000.00	68.97	0.55	0.80	0.68	0.68
14000.00	80.46	0.70	1.00	0.85	0.85
16000.00	91.95	1.25	1.80	1.53	1.53
18000.00	103.45	1.80	2.60	2.20	2.20
20000.00	114.94	2.50	3.30	2.90	2.90
22000.00	126.44	3.20	4.00	3.60	3.60
24000.00	137.93	3.85	4.80	4.33	4.33
26000.00	149.43	4.55	5.70	5.13	5.13
28000.00	160.92	5.20	6.60	5.90	5.90
30000.00	172.41	5.90	7.70	6.80	6.80
32000.00	183.91	6.60	8.80	7.70	7.70
34000.00	195.40	7.35	9.90	8.63	8.63
36000.00	206.90	8.10	11.10	9.60	9.60
38000.00	218.39	8.80	11.90	10.35	10.35
40000.00	229.89	9.60	12.70	11.15	11.15
42000.00	241.38	10.25	13.80	12.03	12.03
44000.00	252.87	11.00	14.70	12.85	12.85
46000.00	264.37	11.80	15.90	13.85	13.85
48000.00	275.86	12.50	16.80	14.65	14.65
50000.00	287.36	13.25	17.80	15.53	15.53
52000.00	298.85	14.00	19.00	16.50	16.50
54000.00	310.34	14.95	20.10	17.53	17.53
56000.00	321.84	15.90	21.50	18.70	18.70
58000.00	333.33	17.00	22.90	19.95	19.95

Legenda:

AFB : Agregado fino de baritina

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO	14.90 cm	S1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	57.47 e1 : 0.5 x 10 <sup>-4</sup>
AREA	174 cm <sup>2</sup>	S2 = 0.4f <sub>c</sub> :	171.49 e2 : 6.73 x 10 <sup>-4</sup>
CARGA MAX	74600 kg	MEE	183024 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub>	429 kg/cm <sup>2</sup>		



**CUADRO N° 7.2.3.1c**

**ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO

AFB/AGB = 55/45

RELACION a/c = 0.50

EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.43	0.10	0.30	0.20	0.20
4000.00	22.86	0.10	0.30	0.20	0.20
6000.00	34.29	0.20	0.35	0.28	0.28
8000.00	45.71	0.20	0.40	0.30	0.30
10000.00	57.14	0.30	0.50	0.40	0.40
12000.00	68.57	0.40	0.55	0.48	0.48
14000.00	80.00	0.55	0.70	0.63	0.63
16000.00	91.43	1.10	1.20	1.15	1.15
18000.00	102.86	1.90	1.80	1.85	1.85
20000.00	114.29	2.40	2.50	2.45	2.45
22000.00	125.71	3.20	3.10	3.15	3.15
24000.00	137.14	4.00	4.10	4.05	4.05
26000.00	148.57	4.70	5.20	4.95	4.95
28000.00	160.00	5.55	6.60	6.08	6.08
30000.00	171.43	6.50	7.70	7.10	7.10
32000.00	182.86	7.05	8.40	7.73	7.73
34000.00	194.29	7.90	9.80	8.85	8.85
36000.00	205.71	8.50	10.80	9.65	9.65
38000.00	217.14	9.30	11.90	10.60	10.60
40000.00	228.57	10.05	12.80	11.43	11.43
42000.00	240.00	10.80	14.20	12.50	12.50
44000.00	251.43	11.50	15.50	13.50	13.50
46000.00	262.86	12.30	17.00	14.65	14.65
48000.00	274.29	13.10	18.40	15.75	15.75
50000.00	285.71	14.00	19.90	16.95	16.95
52000.00	297.14	14.90	21.60	18.25	18.25

Leyenda:

AFB : Agregado fino de baritina

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO	14.95 cm	S1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	32.66 e1 : 0.5 x 10-4
AREA	175 cm <sup>2</sup>	S2 = 0.4fc :	154.97 e2 : 7.59 x 10-4
CARGA MAX	67800 kg	MEE	172513 kg/cm <sup>2</sup>
fc	387 kg/cm <sup>2</sup>		

**CUADRO N° 7.2.3.2a**  
**ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO  
AFN/AGB = 45/55  
RELACION a/c = 0.40  
EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.63	0.90	0.10	0.50	0.50
4000.00	23.26	1.70	0.70	1.20	1.20
6000.00	34.88	2.60	1.30	1.95	1.95
8000.00	46.51	3.40	1.90	2.65	2.65
10000.00	58.14	4.20	2.50	3.35	3.35
12000.00	69.77	5.10	3.10	4.10	4.10
14000.00	81.40	5.90	3.70	4.80	4.80
16000.00	93.02	6.90	5.10	6.00	6.00
18000.00	104.65	8.00	5.50	6.75	6.75
20000.00	116.28	9.10	6.30	7.70	7.70
22000.00	127.91	10.20	7.20	8.70	8.70
24000.00	139.53	11.10	8.10	9.60	9.60
26000.00	151.16	12.10	9.10	10.60	10.60
28000.00	162.79	13.20	9.90	11.55	11.55
30000.00	174.42	14.40	10.80	12.60	12.60
32000.00	186.05	15.40	12.00	13.70	13.70
34000.00	197.67	18.40	14.00	16.20	16.20
36000.00	209.30	19.40	14.50	16.95	16.95
38000.00	220.93	20.10	15.10	17.60	17.60
40000.00	232.56	21.20	15.80	18.50	18.50
42000.00	244.19	22.90	17.20	20.05	20.05
44000.00	255.81	25.00	18.50	21.75	21.75
46000.00	267.44	26.30	19.40	22.85	22.85
48000.00	279.07	27.50	20.10	23.80	23.80
50000.00	290.70	29.10	20.80	24.95	24.95
52000.00	302.33	30.00	22.10	26.05	26.05
54000.00	313.95	30.00	22.80	26.40	26.40
56000.00	325.58	30.00	23.50	26.75	26.75
58000.00	337.21	30.00	24.40	27.20	27.20
60000.00	348.84	30.00	25.50	27.75	27.75
62000.00	360.47	30.00	26.30	28.15	28.15
64000.00	372.09	30.00	27.20	28.60	28.60
66000.00	383.72	30.00	28.40	29.20	29.20

Leyenda:

AFN : Agregado fino normal

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO 14.80 cm

AREA 172 cm<sup>2</sup>

CARGA MAX 72000 kg

f<sub>c</sub> 419 kg/cm<sup>2</sup>

S1 (kg/cm<sup>2</sup>) : 11.60 e1 : 0.5 x 10-4

S2 = 0.4f<sub>c</sub> : 167.44 e2 : 12.02 x 10-4

MEE 135279 kg/cm<sup>2</sup>

**CUADRO N° 7.2.3.2b**

**ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**

**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO

AFN/AGB = 45/55

RELACION a/c = 0.45

EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.63	0.90	0.50	0.70	0.70
4000.00	23.26	0.90	1.51	1.21	1.21
6000.00	34.88	1.40	1.80	1.60	1.60
8000.00	46.51	2.00	2.30	2.15	2.15
10000.00	58.14	2.40	2.80	2.60	2.60
12000.00	69.77	3.00	3.30	3.15	3.15
14000.00	81.40	3.40	3.80	3.60	3.60
16000.00	93.02	4.00	4.50	4.25	4.25
18000.00	104.65	4.50	5.00	4.75	4.75
20000.00	116.28	5.00	5.60	5.30	5.30
22000.00	127.91	5.50	6.20	5.85	5.85
24000.00	139.53	6.00	7.20	6.60	6.60
26000.00	151.16	6.40	7.80	7.10	7.10
28000.00	162.79	7.00	8.50	7.75	7.75
30000.00	174.42	7.40	9.20	8.30	8.30
32000.00	186.05	8.00	10.00	9.00	9.00
34000.00	197.67	8.40	10.50	9.45	9.45
36000.00	209.30	9.00	11.60	10.30	10.30
38000.00	220.93	9.50	12.10	10.80	10.80
40000.00	232.56	10.00	12.80	11.40	11.40
42000.00	244.19	10.50	13.50	12.00	12.00
44000.00	255.81	11.00	14.40	12.70	12.70
46000.00	267.44	11.50	15.30	13.40	13.40
48000.00	279.07	12.10	16.00	14.05	14.05
50000.00	290.70	12.60	17.00	14.80	14.80
52000.00	302.33	13.30	18.00	15.65	15.65
54000.00	313.95	13.90	19.00	16.45	16.45
56000.00	325.58	14.60	20.00	17.30	17.30
58000.00	337.21	15.50	20.40	17.95	17.95
60000.00	348.84	16.40	22.10	19.25	19.25
62000.00	360.47	17.10	23.40	20.25	20.25
64000.00	372.09	18.00	24.70	21.35	21.35
66000.00	383.72	18.50	25.60	22.05	22.05
68000.00	395.35	20.10	27.00	23.55	23.55
70000.00	406.98	21.00	28.50	24.75	24.75

Leyenda:

AFN : Agregado fino normal

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO

14.80 cm

S1 (kg/cm<sup>2</sup>) :

8.30 e1 : 0.5 x 10<sup>-4</sup>

AREA

172 cm<sup>2</sup>

S2 = 0.4fc :

165.12 e2 : 7.86 x 10<sup>-4</sup>

CARGA MAX

71000 kg

MEE

213066 kg/cm<sup>2</sup>

fc

413 kg/cm<sup>2</sup>

**CUADRO N° 7.2.3.2c**  
**ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO**  
**CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

DISEÑO

AFN/AGB = 45/55

RELACION a/c = 0.50

EDAD : 28 días

CARGA (kg)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 <sup>-4</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000.00	11.63	0.10	0.20	0.15	0.15
4000.00	23.26	0.60	0.40	0.50	0.50
6000.00	34.88	5.60	0.40	3.00	3.00
8000.00	46.51	6.90	0.40	3.65	3.65
10000.00	58.14	8.00	0.40	4.20	4.20
12000.00	69.77	9.10	0.80	4.95	4.95
14000.00	81.40	10.10	1.40	5.75	5.75
16000.00	93.02	11.20	1.70	6.45	6.45
18000.00	104.65	12.10	2.30	7.20	7.20
20000.00	116.28	13.10	2.90	8.00	8.00
22000.00	127.91	13.90	3.20	8.55	8.55
24000.00	139.53	14.80	4.50	9.65	9.65
26000.00	151.16	15.70	5.20	10.45	10.45
28000.00	162.79	16.70	6.00	11.35	11.35
30000.00	174.42	17.30	6.90	12.10	12.10
32000.00	186.05	18.50	7.70	13.10	13.10
34000.00	197.67	19.50	8.40	13.95	13.95
36000.00	209.30	20.40	9.10	14.75	14.75
38000.00	220.93	21.50	10.00	15.75	15.75
40000.00	232.56	22.60	11.00	16.80	16.80
42000.00	244.19	23.70	12.30	18.00	18.00
44000.00	255.81	24.90	13.40	19.15	19.15
46000.00	267.44	26.10	14.90	20.50	20.50
48000.00	279.07	27.50	15.70	21.60	21.60

Leyenda:

AFN : Agregado fino normal

AGB : Agregado grueso de baritina

DIAMETRO	14.80 cm	S1 (kg/cm <sup>2</sup> ) :	23.26 e1 : 0.5 x 10-4
AREA	172 cm <sup>2</sup>	S2 = 0.4f'c :	147.44 e2 : 10.19 x 10-4
CARGA MAX	63400 kg		
f'c	369 kg/cm <sup>2</sup>	MEE	128155 kg/cm <sup>2</sup>

GRAFICO N° 7.2.3.1a  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c = 0.40

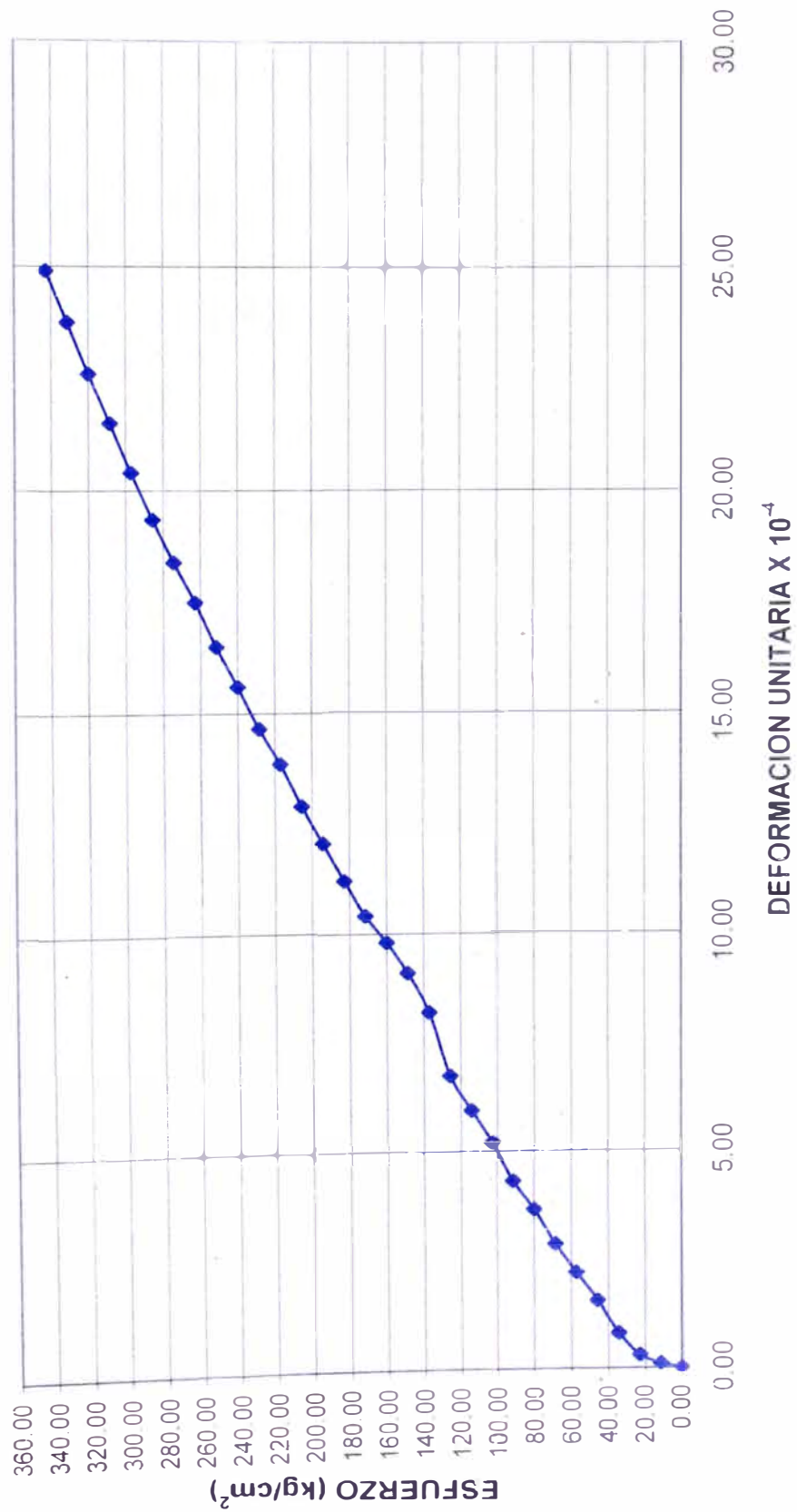


GRAFICO N° 7.2.3.1b  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c = 0.45

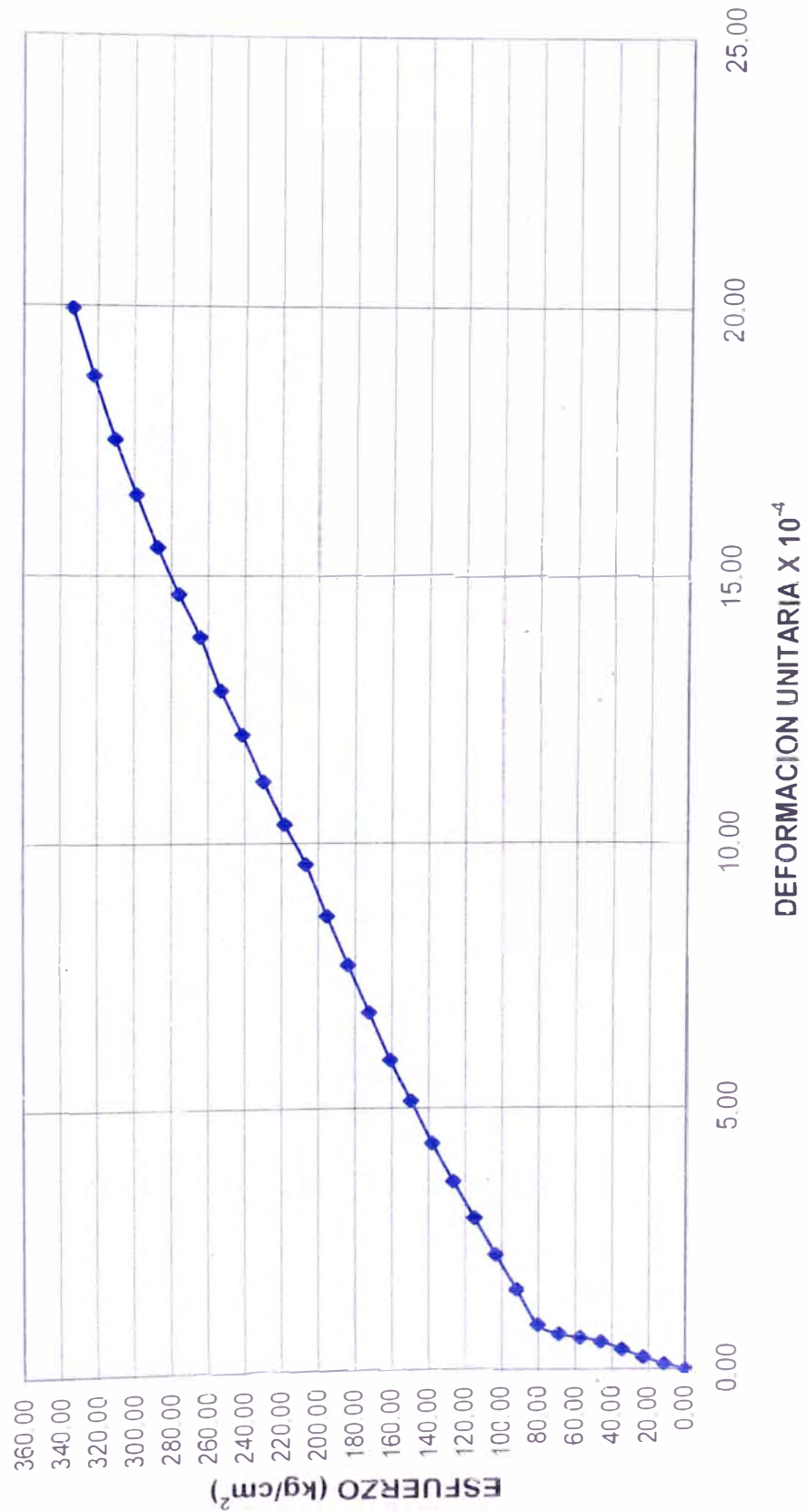


GRAFICO N° 7.2.3.1c  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO DE BARITINA Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c = 0.50

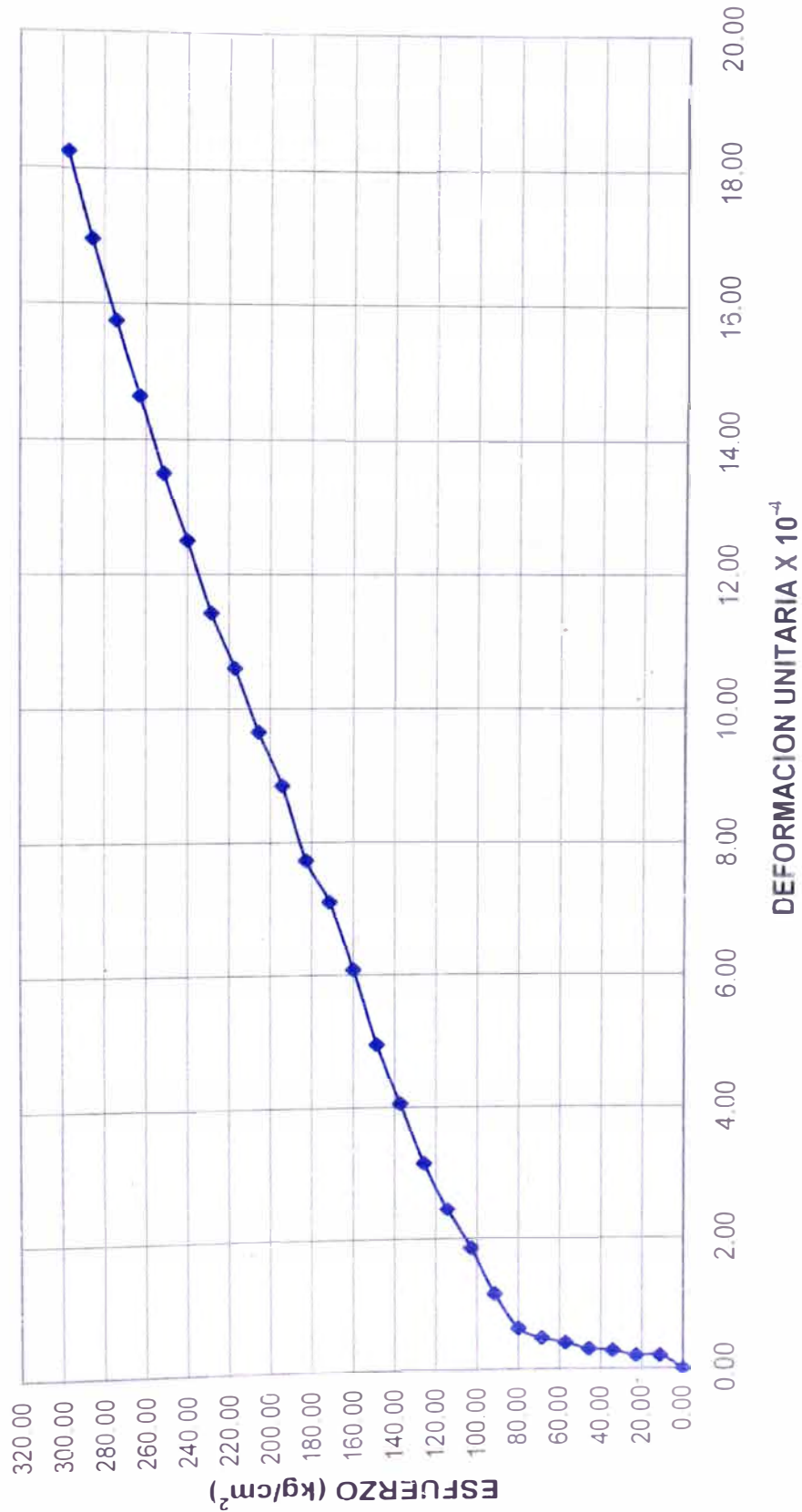


GRAFICO N° 7.2.3.2a  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c = 0.40

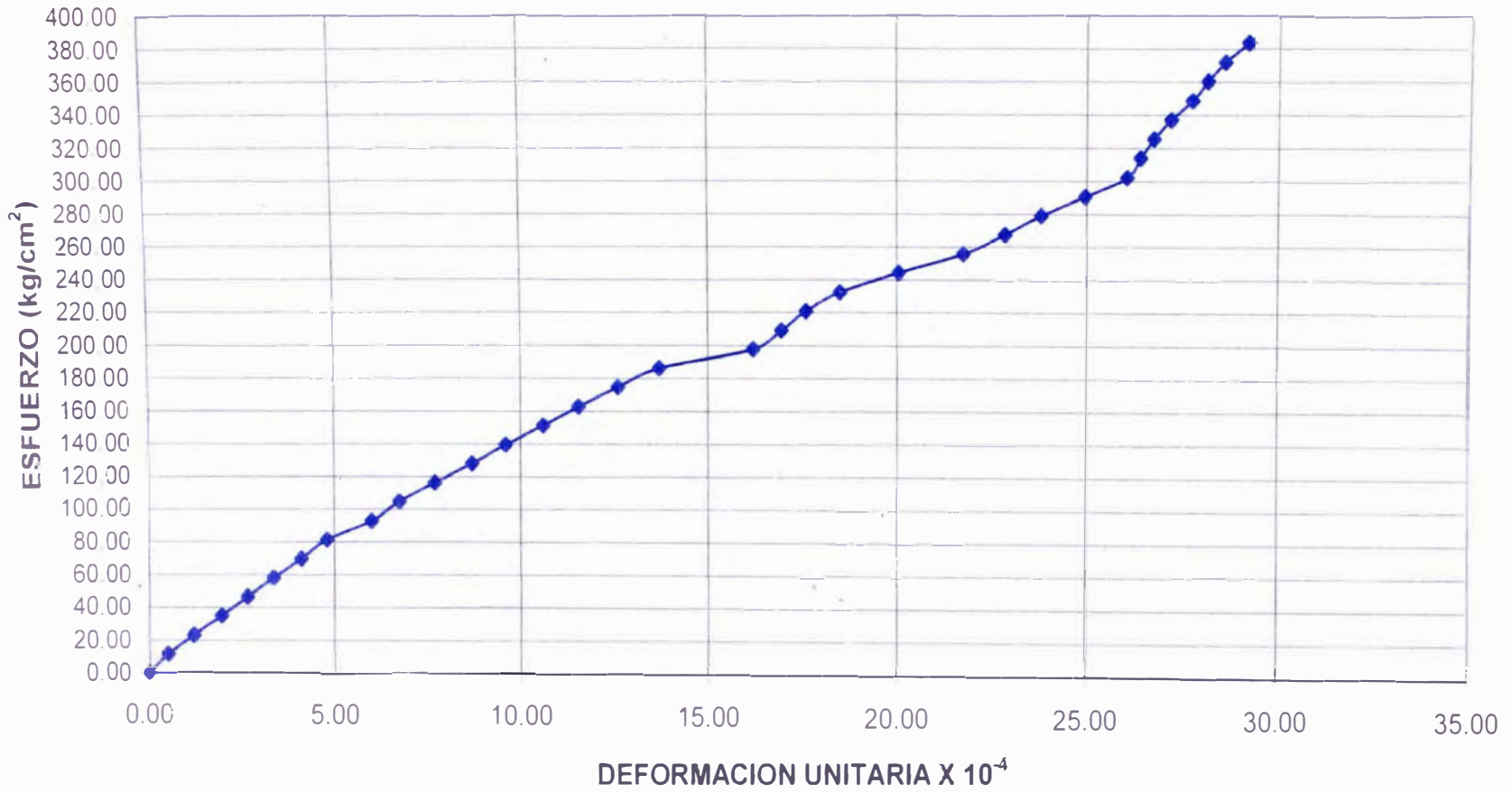




GRAFICO N° 7.2.3.2b  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c =0.45

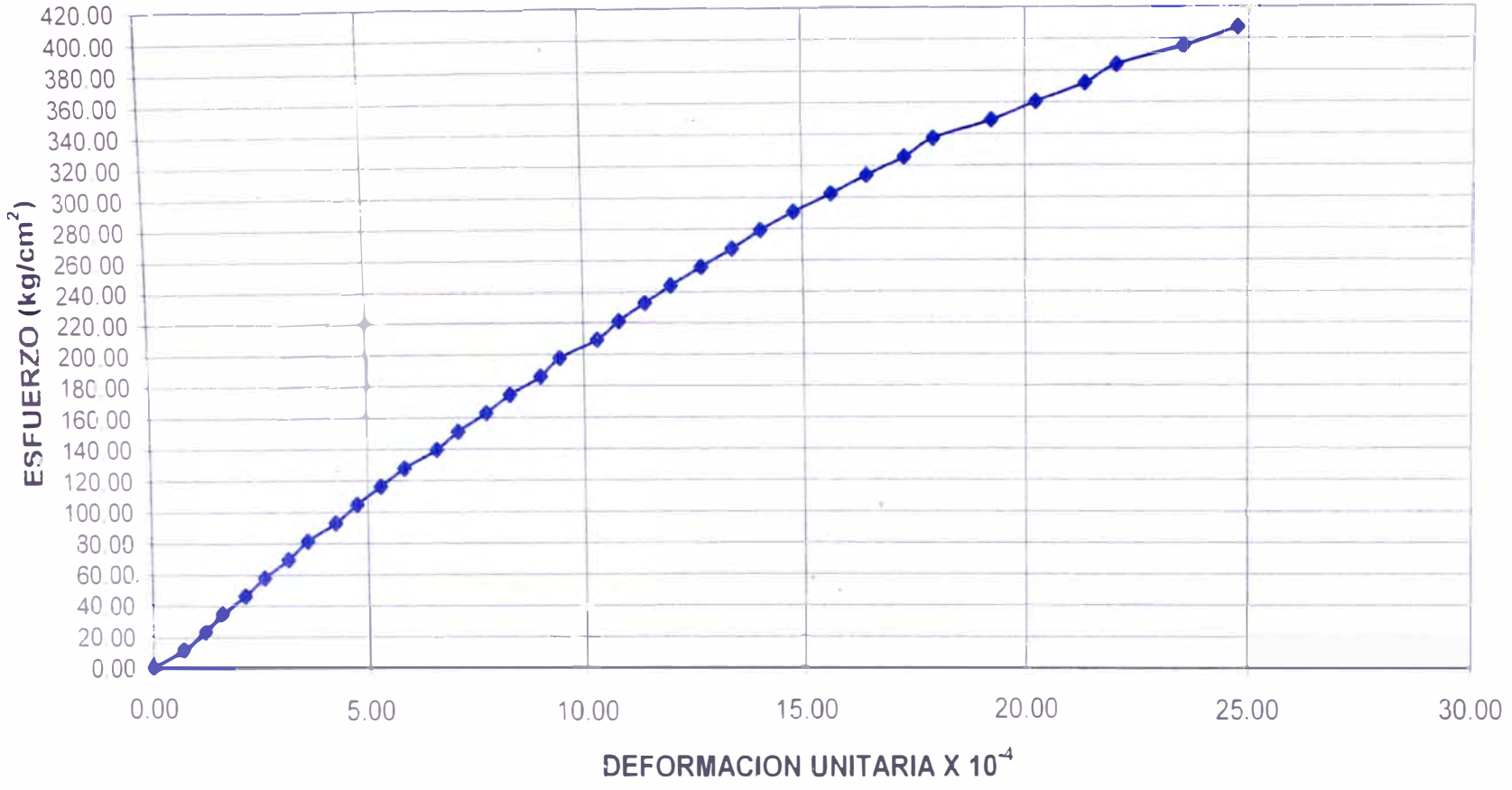
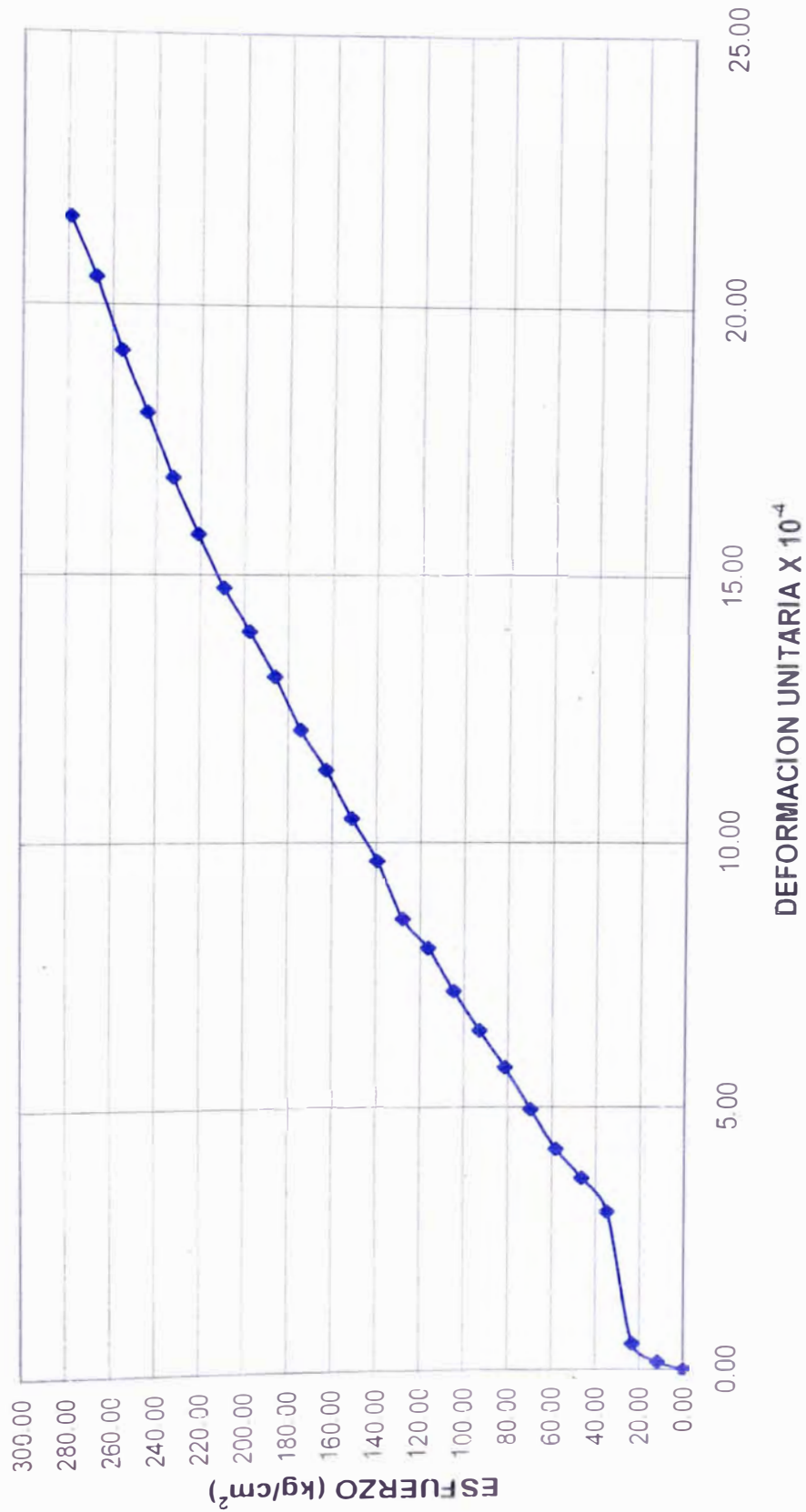


GRAFICO N° 7.2.3.2c  
ENSAYO MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO  
CONCRETO PESADO CON AGREGADO FINO NORMAL Y AGREGADO GRUESO DE BARITINA  
RELACION a/c = 0.50



## **ANEXO C**

- **ENSAYO DE ABRASION Y DURABILIDAD DEL AGREGADO**
- **TABLAS ACI**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51 14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

## INFORME N° S02 - 1029

**SOLICITADO** : KELER ANIBAL GONZALES CRUZ  
**PROYECTO** : TESIS: PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON BARITINA Y  
**UBICACIÓN** : CEMENTO PORTLAND I  
**FECHA** : 13, Diciembre del 2002

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### I.- ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES AASHTO-T96

Gradación : "B"  
Desgaste : 65.1%

#### II. ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO ASTM C-88

Agregado	:	Grueso
Desgaste (%)	:	26.145
Agregado	:	Fino
Desgaste (%)	:	15.510

**Nota.-** La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecutado por: Téc. Jorge Chávez U.  
Revisado por : Ing. A. Quiñones V

### INFORME N° S02 - 1029

SOLICITANTE : **KELER ANIBAL GONZALES CRUZ**  
 PROYECTO : **TESIS: PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON BARITINA Y CEMENTO PORTLAND I**  
 FECHA : **13, Diciembre del 2002**

#### ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE SODIO ASTM C-88

##### AGREGADO GRUESO

N°	Tamaño	%	Peso retenido (gr)	Recipiente	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Pérdidas		Escalonado Original	Pérdidas Corregidas (%)
							Peso (gr)	(%)		
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000+300							
	2 1/2" a 2"	60	3000+300							
	2" a 1 1/2"	40	2000+300							
2	1 1/2" a 3/4"		1500+50							
	1 1/2" a 1"	67	1000+50							
	1" a 3/4"	33	500+30		537.6	346.8	190.8	35.49	0.289	10.257
3	3/4" a 1/2"	67	670+10		672.7	535.4	137.3	20.41	0.293	5.980
	1/2" a 3/8"	33	330+5		339.0	230.3	108.7	32.06	0.218	6.990
4	3/8" a N°4		300+5		290.0	247.7	42.3	14.59	0.200	2.917
<b>PERDIDAS TOTALES (%)</b>										<b>26.145</b>

##### AGREGADO FINO

Tamaño	Peso retenido (gr)	Recipiente	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Pérdidas		Escalonado Original	Pérdidas Corregidas (%)	
					Peso (gr)	(%)			
3/8" a N°4	100		100	67.9	32.1	32.10	0.266	8.539	
N°4 a N°8	100		100	86.6	13.4	13.40	0.269	3.605	
N°8 a N°16	100		100	93.6	6.4	6.40	0.155	0.992	
N°16 a N°30	100		100	81.0	19.0	19.00	0.098	1.862	
N°30 a N°50	100		100	91.6	8.4	8.40	0.061	0.512	
<b>PERDIDAS TOTALES (%)</b>									<b>15.510</b>

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PERÚ  
 Lima

Tabla N° 004

Contenido de Aire Atrapado	
Tamaño Nominal Máximo	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Tabla N° 005

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Asentamiento	Agua en lt/m <sup>3</sup> , para los Tamaños Nominales Máximos de agregado grueso y consistencias deseadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

\* Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 del ACI

\*\* Los valores de esta tabla se emplearán en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponden a agregados gruesos de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C33

\*\*\* Si el valor del Tamaño Nominal Máximo del agregado grueso es mayor de 1 1/2", el asentamiento se determinará después de retirar, por cernido húmedo, las partículas mayores de 1 1/2"

# **PANEL FOTOGRAFICO**

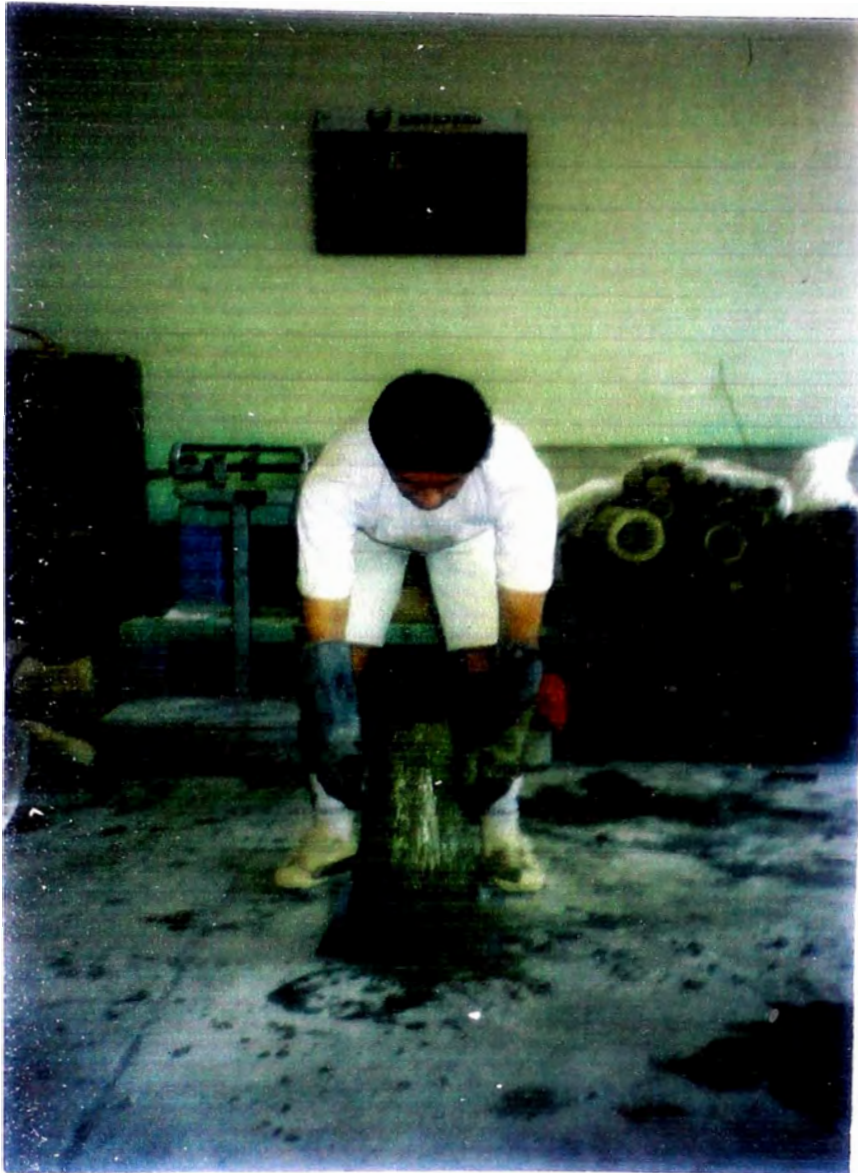


Foto N° 1 : Ensayo de Asentamiento – Cono de Abrams





Foto N° 2 : Determinación del Asentamiento – 1<sup>er</sup> tanteo

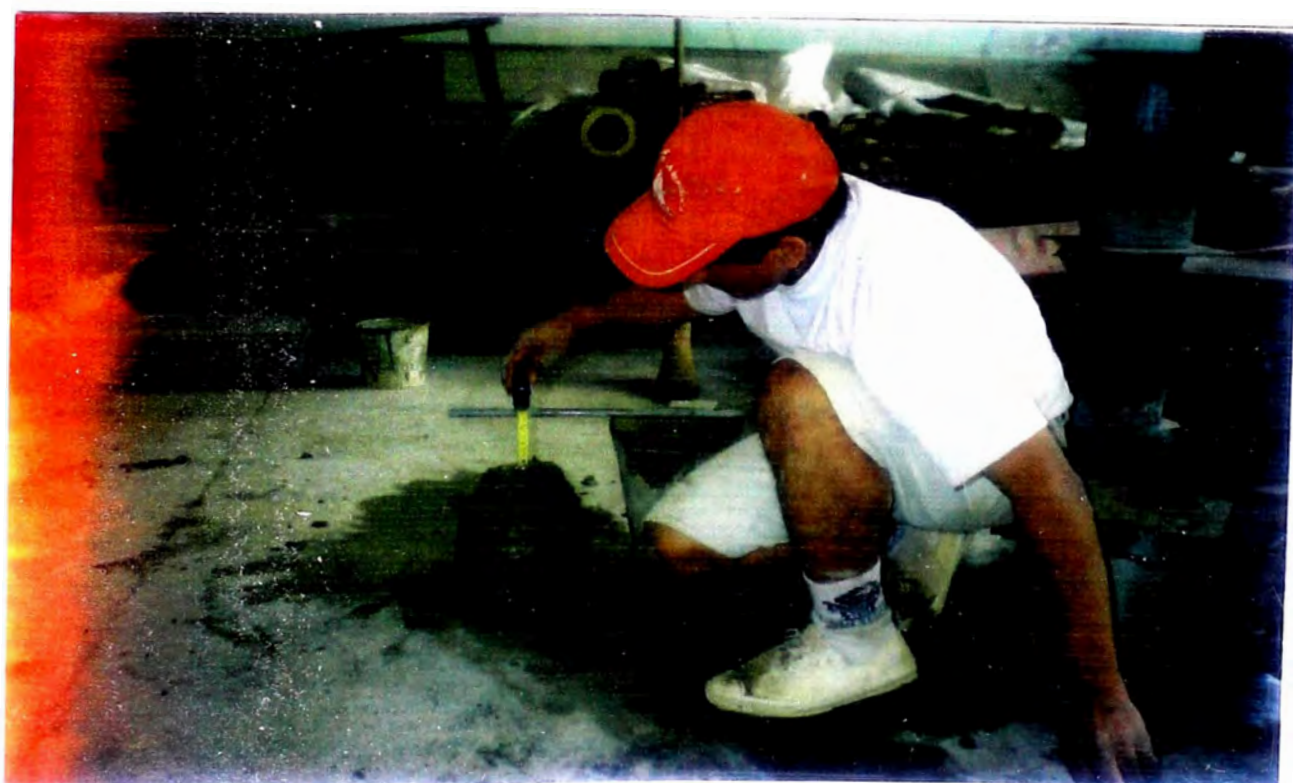
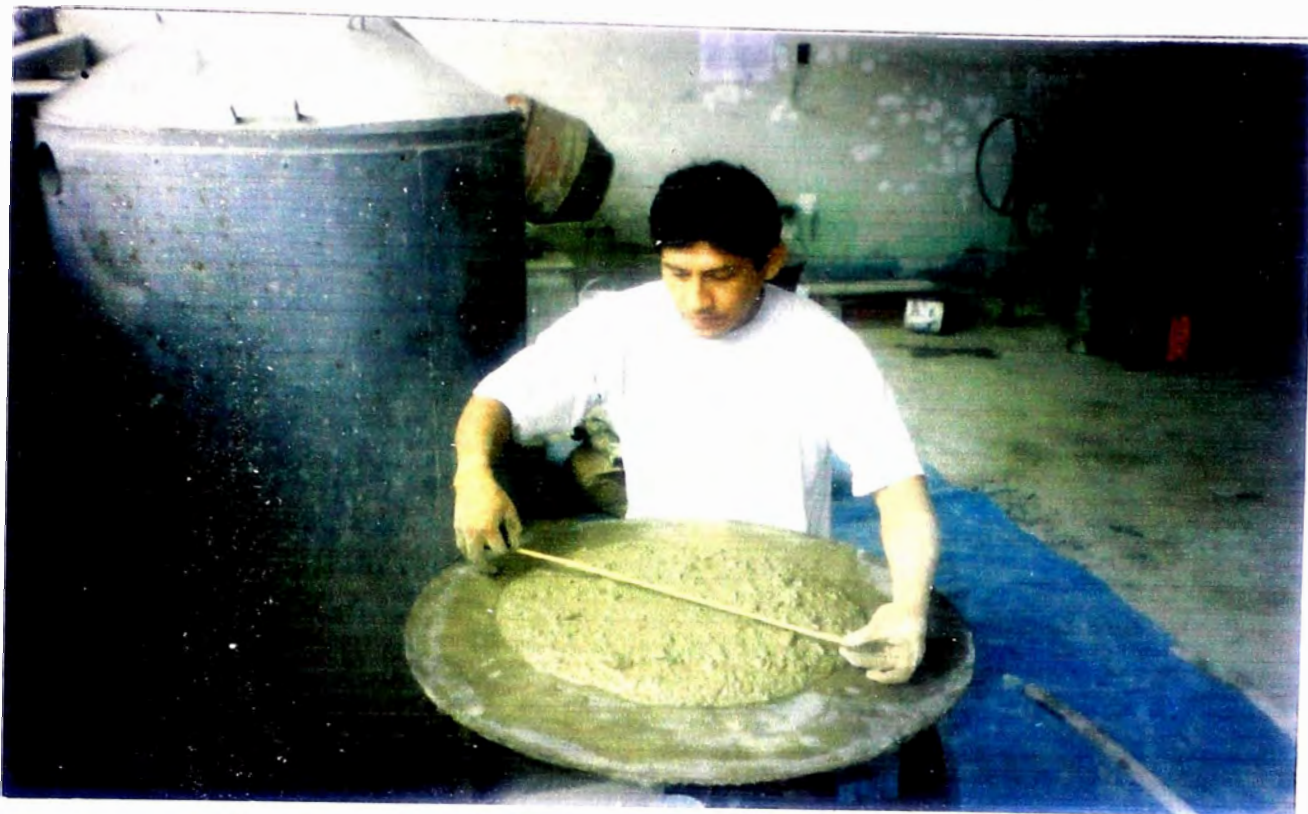


Foto N° 3 : Determinación del asentamiento – 2<sup>do</sup> tanteo



**Foto N° 4 : Determinación de la Fluidéz de la Mezcla**



**Foto N° 5 : Vista que muestra la buena distribución de los agregados en la pasta de cemento**



Foto N° 6 : Muestra para el Ensayo de Exudación



Foto N° 7 : Extracción del agua superficial

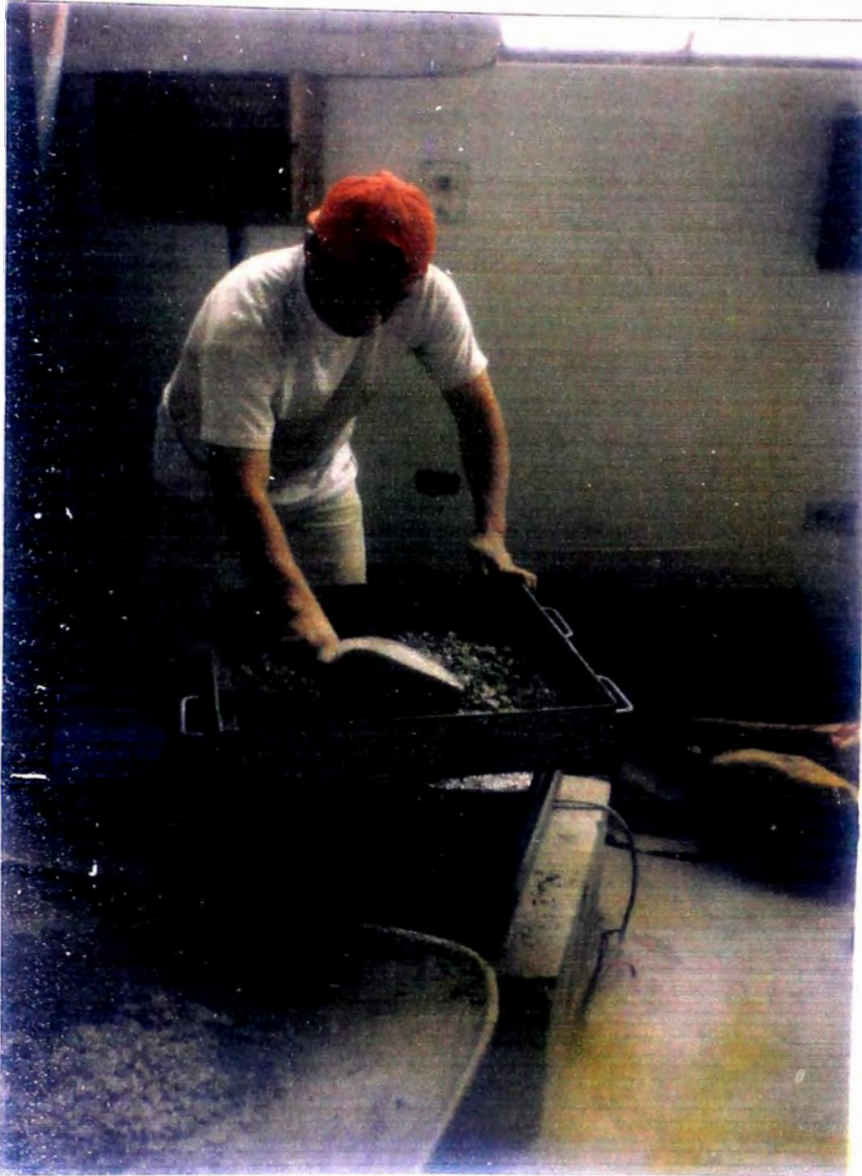


Foto N° 8 : Tamizado de la muestra para el Ensayo de  
Tiempo de Fraguado



Foto N° 9 : Elaboración de las Probetas de concreto



Foto N° 10 : Ensayo de Resistencia a la Compresión