

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



**USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA  
FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A  
BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACION COMO  
AGREGADO GLOBAL**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**Guido ANCHAYHUA SEGOVIA**

**LIMA – PERU  
ANO 2005**

## **INDICE**

## INDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	12
RESUMEN	15
CAPÍTULO I.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL	19
1.1 Antecedentes	20
1.2 Ubicación Geográfica	20
1.3 Características Geológicas	21
1.4 Uso del Agregado Global	22
CAPÍTULO II.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	24
2.1 Cemento Portland	
2.1.1 Introducción	25
2.1.2 Definición	25
2.1.3 Clasificación de los Cementos y sus aplicaciones	25
2.2 Agregados	
2.2.1 Agregados Utilizados	28
2.2.2 Propiedades mecánicas	28
2.2.3 Propiedades físicas	29
2.2.4 Requerimiento de la gradación	33
2.3 Agua para concreto	
2.3.1 Calidad del agua	45
2.3.2 Agua de mezcla	46
2.3.3 Agua para curado	46
CAPÍTULO III.- DISEÑO DE MEZCLA	47
3.1 Generalidades	48
3.2 Determinación de la proporción óptima de la relación piedra/arena	49
1. Determinación de la máxima densidad del agregado global	49
2. Determinación de la máxima resistencia de la proporción de agregados	51

3.	Presentación del análisis granulométrico del agregado global óptimo	55
3.3	Diseño de Mezcla	57
3.3.1	Información Requerida para el diseño	58
3.4	Procedimiento de diseño	
	A) Diseño Normal	58
3.4.1	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.60$	59
3.4.2	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.65$	62
3.4.3	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.70$	64
3.4.4	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.80$	66
	b) Diseño Global de Río	69
3.4.5	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.60$	70
3.4.6	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.65$	72
3.4.7	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.70$	73
3.4.8	Diseño de mezcla para relación agua/cemento $a/c=0.80$	75
CAPÍTULO IV.- PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO		81
4.1	Métodos de curado	82
4.1.1	Curado con agua	82
4.1.2	Materiales sellantes	82
4.1.3	Curado a vapor	83
CAPÍTULO V.- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO		85
5.1	Consistencia (N.T.P. 339.035)	86
5.2	Porcentaje de Flujo (N.T.P. 339.085)	86
5.3	Peso Unitario (N. T. P. 339.046)	86

5.4	Tiempo de Fraguado ( N.T.P. 339.082)	87
5.5	Exudación (N.T.P. 339.077)	87
5.6	Contenido de Aire (N.T.P. 339.046)	87
CAPÍTULO VI.- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO		90
6.1	Resistencia a la Compresión (N.T.P. 339.034)	91
6.2	Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral (N.T.P. 339.084)	91
6.3	Módulo de Elasticidad Estático (NORMA ASTM C 469-65)	92
CAPÍTULO VII.- CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS		94
7.1	Cuadros de Resultados y Gráficos	96
7.2	Análisis de resultados	114
CAPÍTULO VIII.- ANÁLISIS COMPARATIVO		128
8.1	Costo del concreto con agregado global de río y agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro)	
	8.1.1 Generalidades	129
	8.1.2 Costo del concreto	130
8.2	Comparación	
	8.2.1 Resistencia	137
	8.2.2 Costos	138
8.3	Ventajas y desventajas de su fabricación	144
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		147
	- Conclusiones	148
	- Recomendaciones	153
ANEXOS		156
PANEL FOTOGRÁFICO		211
BIBLIOGRAFÍA		224

## **INTRODUCCIÓN**

La investigación es aquella que nos lleva a conocer las propiedades características y bondades de nuestros recursos existentes para su uso en el quehacer nacional; por tal razón, en esta oportunidad se investiga, el uso del hormigón clasificado de río como agregado global en la fabricación del concreto de mediana a baja resistencia; con el objeto de conocer sus principales características, propiedades y beneficios que nos brinda como agregado para la fabricación del concreto. Es de conocimiento, que este material se utiliza comúnmente en la construcción de infraestructuras en zonas rurales de poca accesibilidad y carentes de un presupuesto para la práctica de un sistema de construcción haciendo uso de agregados como la piedra chancada y arena gruesa de cerro (agregado convencional).

Me refiero específicamente al **“Uso del hormigón clasificado de río en la fabricación de concreto de mediana a baja resistencia y su explotación como agregado global”**. Si bien el hormigón clasificado de río como agregado global para la fabricación de concreto simple y concreto estructural es empleado en muchos lugares de nuestro país, en obras de pequeña y mediana envergadura; sin embargo, sus principales propiedades de su participación en la fabricación del concreto no es muy conocido.

La investigación y reporte de los trabajos realizados sobre el uso del hormigón clasificado de río como agregado global en la fabricación de concretos de mediana a baja resistencia, es escasa; encontrándose en la biblioteca de la FIC-UNI, únicamente la tesis desarrollada por el Ingeniero José del Carmen López Nizama, bajo el título “Investigación del Agregado Global en Diseño de Concreto”, quién ha investigado las características y propiedades de los hormigones de cerro ( cantera Melgarejo y san Martín) y de río (Rímac, Chillón), realizando diseños de mezcla con agregado global clasificado por mallas de 1 ½” y 1”; se puede decir que este es el primer trabajo de investigación reportado y conocido donde se hace uso del hormigón clasificado en forma global.

Existen otras tesis de investigación como la desarrollada por el Ingeniero Rafael Cachay Huamán, en la que se emplea el método del Peso Unitario Compactado Global (Método Global) del agregado convencional, para el diseño de las

diferentes mezclas de concreto, en este método se busca la mayor eficiencia del concreto en base a la participación óptima de la proporción de agregados fino y grueso, encontrándose estos agregados clasificados y separados el grueso y fino. En la actualidad este método de diseño (Método Global), viene siendo empleado y difundido porque nos proporciona resultados muy satisfactorios. En la biblioteca de la FIC UNI, se puede encontrar varias tesis de investigación sobre diseños de concreto haciendo uso del Método del Máximo Peso Unitario Compactado Global de los agregados.

En nuestra investigación también se emplea el método de diseño mencionado, para la fabricación del concreto patrón, que es aquel concreto utilizado para realizar la comparación con el concreto fabricado en base al diseño con agregado global de río.

Existe una diferencia en emplear el método global de diseño y el uso del agregado global natural para la fabricación de concretos; en nuestra investigación se emplea el hormigón clasificado de río de ambas formas, siendo el objetivo de nuestra investigación el uso del agregado global de río en su estado natural, solamente clasificando por la malla de 2".

Con la presente investigación, se persigue tener una base referencial que contribuya ahondar más los conocimientos a cerca del uso del hormigón clasificado de río como agregado en la fabricación del concreto, y conocer sus propiedades al estado fresco y endurecido; por un lado utilizado este agregado separando el grueso y fino por el tamiz de 1/4", el cual será nuestro patrón de comparación, y por otro lado utilizando de manera global. Se dice hormigón clasificado de río; porque el hormigón en su estado natural a sido clasificado o tamizado por la malla de 2"; empleándose para nuestra investigación los pasantes por este tamiz. Se han diseñado concretos para las relaciones agua/cemento 0.60, 0.65, 0.70 y 0.80.

Finalmente se espera que la presente investigación sea de beneficio para el desarrollo de nuestro país.



## **RESUMEN**

En la presente tesis de investigación se desarrolla los siguientes capítulos, cuyos contenidos describimos de manera escueta.

**CAPÍTULO I.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL.** Se describe la ubicación de la cantera de donde se obtiene el agregado (hormigón del río rímac), la misma que es transportado al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI en su estado natural, donde se clasifica por el tamiz de 2"; además se menciona las características geológicas de las que proviene este material y su uso en la presente investigación.

**CAPITULO II.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.**

Se resume las definiciones más importantes y el método para determinar las características y propiedades de los materiales empleados.

Cemento. Se utiliza el cemento Portland tipo I, "SOL" producido por la fábrica Cementos Lima S.A. cuyo peso específico es de  $3110 \text{ kg/m}^3$ , además se resume otras propiedades y características.

El agregado empleado en la presente investigación, es hormigón clasificado de río, cuyo tamaño máximo es 2", el agregado grueso es canto rodado de forma redondeada y semiredondeada, agregado fino es arena de río; este material es empleado de dos formas; por un lado separando el grueso y el fino por el tamiz de corte de 1/4" para preparar un concreto patrón; por otro lado se emplea el mismo hormigón clasificado de forma global.

El agua utilizada en nuestra investigación es agua potable de las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FIC , UNI; que pertenece a la red del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Lima (SEDAPAL), de la planta de tratamiento de la Atarjea

**CAPÍTULO III.- DISEÑO DE MEZCLA.**

Se hace una descripción del procedimiento de diseño: Primero; al hormigón clasificado de río (Tamaño Máximo 2"), se separa en piedra y arena por el tamiz de 1/4"; el método de diseño para la fabricación del concreto es del Peso Unitario

Compactado Global (PUC), en base a proporciones de piedra - arena y eficiencia del concreto en resistencia a compresión a los siete días, todo esto para el concreto denominado de diseño NORMAL (concreto patrón); Segundo; para el concreto denominado diseño GLOBAL DE RÍO se emplea el hormigón clasificado de río (Tamaño Máximo 2") de manera global. El agua de mezcla se determina de manera experimental, con varios ensayos de prueba.

Se establece el diseño final para el agregado NORMAL y GLOBAL DE RÍO para las relaciones de agua/cemento: 0.60, 0.65, 0.70 y 0.80.

#### **CAPÍTULO IV.- PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO.**

En este se describe de manera teórica los diferentes procedimientos de curado empleado en la fabricación y conservación del concreto; para nuestro caso se emplea el método del curado por inmersión, para todos los casos se emplea este método de curado para así uniformizar los resultados obtenidos de las diferentes propiedades del concreto endurecido. El agua utilizada es el agua potable del LEM.

#### **CAPÍTULO V.- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.**

Se describe los ensayos y su procedimiento a seguir según normas (Norma Técnica Peruana) para determinar las propiedades del concreto fresco se realizan ensayos de: Consistencia, Porcentaje de Flujo (Mesa de Flujo), Peso Unitario, Tiempo de Fraguado, Exudación y Contenido de Aire, Tanto del concreto de diseño NORMAL (patrón) y del concreto con agregado GLOBAL DE RÍO,

#### **CAPÍTULO VI.- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

Se describe los ensayos y su procedimiento a seguir según normas (Norma Técnica Peruana) y ASTM, para determinar las propiedades del concreto endurecido cuyos ensayos realizados son: Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral, para los de diseño NORMAL (Patrón) y del concreto con agregado GLOBAL DE RÍO.

## **CAPÍTULO VII.- CUADROS DE RESULTADOS GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Se presenta los cuadros resumen, cuadros comparativos y gráficos de los resultados obtenidos de las propiedades y características de los agregados, diseño de mezcla, propiedades del concreto fresco, propiedades del concreto endurecido y el análisis de los resultados.

## **CAPÍTULO VIII.- ANÁLISIS COMPARATIVO.**

Se presenta los cuadros y gráficos comparativos en Resistencia a la compresión y costo de la fabricación del concreto con diseño NORMAL (Patrón) y diseño con agregado GLOBAL DE RÍO, así mismo se presenta cuadros comparativos y gráficos del concreto fabricado con hormigón clasificado de río y agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro), las ventajas y desventajas de su fabricación y explotación del hormigón clasificado de río como agregado global.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es la descripción de los resultados obtenidos en la presente investigación, que conllevan a su recomendación final sobre el uso del hormigón clasificado de río para la fabricación del concreto, tanto separando la piedra y arena y tomado de manera global.

## **ANEXOS, PANEL FOTOGRAFICO**

Incluye las tablas y valores transcritos directamente de la hoja de datos y resultados de los ensayos en laboratorio y su forma de procesamiento. Además las fotografías son una muestra de las principales ocurrencias de los diferentes ensayos realizados por el autor de la presente tesis.

## **BIBLIOGRAFIA**

Se menciona los diferentes textos y otros elementos de consulta que fueron utilizados como guía para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## **CAPITULO I.**

# **LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL**

## **LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL**

### **1.1 ANTECEDENTES**

En la ciudad de Lima, las construcciones de concreto con hormigón clasificado de río como agregado global, son escasas, su empleo es únicamente para concretos de muy baja resistencia a la compresión. Esto se debe al poco conocimiento y la falta de experiencia del empleo de este agregado en obras de concreto; siendo además, de uso común el material convencional como la piedra chancada y la arena gruesa de cerro ya que el comportamiento de estos agregados fueron estudiados en innumerables trabajos de investigación, por lo que sus características y propiedades son conocidos.

Sin embargo, en zonas rurales del interior del país, el uso del hormigón clasificado de río como agregado principal para la construcción de obras de concreto es muy común, empleándose como agregado global o realizando una separación del grueso y el fino.

El uso del hormigón clasificado de río como agregado global en las construcciones de concreto simple y armado las mismas que puedan ofrecer seguridad y garantía es de poco conocimiento; razón por el cual en la presente tesis de investigación estudiamos las principales características y las propiedades que se obtienen al fabricar concretos de mediana a baja resistencia en su estado fresco y endurecido, con el uso del agregado de río empleado por un lado separando la piedra y la arena por el tamiz de corte de 1/4" y también utilizando de manera global.

### **1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El agregado utilizado para la realización de la presente investigación, pertenece en su mayoría al material fluvio-aluvial del valle del rímac, extraído del lecho del río en su estado natural, con una granulometría variada tal como se encontró en dicho banco.

Exactamente la cantera de donde fue extraído el material, está ubicado en el Km. 22 de la carretera central lugar denominado Ñaña que pertenece al Distrito limeño de Chosica. No es una cantera en explotación; se determina extraer el material de dicho lugar, haciendo una búsqueda y constatando la presencia de una variada granulometría del agregado, que puede ser empleado satisfactoriamente en la fabricación de concreto de mediana a baja resistencia.

### 1.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

El estudio petrográfico macroscópico nos revela que las muestras del material estudiado provienen de las rocas ígneas, las cuales son mayormente volcánicas, cuya predominancia son las andesitas estando subordinada a las rocas intrusivas ( granito y granodiorita).

La zona de ubicación de la cantera de donde se extrajo el material para la presente investigación, pertenece al valle del rímac; conformado por rocas sedimentarias, volcánicas, intrusivas y metamórficas, cuyas edades van del cretácio al cuaternario reciente.

Los materiales pertenecientes al cuaternario reciente se encuentran representados por arenas eólicas, acumulaciones detríticas, depósitos aluviales, depósitos fluviales, y acumulaciones morrénicas (curso superior del río rímac).

**Acumulaciones de depósitos Morrénicos.**- se encuentran en las partes altas del valle del río rímac, río blanco y santa Eulalia.

Las acumulaciones de morrenas, generalmente están constituidas por bloques erráticos, cantos de diferentes granulometrías.

**Depósitos fluviales.**- Se encuentran localizados a lo largo del río rímac, desde el sector de infiernillo hasta su desembocadura en el océano pacífico. Estos depósitos son el producto del transporte y deposición de los materiales acarreados por el río a través de su historia geológica.

## *CAPÍTULO I: LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL*

Los materiales son de granulometría variada como cantos rodados, gravas arenas y sedimentos limosos.

En el área central de Lima la potencia del conglomerado fluvial alcanza los 400 a 500 m. de espesor.

**Depósitos Aluvionales.**- Están constituidos por materiales heterogéneos de diferentes tipos de rocas, la mayor parte de ellos representados por bloques de rocas angulosas y sub-angulosas, gravas y gravillas mezcladas con material limo arcilloso, los que en su conjunto dan el aspecto de un conglomerado muy denso.

Las masas aluviales propiamente dichas se hallan relleno la desembocadura de las quebradas subsidiarias del río rímac y están emplazadas en ambas márgenes a lo largo del valle.

**Acumulaciones Detríticas y Coluviales.**- Las detríticas vienen a ser los materiales que se encuentran cubriendo las faldas de los cerros emplazados en toda la extensión del valle. Estos materiales provienen de la desintegración mecánica de los afloramientos rocosos de dichos cerros y se caracterizan por presentar abundantes brechas en una matriz arcillosa o arena-arcillosa. Los depósitos coluviales incluyen masas de rocas sueltas resultantes de la acción transportadora de la gravedad. Estos materiales son puntiagudos y angulares, generalmente están sueltos depositados en las laderas y al pie de las montañas.

**Arenas eólicas.**- Son acumulaciones originadas por la acción de los vientos al transportar las arenas más finas y depositar en las faldas de los cerros y quebradas.

### **1.4 USO DEL AGREGADO GLOBAL**

En la presente tesis de investigación el agregado de río se emplea de la siguiente forma:



## *CAPÍTULO I: LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL*

El hormigón de río en su estado natural se clasifica o tamiza por la malla de 2"; por lo que se utiliza para todos los casos el material pasante por esta malla, siendo este material, hormigón clasificado de río, cuyo Tamaño Máximo es de 2".

El hormigón clasificado de río, se emplea de dos formas:

Primero; se emplea este agregado separando el grueso y el fino, por la malla de 1/4", para diseñar un concreto Patrón al cual llamaremos diseño NORMAL.

Segundo; El hormigón clasificado de río, se emplea de manera global; al diseño con este agregado llamaremos diseño GLOBAL DE RÍO.

Los concretos fabricados en base al diseño NORMAL, se utilizan como patrón para hacer la comparación con los concretos fabricados en base al diseño GLOBAL DE RÍO, siendo este último el objetivo de nuestra investigación.

Se investiga el uso del hormigón clasificado de río como agregado global en la fabricación de concretos de mediana a baja resistencia, debido a que en el interior de nuestro país sobre todo en zonas rurales, su uso es generalizado, sin embargo las características y propiedades de estos concretos no son muy conocidas, dejando este desconocimiento cierto riesgo técnico y económico del empleo de este material en la construcción.

Con los resultados de la presente investigación, se podrá determinar cualitativa y cuantitativamente los beneficios del uso del hormigón de río como agregado global.

## **CAPITULO II.**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

### **2.1 CEMENTO PORTLAND**

#### **2.1.1 INTRODUCCIÓN**

El cemento es el componente más importante del concreto tanto desde el punto de vista de los procesos físico-químicos que en este se desencadenan durante su fabricación e incluso durante su posterior puesta en servicio así como también desde el punto de vista del costo final de la unidad cúbica del concreto ya que el cemento, no obstante, de constituir apenas entre el 7% y el 15% del volumen absoluto de los componentes del concreto; es el material de mayor incidencia en cuanto al costo de éste, razón por la cual es preciso que el ingeniero tenga un cabal conocimiento de sus principales propiedades y características.

#### **2.1.2 DEFINICION**

El cemento es un producto artificial, que se obtiene de la transformación de una materia prima, que puede estar compuesta por una mezcla de calizas, arcillas y otros minerales, o simplemente de calizas. Esta materia prima finamente molida con alrededor de 5% de yeso, se obtiene el cemento.

#### **2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS Y SUS APLICACIONES**

para satisfacer ciertos requerimientos físicos y químicos para propósitos específicos, se elaboran diferentes tipos de cemento PORTLAND.

Los tipo de Cementos Portland que podemos calificar de estándar, ya que su fabricación está normada por requisitos específicos.

Tipo I De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

Tipo II De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

- Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- Tipo III Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación.  
Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.
- Tipo V Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

Cabe destacar los cementos denominados “mezclados o adicionados” dado que alguno de ellos se usan en nuestro medio:

- Tipo IS Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- Tipo ISM Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- Tipo IP Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 14% y 40% del peso total.
- Tipo IPM Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje menor de 15% del peso total.

Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de calcio y agua adquieren propiedades aglomerantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas, y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

La particularidad de reemplazar parte del cemento por estos materiales, estriba en cambiar algunas de sus propiedades.

En la presente tesis de investigación se emplea Cemento Portland tipo I “SOL”, que pertenece a la de la fábrica Cementos Lima S.A, cuyas características presentamos en el cuadro N° 2.2

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

[CUADRO Nº 2.1]

**Requisitos físicos y Químicos de los Cementos Portland.**

Elemento	ASTM C 150 N.T.P. 334.009	Elemento	ASTM C 150 N.T.P. 334.009
CAO (%)	-	Peso Especifico (gr/cm <sup>3</sup> )	-
SiO <sub>2</sub> (%)	-	Finura malla Nº 100 (%)	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	-	Finura malla Nº 200 (%)	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	-	Sup. Específ. Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	Min. 2800
K <sub>2</sub> O (%)	-	Contenido de Aire (%)	Máx. 12%
Na <sub>2</sub> O (%)	-	Exp. Autoclave (%)	Máx. 0.8%
SO <sub>3</sub> (%)	2.30 a 3.5	Fragua Inic. Vicat (h:min)	Min. 0:45
MgO (%)	Máx. 6.00	Fragua Fin. Vicat (h:min)	Máx. 5:45
Cal libre (%)	-	f <sub>c</sub> a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Min. 98
P. Ignición (%)	Máx. 3.00	f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Min. 196
R. Insolubles (%)	Máx. 3.50	f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Opción Min. 280
C <sub>3</sub> S (%)	-	Calor Hidrat. 7 días (Cal/gr)	-
C <sub>2</sub> S (%)	-	Calor Hidrat. 28 días (Cal/gr)	-
C <sub>3</sub> A (%)	-		
C <sub>4</sub> AF (%)	-		

[CUADRO Nº 2.2]

**Características Físicas y Químicas del Cemento Portland Tipo I Utilizado en la Presente Investigación**

Elemento	Sol Tipo I	Elemento	Sol Tipo I
CAO (%)	63.20	Peso Especifico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.11
SiO <sub>2</sub> (%)	19.79	Finura malla Nº 100 (%)	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	6.15	Finura malla Nº 200 (%)	4.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.82	Sup. Específ. Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	3477
K <sub>2</sub> O (%)	0.96	Contenido de Aire (%)	9.99
Na <sub>2</sub> O (%)	0.28	Exp. Autoclave (%)	0.18
SO <sub>3</sub> (%)	2.58	Fragua Inic. Vicat (h:min)	1:49
MgO (%)	3.16	Fragua Fin. Vicat (h:min)	3:29
Cal libre (%)	0.52	f <sub>c</sub> a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	254
P. Ignición (%)	0.80	f <sub>c</sub> a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	301
R. Insolubles (%)	0.62	f <sub>c</sub> a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	357
C <sub>3</sub> S (%)	54.18	Calor Hidrat. 7 días (Cal/gr)	70.60
C <sub>2</sub> S (%)	15.86	Calor Hidrat. 28 días (Cal/gr)	84.30
C <sub>3</sub> A (%)	11.53		
C <sub>4</sub> AF (%)	8.58		

## 2.2 AGREGADOS

### 2.2.1 AGREGADOS UTILIZADOS

Los agregados utilizados para la presente investigación son agregados de río, cantos rodados y arena de río, de formas redondeadas y semirredondeadas, pertenecientes al valle del río Rímac; son principalmente materiales fluvio-aluvionales, estos materiales generalmente son de buena durabilidad y gran resistencia al desgaste, ya que el proceso de transporte sufrido le dan dichas características.

Con el hormigón clasificado de río utilizado en nuestra investigación se realizaron ensayos para determinar sus propiedades mecánicas, físicas y demás características relacionados con la fabricación del concreto.

### 2.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

#### RESISTENCIA AL DESGASTE

La prueba de los Ángeles combina los procesos de desgaste y abrasión, y sus resultados muestran una buena correlación no solo con el desgaste real del agregado en el concreto, sino con las resistencias a la flexión y compresión de concretos hechos con el mismo agregado.

La prueba de los Angeles puede aplicarse a agregados de diferentes tamaños y se logra el mismo desgaste con volúmenes adecuados de muestra y de bolas de acero, con un número adecuado de revoluciones. Las diferentes cantidades están señaladas en la norma ASTM C 131–81. Para estimar cualquier posibilidad de degradación de un agregado fino no conocido, debido a una mezcla prolongada del concreto fresco, es recomendable una prueba de abrasión húmeda, para determinar cuanto material menor de 75  $\mu\text{m}$  (malla N° 200) se produce. Sin embargo, la prueba de los ángeles no es muy adecuada para este último requerimiento y, de hecho, no existe un aparato estándar disponible.

### 2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS

Varias propiedades físicas comunes del agregado, conocidos desde el estudio de física elemental, son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto y para las propiedades del concreto hecho con el agregado dado.

En nuestro medio de manera práctica se utiliza los siguientes términos; los mismos que en el desarrollo de la presente tesis se ha empleado para hallar las propiedades de nuestros materiales y los empleados en nuestro diseño de mezclas de concreto.

**PESO ESPECÍFICO DE MASA O PESO ESPECÍFICO.**- Se expresa como el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos únicamente, es decir no incluye los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m<sup>3</sup>.

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

Se expresa de la siguiente forma.

$$Pe_{\text{masa}} = \frac{W_s}{V_m}$$

**PESO ESPECÍFICO APARENTE** .- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

Se expresa:

$$Pe_{\text{apar}} = \frac{W_s}{W_s - (W_{\text{sss}} - V_m)}$$

**PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO.**- Es igual al peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los

poros permeables (Material saturado superficialmente seco); el cual se expresa de la siguiente forma:

$$Pe_{sss} = \frac{W_{sss}}{V_m}$$

Donde:

$Pe_{masa}$  : Peso específico de masa o peso específico

$Pe_{apar}$  : Peso específico aparente

$Pe_{sss}$  : Peso específico saturado superficialmente seco

$W_s$  : Es el peso en el aire en gramos de la muestra seca al horno.

$V_m$  : Volumen de la muestra Saturada Superficialmente seca.

$W_{sss}$  : Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca.

## POROSIDAD Y ABSORCIÓN

La porosidad, la permeabilidad y la capacidad de absorción del agregado influyen en la adherencia con la pasta de cemento, en la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo, en la estabilidad química, en la resistencia a la abrasión y en la gravedad específica.

La absorción de agua se determinada midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas. La relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, expresada en porcentaje se denomina absorción.

La expresión que nos permite determinar el valor de la absorción es el siguiente.

$$Abs(\%) = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100\%$$

## CONTENIDO DE HUMEDAD

Puesto que la absorción representa el agua contenida en agregado en condición saturada y de superficie seca, podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca. Así el contenido total de agua de un agregado húmedo



## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

será igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad. La masa de agua añadido a la mezcla debe disminuirse y la masa de agregado incrementarse en cantidad igual a la masa del contenido de humedad, puesto que cambia con el clima y de una pila a otra, el contenido de humedad debe medirse con frecuencia.

La expresión para determinar el contenido de humedad, es el siguiente:

$$CH(\%) = \frac{W_n - W_s}{W_s} \times 100\%$$

Donde:

Abs : Porcentaje de absorción

CH : Contenido de humedad

Ws : Peso en el aire en gramos de la muestra seca al horno.

Wn : Peso de la muestra natural.

Wsss : Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca.

### **SUPERFICIE ESPECÍFICA**

Es el área superficial de las partículas que ocupan un determinado volumen, así a los agregados mas gruesos les corresponde menor superficie específica, por ejemplo los agregados gruesos de forma redondeada ocupan menor área superficial que las de perfiles angulosos, al igual que en el agregado fino, las arenas gruesas ocupan una menor área superficial que las arenas finas; aplicando este concepto a la tecnología del concreto nos ayuda a conocer el probable consumo de cemento así como la necesidad de agua. Este parámetro es muy útil en casos en que se tenga que elegir entre dos o más canteras de agregados, debido a que a mayor superficie específica se requiere mayor contenido de cemento, así como mayor contenido de agua, por consiguiente mayor costo para mantener las mismas propiedades de cohesividad, trabajabilidad y resistencia.

A continuación se muestra el cuadro de los diámetros promedio de cada malla para el agregado fino y grueso los mismo que se utilizan para la representación numérica de la superficie específica.

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
MALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (Cm)	MALLA	DIÁMETRO PROMEDIO (Cm)
3/8"	1.111	1 1/2"	4.445
1/4"	0.794	1"	3.175
No 4	0.556	3/4"	2.225
No 8	0.357	1/2"	1.585
No 16	0.179	3/8"	1.114
No 30	0.089	1/4"	0.793
No 50	0.045	FONDO	0.556
No 100	0.022		
FONDO	0.011		

Para el cálculo de la superficie específica (SE), se toman los datos del ensayo de granulometría y luego se procede:

- Se asume que todas las partículas son esféricas.
- El tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidos en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.
- Se divide cada porcentaje retenido entre el diámetro promedio (Cociente)
- El valor numérico de la superficie específica se calcula con la siguiente expresión.

$$SE = \frac{6x \sum \text{Cocientes}}{100xPe}$$

SE : Superficie específica

Cociente : Cociente del porcentaje retenido con el diámetro promedio

Pe : Peso específico del agregado

### SUSTANCIAS NOCIVAS, ARCILLAS Y OTROS MATERIALES FINOS

La norma ASTM C 33 – 84 señala los requerimientos para establecer el límite del contenido de estos tres materiales, pero establece distinciones entre el concreto sujeto a abrasión y otros concretos.

**Cantidades permisibles de Partículas dañinas prescritas por las NTP 400.037**

Tipo de Partícula	Contenido Máximo (Porcentaje de Masa)	
	Agregado Fino	Agregado Grueso
Partículas deleznales	3.0	5.0
Material más fino que la malla N° 200	5.0	1.0
Carbón y Lignito	0.5	0.5
Materia Orgánica	-	-

**2.2.4 REQUERIMIENTOS DE LA GRADACIÓN**

En primera instancia, la gradación es importante en tanto que afecte la manejabilidad, ya que la resistencia es independiente de la gradación. Sin embargo, una alta resistencia requiere una compactación máxima con una cantidad de trabajo razonable, la cual puede lograrse con una mezcla suficientemente manejable. De hecho, no existe una gradación ideal debido a la interacción de los factores principales que influyen en la manejabilidad: el área de la superficie del agregado, que determina la cantidad necesaria de agua para humedecer todos los sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la tendencia a la segregación y la cantidad de material fino en la mezcla.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

La serie de tamices standard ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla de 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función al número de aberturas por pulgada cuadrada.

La granulometría es un ensayo experimental mecánico que consiste en la clasificación de las partículas del mismo tamaño, utilizando tamices.

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante una gráfica, en la que las ordenadas de dicha gráfica representan el porcentaje acumulado

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

que pasa un tamiz determinado; las abscisas, las aberturas de los tamices correspondientes. A esta gráfica se le conoce como curva granulométrica.

La granulometría es un ensayo obligatorio de los agregados que se utilizan en la preparación del concreto, debiendo realizarse; para el agregado grueso, fino y global.

CUADRO N° 2.5

### MEDIDA DE MALLAS PARA LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
MALA	MEDIDA (mm)	MALLA	MEDIDA (mm)
No 4	4.763	4"	101.6
No 8	2.381	3 1/2"	90.5
No 16	1.191	3"	76.1
No 30	0.595	2 1/2"	64.0
No 50	0.297	2"	50.8
No 100	0.149	1 1/2"	38.1
		1"	25.4
		3/4"	19.0
		1/2"	12.7
		3/8"	9.5
		1/4"	6.35

CUADRO N° 2.6

### CANTIDAD DE MUESTRA PARA EL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO		PESO DE MUESTRA (Kg)
(Pulg.)	(mm)	
3/8"	9.51	2
1/2"	12.70	4
3/4"	19.00	8
1"	25.40	12
1 1/2"	38.10	16
2"	50.80	20
2 1/2"	64.00	25
3"	76.10	45
3 1/2"	90.00	70

### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

En el análisis de compacidad se determina que los agregados de similar dimensión producen el mayor número de vacíos, mientras que de existir una determinada diferencia entre los tamaños, su empaque se produce con la máxima compacidad. Este concepto a llevado a proponer como prototipo las denominadas granulometrías discontinuas, que presentan carencias de ciertos grupos granulométricos intermedios, a diferencia de las granulometrías continuas o tradicionales, que contienen todos los tamaños normalizados. Las granulometrías ideales no pueden generalizarse, porque no asegura una buena trabajabilidad y resistencia del concreto.

Las series granulométricas no constituyen curvas rigurosas, sino que definen zonas o franjas granulométricas con límites amplios.

La elección de una serie granulométrica debe efectuarse de acuerdo con el Tamaño Máximo del agregado, asegurando una adecuada trabajabilidad, de manera que el concreto pueda ser consolidado sin exigir demasiado trabajo mecánico. El tamaño de los granos del agregado grueso se define también en función de los conceptos: Tamaño máximo y Tamaño nominal máximo.

CUADRO N° 2.7

#### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

TAMIZ	PROMEDIO		
	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	18.1	18.1	81.9
1"	26.3	44.5	55.5
3/4"	18.6	63.1	36.9
1/2"	18.5	81.6	18.4
3/8"	8.2	89.8	10.2
N° 3 (1/4")	9.3	99.1	0.9
FONDO	0.9	100.0	0.0

#### TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Ya se mencionó que a mayor tamaño de la partícula de agregado será menor el área de superficie que se va a humedecer por unidad de masa (es decir superficie específica). Así, al extender la gradación del agregado hasta su tamaño máximo, se disminuirá el requerimiento de agua en la

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

mezcla; y para una manejabilidad específica y riqueza de la mezcla, la relación agua/cemento puede reducirse, con el consiguiente incremento de la resistencia. Sin embargo, hay un límite al tamaño máximo del agregado, por encima del cual la disminución en la demanda de agua es contrarrestada por los efectos nocivos de una menor área de adherencia y la discontinuidad que introducen las partículas muy grandes. Por lo mismo, el concreto se vuelve exageradamente heterogéneo con la consiguiente disminución de la resistencia.

El efecto adverso del incremento del tamaño de las partículas mas grandes en la mezcla se da a través de los rangos de tamaño; pero por debajo de los 40 mm (1 ½") la ventaja de la disminución del requerimiento de agua es dominante.

El tamaño máximo, es la medida en pulgadas que corresponde a la menor malla por la que pasa toda la muestra. Este valor se utiliza para seleccionar el agregado según la geometría del encofrado y el refuerzo de acero que se utiliza. El RNC indica que el tamaño máximo del agregado no debe ser mayor de

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
- 1/3 del peralte de la losa
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de pre-refuerzo

Estas limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo queden convenientemente recubiertas y no se presenten cavidades de las llamadas "cangrejas".

### **TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO**

El tamaño nominal máximo, se da generalmente como referencia de la granulometría y corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido.

En el presente estudio el tamaño máximo del agregado grueso es 2" y el tamaño nominal máximo de 1 ½"

CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

CUADRO N° 2.8

REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO

TAMAÑO No	TAM. NOMINAL EN PULGADAS (ABERTU. CUADR.)	PORCENTAJES PASANTES PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90 mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	No 4 (4.75 mm)	No 8 (2.36 mm)	No 16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a No 4				100	90 a 100		35 a 70		10 a 30				
4	1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" a No 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30			
5	1" a 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15			
57	1" a No 4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" a No 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" a No 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" a No 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota: El huso granulométrico utilizado en la presente investigación es el N° 467.

### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad y al estudio de la mejor relación de finos/gruesos que, sin modificar el dosaje agua/cemento, proporcione el concreto de mejor calidad.

CUADRO N° 2.9

#### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

TAMIZ	PROMEDIO		
	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N° 4	5.2	5.2	94.8
N° 8	11.4	16.6	83.4
N° 16	12.3	28.9	71.1
N° 30	17.6	46.6	53.4
N° 50	24.8	71.4	28.6
N° 100	18.1	89.5	10.5
FONDO	10.5	100.0	0.0

CUADRO N° 2.10

#### HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

MALLA	% QUE PASA ACUMULADO
9.5 mm = 3/8"	100
4.75 mm = N° 4	95 – 100
2.36 mm = N° 8	80 – 100
1.18 mm = N° 16	50 – 85
600 micrones = N° 30	25 – 60
300 micrones = N° 50	10 – 30
150 micrones = N° 100	2 – 10

El gráfico de la granulometría se presenta en el Capítulo VII Cuadros de Resultados, Gráficos y Análisis. (Gráfico N° 7.1)



### GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL

Lo más importante en cuanto a la granulometría, es la gradación total, por lo que puede darse el caso que al evaluarse individualmente la arena y la piedra no entren en los husos granulométricos propuestos por las normas ASTM C-33, sin embargo mezclados adecuadamente proporciona una distribución homogénea de partículas, que se encuentre dentro de los husos establecidos por las normas.

En la presente tesis se utiliza los husos DIN 1045 para el agregado global.

[CUADRO N° 2.11]

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL DE RÍO

TAMIZ	PROMEDIO		
	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	4.3	4.3	95.7
1"	11.4	15.8	84.2
3/4"	8.7	24.4	75.6
1/2"	9.5	34.0	66.0
3/8"	5.0	39.0	61.0
N° 4	8.4	47.4	52.6
N° 8	5.5	52.9	47.1
N° 16	6.2	59.1	40.9
N° 30	9.4	68.5	31.5
N° 50	14.3	82.8	17.2
N° 100	11.1	94.0	6.0
FONDO	6.0	100.0	0.0

El gráfico de la granulometría se presenta en el Capítulo VII Cuadros de Resultados, Gráficos y Análisis. (Gráfico N° 7.2)

A continuación presentamos los Husos granulométricos para el agregado global, el cual representa lo siguiente:

- Huso del A al B, concreto de mejor trabajabilidad
- Huso del B al C, concreto de trabajabilidad aceptable.

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

TAMIZ	HUSOS DIN 1045 AGREGADO GLOBAL		
	A	B	C
	% QUE PASA ACUMULADO		
1 1/2"	100.0	100.0	100.0
1"			
3/4"	62.0	80.0	89.0
1/2"			
3/8"	38.0	62.0	77.0
Nº 3(1/4")			
Nº 4	23.0	47.0	65.0
Nº 8	14.0	37.0	53.0
Nº 16	8.0	28.0	42.0
Nº 30			
Nº 50	2.0	8.0	15.0
Nº 100			
FONDO			

### **METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL ENSAYO Y ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

El análisis granulométrico de los agregados, Grueso, Fino y Global de río se realizaron de acuerdo a los procedimientos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas Nº 400.012.

### **MÓDULO DE FINURA**

En ocasiones particularmente en EUA, se emplea un factor simple computarizado del análisis con malla. Este es el módulo de finura (MF), que se define como la suma de porcentajes acumulativos retenidos entre mallas de series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consiste en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: 150, 300, 600 um, 1.18, 2.36, 5.00 mm ( ASTM núm. 100, 50, 30, 16, 8, 4 ) hasta la malla del tamaño más grande. Debe recordarse que, cuando todas las partículas en una muestra son mas gruesas, digamos, que 600 um (núm. 30 ASTM) el porcentaje acumulativo retenido en 300 um (núm. 50 de ASTM) debe quedar como 100; desde luego, el mismo valor debe ser para 150 um ( núm. 100 de ASTM ).

## CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

El sustento matemático reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

La justificación experimental que avala esto consiste en que está demostrado que independientemente de la granulometría, los concretos con agregados de igual módulo de finura, mantienen las mismas condiciones de trabajabilidad y resistencia.

Lo usual es que el módulo de finura se calcule para un agregado fino mas que para un agregado grueso. Los valores típicos tienen un rango entre 2.3 y 3.0 donde un valor más alto indica una gradación mas gruesa.

Debe tenerse muy claro que es un criterio que se aplica al agregado en su conjunto y no solo a la arena ya que el concepto es general.

**Módulo de Finura del Agregado Fino.-** La norma recomienda que el módulo de finura de la arena, debe encontrarse en el rango de 2,3 a 3,2; las arenas comprendidas entre los módulos de finura 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y los que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son los más favorables para concretos de alta resistencia, las arenas con módulos de finura 2.3 le otorgan a la mezcla, la plasticidad, compacidad y trabajabilidad, pero a la vez hace que se requiera una cantidad adicional de agua lo que llevaría a incrementar el contenido de cemento.

Para calcular el módulo de finura del agregado fino, se suman los porcentajes retenidos acumulados desde la malla N° 4, hasta la malla N° 100, dividido entre 100 tal como se muestra en la siguiente expresión.

$$Mf_{\text{arena}} = \frac{\%N4 + \%N8 + \%N16 + \%N30 + \%N50 + \%N100}{100}$$

Con el valor obtenido se clasifica la arena según el cuadro N° 2.13

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

[CUADRO N° 2.13]

**Clasificación del Agregado Fino**

Módulo de finura	Tipo de Arena
Menor a 3	Fina
Igual a 3	Normal
Mayor a 3	Gruesa

**Módulo de Finura del Agregado Grueso.**- Para el cálculo del módulo de finura del agregado grueso se suman los porcentajes retenidos acumulados en las mallas estándar ASTM: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, considerando el valor de 100% para cada una de las mallas donde no ha quedado material retenido, todo dividido entre 100; como se muestra a continuación.

$$Mf_{\text{piedra}} = \frac{\%3" + \%1\ 1/2" + \%3/4" + \%3/8" + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

Una vez determinado el valor del módulo de finura del agregado grueso se puede clasificar dicho material según el siguiente cuadro N° 2.14

[CUADRO N° 2.14]

**Clasificación del Agregado Grueso**

Módulo de finura	Tipo de agregado
Menor de 7	Fina
Igual a 7	Normal
Mayor a 7	Gruesa

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

[CUADRO N° 2.15]

**Características y Ensayos de los Agregados: Normas ASTM**

Características	Significado	Prueba Designada	Requerimientos
Resistencia a la abrasión y degradación	Índice de la calidad del agregado, resistencia al desgaste de pisos, pavimentos	ASTM C 197 ASTM C 535 ASTM C 779	Máximo porcentaje de pérdida de peso. Profundidad de uso (desgaste) y tiempo.
Resistencia al congelamiento y descongelamiento	Superficie escamada, rugosidad, pérdida de sección y deformidad.	ASTM C 666 ASTM C 662	Número máximo de ciclos o periodos de inmunidad al helamiento, factor de durabilidad.
Resistencia a la desintegración por sulfatos	Estabilidad frente a la acción del clima.	ASTM C 88	Pérdida de peso, exhibición de partículas.
Forma de las partículas y textura superficial	Trabajabilidad del concreto fresco.	ASTM C 295 ASTM D 3398	Máximo porcentaje de piezas planas y elongadas
Granulometría	Trabajabilidad del concreto fresco. Economía	ASTM C 117 ASTM C 136	Máximo y mínimo porcentaje que pasa el tamiz estándar.
Peso unitario Bulk o Densidad Bulk	Cálculo de la mezcla de diseño; clasificación.	ASTM C 29	Peso compactado y pérdida de peso.
Gravedad Específica	Cálculo de la mezcla de diseño.	ASTM C 127 Agreg. Fino ASTM C 128 Agreg. grueso	
Absorción y Superficie Húmeda	Control de la calidad del concreto.	ASTM C 70 ASTM C 127 ASTM C 128 ASTM C 566	
Resistencia a la Compresión y Flexión	Aceptabilidad del agregado fino, dejando otras pruebas.	ASTM C 39 ASTM C 78	Resistencia a exceder 95% de la resistencia lograda con arena limpiada.
Definición de constituyentes	Claro entendimiento y comunicación.	ASTM C 125 ASTM C 294	
Constituyentes del agregado	Determinar la cantidad de materia orgánica y deletérea.	ASTM C 40 ASTM C 87 ASTM C 117 ASTM C 123 ASTM C 142 ASTM C 295	Máximo porcentaje de constituyentes individuales.
Resistencia a la reactividad álcali y cambio de volumen.	Invariabilidad contra el cambio de volumen.	ASTM C 227 ASTM C 289 ASTM C 295 ASTM C 342 ASTM C 586	Máxima longitud de cambio, constitución y cantidad de sílice y alcalinidad.

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

[CUADRO N° 2.16]

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO GLOBAL DE RÍO	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Tamaño Máximo	2"	2"	-
Tamaño Máximo Nominal	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	-
Módulo de Finura	4.73	7.71	2.58
Superficie Específica (cm <sup>2</sup> /g)	-	1.19	63.83
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	2002.3	1665.5	1768.3
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	2125.6	1809.9	1958.5
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.51	2.69	2.48
Peso Especifico de Masa SSS (g/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.71	2.50
Peso Especifico Aparente(g/cm <sup>3</sup> )	2.61	2.74	2.54
Porcentaje de Absorción (%)	1.58	0.84	1.07
Contenido de Humedad (%)	0.44	0.27	0.32
Abrasión (%)	-	5.70	-
Material Pasante la Malla N° 200 (%)	-	0.16	4.30

**Descripción:**

- Agregado : Hormigón clasificado de río  
 Cantera : Valle del río Rimac  
 Agregado Global : Pasante el tamiz de 2"  
 Piedra : Pasante el tamiz de 2" y retenido en el tamiz de 1/4"  
 Arena : Pasante el tamiz de 1/4"

## 2.3 AGUA PARA CONCRETO

### 2.3.1 CALIDAD DEL AGUA

En muchas especificaciones, la calidad del agua se considera en una cláusula que establece que ésta debe ser apta para beber.

Esta agua muy rara vez contendrá sólidos disueltos por sobre 2000 partes por millón (ppm) y por lo general menos de 1000 ppm.

El criterio de potabilidad del agua no es absoluto: el agua para beber puede no ser adecuado para mezcla cuando tenga una concentración alta de sodio o potasio, por el peligro de una reacción álcali – agregado.

El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable suele ser adecuada para elaborar concreto. Como regla, cualquier agua con un Ph (grado de acidez) de 6.0 a 8.0 que no sepa salada o salobre es útil; el color oscuro o un cierto olor no indican necesariamente la presencia de sustancias deletéreas. Las aguas naturales ligeramente ácidas son inofensivas, pero las que contenga ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; esta aguas, así como las muy alcalinas, deben ser probadas previamente.

En algunas ocasiones debe considerarse el uso de agua de mar para las mezclas. Esta tiene una salinidad total típica de aproximadamente 3.5% (78% de los sólidos disueltos corresponden al NaCl y 15% al MgCl<sub>2</sub> y al MgSO<sub>4</sub>). Esta agua produce una resistencia temprana ligeramente mayor, pero una menor resistencia en el largo plazo.

El agua de mar (o cualquier agua que contenga grandes cantidades de cloruros) tiende a ocasionar humedad persistente y eflorescencia. Por tanto, esta agua no debe emplearse cuando la apariencia del concreto sea importante o cuando vaya aplicarse un acabado de yeso.

## *CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES*

Por otra parte, cuando el concreto reforzado se encuentra permanentemente en el agua, ya sea fresca o de mar, el uso de agua marina para mezcla parece no tener efectos nocivos. En la práctica sin embargo, no se considera aconsejable emplearla para mezcla.

### **2.3.2 AGUA DE MEZCLA**

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

### **2.3.3 AGUA PARA CURADO**

En general, el agua que es adecuada para mezcla, también lo es para curado.

Sin embargo, el hierro y la materia orgánica, pueden ocasionar manchas, especialmente si el agua fluye lentamente sobre el concreto y se evapora con rapidez. Además, es esencial que esté libre de sustancias que ataquen al concreto endurecido, por ejemplo el  $\text{CO}_2$  libre. El fluj de agua pura, proveniente de deshielo o de condensación, con poco  $\text{CO}_2$ , disuelve el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y provoca erosión de la superficie. El curado con agua de mar puede atacar el refuerzo.

El agua utilizado para realizar los diferentes ensayos en la presente investigación, es agua potable de las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI; que pertenece al sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Lima (SEDAPAL), proveniente de la planta de tratamiento de la Atarjea.



## **CAPITULO III.**

### **DISENO DE MEZCLA**

## DISEÑO DE MEZCLA

### 3.1 GENERALIDADES

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en el concreto, tiene por finalidad obtener una mezcla en la que con un mínimo contenido de pasta, se pueden obtener las propiedades deseadas en el concreto. Es deseable que la granulometría del agregado global sea tal que el volumen de vacíos entre partículas sea mínimo. La granulometría ideal no es factible en obra, en la práctica, se busca determinar la combinación óptima de agregado fino y grueso que requiere el mínimo de pasta, alcanzando las propiedades deseadas .

Dentro de ciertos límites, cuanto menor es la proporción de partículas finas mas pobres pueden ser las mezclas necesarias para obtener una trabajabilidad dada. A la vez se sabe que cuanto menor es la proporción de partículas finas, menor es la consistencia de la mezcla y mayor la posibilidad de segregación del agregado grueso, es mayor la tendencia a originarse problemas en la compactación y es mayor la posibilidad de exudación de la mezcla compactada.

Como en la mayoría de los casos, no es posible recomponer la granulometría de la arena disponible, conviene estudiar la mejor relación de finos y gruesos que sin modificar el dosaje agua-cemento, proporciona al concreto una mejor calidad.

La granulometría de los agregados es de especial importancia en la calidad del concreto, ya que el diseño más económico y de mejores calidades, se obtiene cuando los agregados tienen Peso Unitario Compactado Máximo, lo cual se logra cuando hay una adecuada distribución granulométrica. El estudio de la granulometría de los agregados ha ocupado un importante lugar en las investigaciones realizadas sobre el concreto.

El proporcionamiento de los agregados fino y grueso para producir mezclas de la más alta compacidad, y por ende, mas resistente y económicas dio origen a la propuesta técnica de numerosas curvas prototipo o ideales.

Se puede afirmar después de investigar sobre el tema, que los agregados de dimensión similar, producen el mayor volumen de vacíos, mientras que de existir una determinada diferencia entre los distintos tamaños, su acomodación se produce con la máxima compacidad.

### **3.2 DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE LA RELACIÓN PIEDRA/ARENA**

#### **1. Determinación de la Máxima Densidad de los Agregados (Método Global)**

En el primer caso se trabaja con el agregado clasificado (hormigón clasificado de río), separando el grueso (Pasante la malla de 2" y retenido en la malla de 1/4") y el fino (pasante la malla de 1/4"); en la que se busca la proporción de agregados óptimo (método del Peso Unitario Compactado Global y eficiencia del concreto a los 7 días), tanto en compacidad, trabajabilidad y resistencia; siendo este diseño (diseño NORMAL), el patrón de comparación con los concretos fabricados con hormigón clasificado de río empleado de manera global (Diseño GLOBAL DE RÍO).

El proporcionamiento realizado para la obtención del máximo peso unitario compactado, fue en peso, en la condición húmeda (humedad natural).

Para determinar la proporción de los agregados más óptimo (diseño NORMAL) donde exista la menor cantidad de vacíos en su consolidación; se ha procedido a realizar el Peso Unitario Compactado en las proporciones de 0.42/0.58, 0.46/0.54, 0.50/0.50,

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

0.54/0.46, 0.58/0.42, y 0.62/0.38 de piedra/arena como se muestra en el cuadro N° 3.1.

Graficando los valores de la densidad del agregado global (método del peso unitario compactado global) compactado se puede deducir que con el material en estudio (hormigón de río), no se llega a obtener una curva con un punto máximo que nos indique la máxima compactación posible; sin embargo en el punto de proporción 50% de piedra se observa una inflexión en la curva de compactación la que se toma como referencia para preparar las mezclas de prueba, con los valores de 47%, 50% y 53% de piedra y su diferencia de arena, se diseñan los concretos Normales para determinar la proporción piedra-arena de mayor resistencia a la compresión a los 7 días. Ver gráfico N° 3.1.

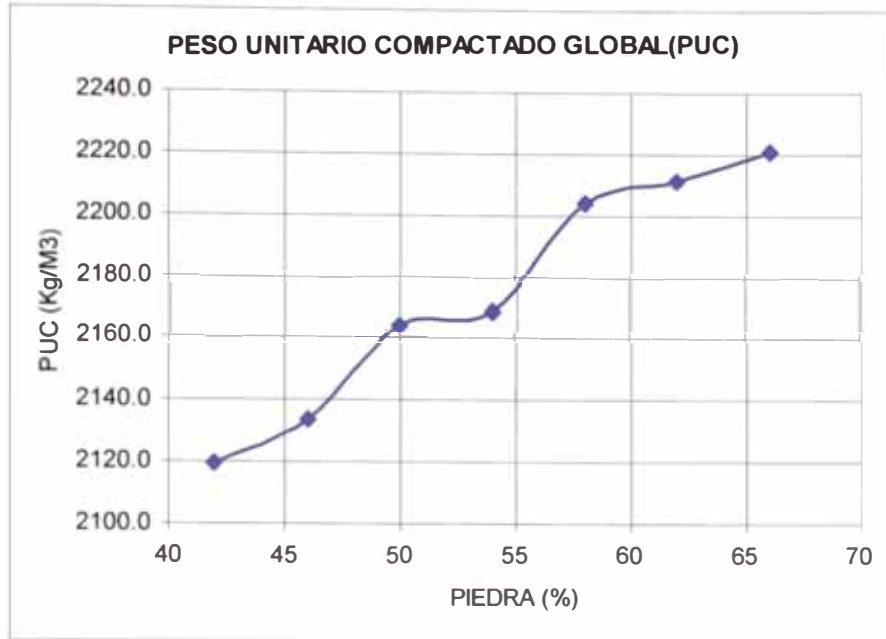
[CUADRO N°. 3.1]

#### **Peso unitario compactado de la proporción de agregados (método del peso unitario compactado global)**

PORCENTAJE EN PESO		PUC (Kg/M3)
PIEDRA (%)	ARENA (%)	
42	58	2119.7
46	54	2133.8
50	50	2164.3
54	46	2169.0
58	42	2204.2
62	38	2211.3
66	34	2220.7

[GRÁFICO N°. 3.1]

**Peso unitario compactado de la proporción de agregados (método del peso unitario compactado global)**



**2. Determinación de la Máxima resistencia de la proporción de agregados**

Se ha realizado los diseños de prueba para la relación agua/cemento 0.60.

Para determinar la proporción de piedra/arena que ofrezca la mayor Resistencia a la Compresión (eficiencia del concreto a los 7 días), dentro de un contexto de Máxima Compacidad. Se efectúan diseños con 3 relaciones de proporción distintas de piedra/arena circundantes a la proporción de la densidad tomada como máxima (piedra/arena: 50%/50%); en este caso, la combinación de piedra/arena en peso será en proporciones de 47%/53%, 50%/50% y 53%/47%.

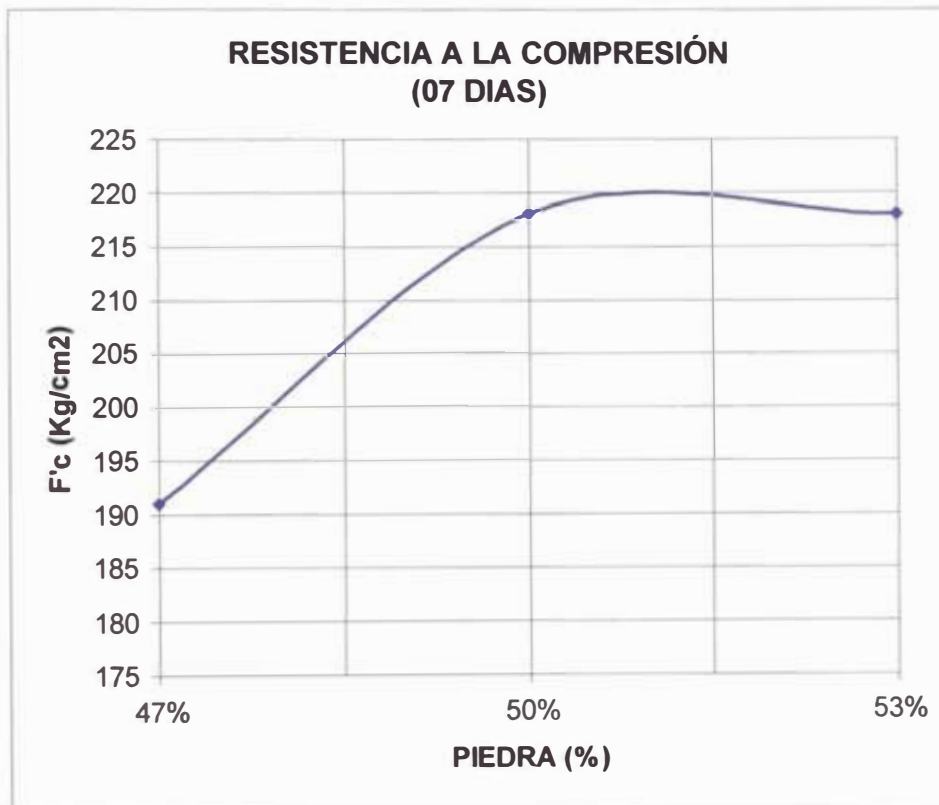
Del diseño de prueba, para la relación agua/cemento 0.60, con los datos asumidos se obtiene los siguientes resultados. Ver cuadros y gráficos siguientes:

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

CUADRO N°. 3.2

Relación (a/c)	Agua (L/m <sup>3</sup> )	Slump Promedio	Proporción en peso		F'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Piedra (%)	Arena (%)	
0.6	190	1"	47	53	191
	190	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	50	50	218
	190	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	53	47	218

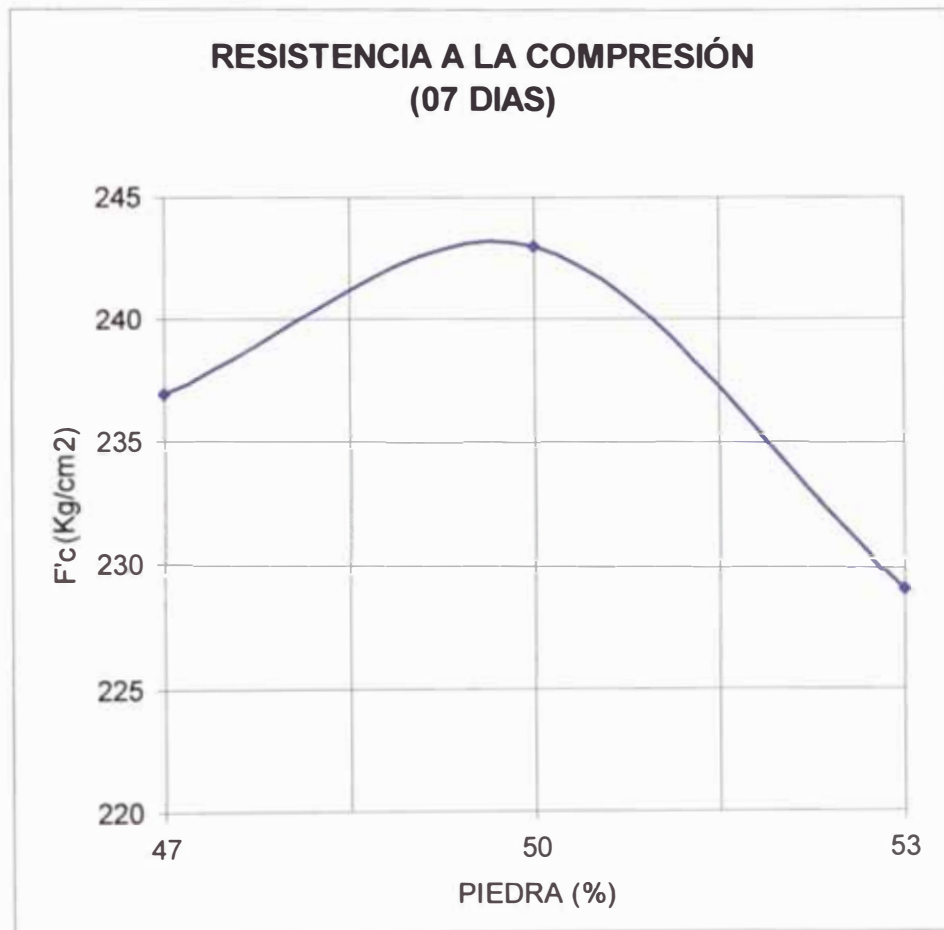
GRÁFICO N°. 3.2



[CUADRO N°. 3.3]

Relación (a/c)	Agua (Lt/m <sup>3</sup> )	Slump Promedio	Proporción en peso		F'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Piedra (%)	Arena (%)	
0.6	200	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	47	53	237
	200	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	50	50	243
	200	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	53	47	229

[GRÁFICO N°. 3.3]

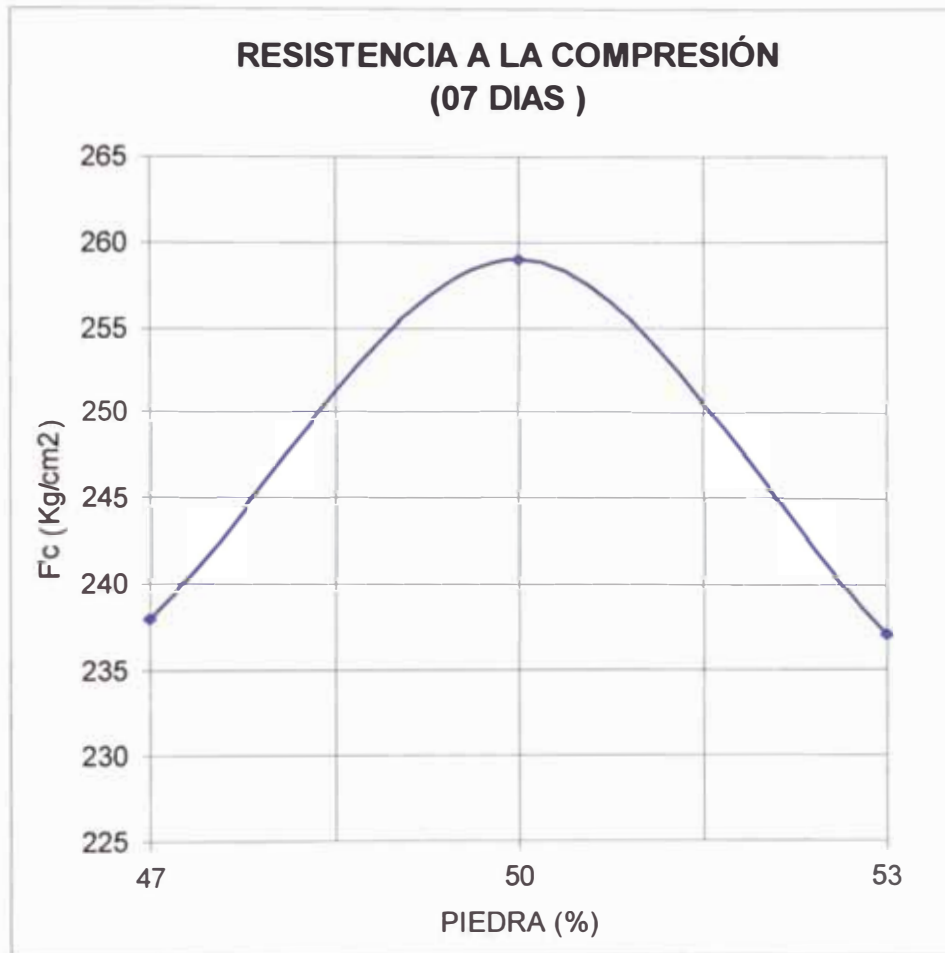


CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

CUADRO N° 3.4

Relación (a/c)	Agua (Lt/m <sup>3</sup> )	Slump Promedio	Proporción en peso		F'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Piedra (%)	Arena (%)	
0.6	202	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	47	53	238
	200	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	50	50	259
	198	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	53	47	237

GRÁFICO N° 3.4



En el cuadro N°. 3.2, se muestra para un diseño de concreto cuya relación Agua/Cemento es 0.60, y manteniendo la misma cantidad de agua para las diferentes proporciones de piedra/arena se obtiene diferentes asentamientos; alcanzando la mayor Resistencia a la



### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Compresión en la proporción de piedra 50% y 53% tal como se muestra en la gráfico N°.3.2

De igual forma en el cuadro N°. 3.3, obtenido el asentamiento buscado para la proporción de piedra/arena 50% y manteniendo la misma cantidad de agua para las demás proporciones de agregado, se obtiene una mayor Resistencia a la Compresión en la proporción especificada; ver gráfico N°. 3.3

En el último cuadro N°. 3.4 y gráfico N°. 3.4, habiéndose encontrado el asentamiento buscado (3" a 4") para las tres diferentes proporciones de piedra/arena, se obtiene la máxima Resistencia a la Compresión en la proporción del 50% de piedra y 50% de arena. Tomándose esta proporción de agregados como patrón (Diseño Normal) para el diseño en las demás relaciones agua/cemento y hacer la comparación con el diseño del concreto con agregado global de río (Diseño Global de río).

Las proporciones de diseño en peso de arena y piedra se realizaron en condición seca, la cual se llevó a la condición Húmeda para su respectivo dosaje en el diseño de concreto.

#### **3. Presentación del Análisis Granulométrico de la Proporción de agregados Óptimo (Método del peso unitario compactado global y eficiencia del concreto a la compresión a los 7 días - Diseño Normal)**

Una vez obtenido la proporción óptima del agregado al cual llamaremos diseño **Normal**, este será el patrón de comparación en sus diferente relaciones agua/cemento con el agregado global de río al cual llamaremos diseño **Global de Río**.

En el cuadro No 3.5 se muestra la granulometría del agregado óptimo (método del peso unitario compactado global).

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

[CUADRO Nº 3.5]

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL ÓPTIMO  
(MÉTODO PUC GLOBAL)**

TAMIZ	% RETENIDO ACUMULADO			HUSO DIN 1045 AGREGADO GLOBAL		
	ARENA	PIEDR A	AGREG.GLOB. 50%A. – 50%P	A	B	C
				% QUE PASA ACUMULADO		
1 1/2"		18.1	9.1	100.0	100.0	100.0
1"		44.5	22.3			
3/4"		63.1	31.6	62.0	80.0	89.0
1/2"		81.6	40.8			
3/8"		89.8	44.9	38.0	62.0	77.0
Nº 3(1/4")		99.1	49.6			
Nº 4	5.2	100.0	52.6	23.0	47.0	65.0
Nº 8	16.6		58.3	14.0	37.0	53.0
Nº 16	28.9		64.5	8.0	28.0	42.0
Nº 30	46.6		73.3			
Nº 50	71.4		85.7	2.0	8.0	15.0
Nº 100	89.5		94.8			
FONDO	100.0		100.0			

**Descripción:**

Tipo de agregado : Hormigón clasificado de río

Cantera : Valle del río rimac

Tamaño Máximo : 2"

Módulo de Finura : 5.15

### 3.3 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla constituye la selección de las proporciones de los materiales integrantes de una unidad cúbica de concreto, y viene a ser el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con el objetivo de obtener un producto que en su estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas, y en su estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador de una estructura determinada.

En la actualidad existen una serie de métodos de diseño de mezclas que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos para estimar las cantidades de agua de mezcla en función del Tamaño Máximo del agregado grueso, la geometría del agregado así como del asentamiento, relaciones agua/cemento referida a consideraciones teóricas y/o prácticas, etc.

Hay que tener presente, que no existe ningún método perfecto, ni que nos proporcione una receta para solucionar los casos prácticos que se presentan, por lo que las bondades de un método sobre otro reside finalmente en el criterio personal del profesional que los aplique, que observará los resultados obtenidos de acuerdo al conocimiento teórico y la experiencia obtenida en obra.

En la presente investigación se sigue el procedimiento descrito en el Reporte del Comité del ACI 211.1.81, tomando en consideración una variación en la determinación del agua de mezcla, pues este se determinará de manera experimental y en las proporciones de los agregados; las proporciones de los agregados para el diseño patrón (diseño NORMAL), serán determinadas por el método de máxima compactación (método del peso unitario compactado global) y eficiencia del concreto a la compresión a los 7 días. Para el diseño del concreto con agregado global (diseño GLOBAL DE RÍO), se sigue la secuencia del procedimiento inicial sugerido, sin embargo el agua de diseño se

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

determina de manera experimental y con ello la determinación de la cantidad del agregado global (al que denominamos hormigón).

#### 3.3.1 INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DISEÑO.-

se requiere los datos de laboratorio, referidos a los agregados Fino, Grueso y el Global a emplear:

- Análisis Granulométrico de los agregados
- Tamaño Máximo del agregado grueso = 2"
- Tamaño Nominal Máximo del agregado grueso = 1 1/2"
- Peso Específico de los agregados ( Kg/m<sup>3</sup>)

	Arena	Piedra	Global Natural
	2480	2690	2510

-Absorción y Contenido de Humedad de los agregados

	Arena	Piedra	Global Natural
Absorción (%)	1.07	0.84	1.58
Contenido de Humedad (%)	0.32	0.27	0.44

- Peso Específico del Cemento Pórtland Tipo I

Cemento Sol (Kg/m <sup>3</sup> )	3110
----------------------------------	------

#### 3.4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

##### A) DISEÑO NORMAL

Obtenido la proporción de agregado más óptimo para el diseño del concreto **Normal** en las diferentes relaciones agua/cemento el cual será el patrón para hacer la comparación con el diseño **Global de Río**, se procede con el diseño respectivo:

En la presente investigación se sigue el procedimiento descrito en el Reporte del Comité del ACI. 211.1.81, tomando en consideración las proporciones de los agregados y el agua de diseño (las proporciones de los agregados son determinados por el método de la máxima

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

compactación y eficiencia del concreto a la compresión), el agua se determina de manera experimental.

Una secuencia de pasos a seguir se han establecido, en el método del ACI, para obtener una adecuada dosificación, así tenemos:

- 1) Elección del asentamiento.
- 2) Elección del Tamaño Máximo del agregado.
- 3) Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.
- 4) Elección de la relación agua/cemento.
- 5) Cálculo del contenido de cemento.
- 6) Estimación del contenido del agregado grueso.
- 7) Estimación del contenido del agregado fino.
- 8) Ajustes por el contenido de humedad del agregado.
- 9) Ajustes del agua en la mezcla de prueba.

Cabe indicar que en el diseño se inicia siguiendo el procedimiento del Comité ACI, el cual se utiliza como guía para la determinación del agua de Diseño. sin embargo con la cantidad de agua estimado no se logra obtener el asentamiento elegido (3" a 4"), ya que la cantidad de agua es insuficiente para alcanzar la trabajabilidad y fluidez necesaria.

Haciendo reajustes de manera experimental, para cada relación agua/cemento se determinan la cantidad de agua necesaria para obtener el asentamiento elegido para los diseños Patrón (Diseño **Normal**) y para el **Diseño Global de Río**.

A continuación presentaremos el diseño final como resultado de una serie de experimentos con la mezcla de prueba.

#### 3.4.1 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACIÓN AGUA/CEMENTO $a/c = 0.60$

##### Procedimiento de Diseño

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

- 2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
- 3. Agua Neta de Mezclado : 200 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
- 4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.60
- 5. Cemento = Agua/(a/c) : 333 Kg.
- 6. Obtención del volumen de Agregados por medio de la Diferencia de Volúmenes absolutos (volumen seco)

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	333	3110	0.1072
Agua	200	1000	0.2000
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3222

$$\text{Vol. Agregado} = 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3222 = 0.6778 \text{ m}^3$$

- 7. Conocidos los porcentajes óptimos de Peso de la arena y piedra (método del máximo peso unitario compactado global y eficiencia del concreto a la compresión), se obtienen sus volúmenes absolutos y pesos secos.

$$\text{Vol.piedra} + \text{Vol.arena} = 0.6778 \dots \dots \dots (1)$$

Sabiendo que los agregados participan con proporción en peso del 50% entonces podemos decir que el peso de la piedra es igual al peso de la arena, por lo que la segunda ecuación a resolver sera:

$$\text{Vol.piedra} \times \text{p.e. piedra} = \text{Vol.arena} \times \text{p.e. arena} \dots \dots \dots (2)$$

Resolviendo ambas ecuaciones se obtiene los volúmenes:

$$\begin{aligned} \text{Vol.piedra} &= 0.3251 \text{ m}^3 \\ \text{Vol.arena} &= 0.3527 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Luego se obtienen los pesos secos de los agregados:

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Piedra	0.3251	2690	875
Arena	0.3527	2480	875

8. Debido a que los agregados tienen la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, deben ajustarse los pesos de los agregados, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

#### - Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción de los agregados:

Corrección por la piedra C(piedra) y la arena C(Arena):

$$\begin{aligned}C(\text{piedra}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 875 \cdot (0.27 - 0.84) / 100 \\ &= - 4.99 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{arena}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 875 \cdot (0.32 - 1.07) / 100 \\ &= - 6.56 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{agua}) &= C(\text{piedra}) + C(\text{arena}) \\ &= - 11.55 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 200 + 11.55 \\ &= 212 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso de la Piedra

$$\begin{aligned}\text{Peso de piedra Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 875 \cdot (1 + 0.27 / 100) \\ &= 877 \text{ Kg}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso de la Arena

$$\begin{aligned}\text{Peso de arena Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 875 \cdot (1 + 0.32 / 100) \\ &= 877 \text{ Kg}\end{aligned}$$

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

9. Se proporciona la mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.6

**3.4.2 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACIÓN AGUA/CEMENTO a/c = 0.65**

**Procedimiento de Diseño**

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"
2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
3. Agua Neta de Mezclado : 197 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.65
5. Cemento = Agua/(a/c) : 303 Kg.
6. Obtención del volumen de Agregados por medio de la Diferencia de Volúmenes absolutos (volumen seco)

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	303	3110	0.0975
Agua	197	1000	0.1970
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3095

$$\begin{aligned} \text{Vol. Agregado} &= 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3095 \\ &= 0.6905 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

7. Conocidos los porcentajes óptimos de Peso de la arena y piedra (método del máximo peso unitario compactado global y eficiencia del concreto a la compresión), se obtienen sus volúmenes absolutos y pesos secos.

$$\text{Vol.piedra} + \text{Vol.arena} = 0.6905 \dots \dots \dots (1)$$



### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Sabiendo que los agregados participan con proporción en peso del 50% entonces podemos decir que el peso de la piedra es igual al peso de la arena, por lo que la segunda ecuación a resolver será:

$$\text{Vol.piedra} \times \text{p.e. piedra} = \text{Vol.arena} \times \text{p.e. arena} \dots\dots (2)$$

Resolviendo ambas ecuaciones se obtiene los volúmenes:

$$\begin{aligned} \text{Vol.piedra} & - & 0.3312 \text{ m}^3 \\ \text{Vol.arena} & - & 0.3593 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Luego se obtienen los pesos secos de los agregados:

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Piedra	0.3312	2690	891
Arena	0.3593	2480	891

8. Debido a que los agregados tienen la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, deben ajustarse los pesos de los agregados, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

#### - Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción de los agregados:

Corrección por la piedra C(piedra) y la arena C(Arena):

$$\begin{aligned} \text{C(piedra)} & = \text{peso seco} \times (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ & = 891 \times (0.27 - 0.84) / 100 \\ & = - 5.08 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C(arena)} & = \text{peso seco} \times (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ & = 891 \times (0.32 - 1.07) / 100 \\ & = - 6.68 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C(agua)} & = \text{C(piedra)} + \text{C(arena)} \\ & = -11.76 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua neta de mezclado} & = 197 + 11.76 \\ & = 209 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

#### - Corrección del Peso de la Piedra

$$\begin{aligned}\text{Peso de piedra Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH}/100) \\ &= 891 \cdot (1 + 0.27/100) \\ &= 893 \text{ Kg}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso de la Arena

$$\begin{aligned}\text{Peso de arena Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH}/100) \\ &= 891 \cdot (1 + 0.32/100) \\ &= 894 \text{ Kg}\end{aligned}$$

9. Se proporciona la mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.6

### 3.4.3 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACION AGUA/CEMENTO $a/c = 0.70$

#### Procedimiento de Diseño

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"
2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
3. Agua Neta de Mezclado : 196 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.70
5. Cemento = Agua/(a/c) : 280 Kg.
6. Obtención del volumen de Agregados por medio de la Diferencia de Volúmenes absolutos (volumen seco)

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	280	3110	0.0900
Agua	196	1000	0.1960
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3010

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

$$\begin{aligned} \text{Vol. Agregado} &= 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3010 \\ &= 0.6990 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

7. Conocidos los porcentajes óptimos de Peso de la arena y piedra (método del máximo peso unitario compactado global y eficiencia del concreto a la compresión), se obtienen sus volúmenes absolutos y pesos secos.

$$\text{Vol.piedra} + \text{Vol.arena} = 0.6990 \dots \dots \dots (1)$$

Sabiendo que los agregados participan con proporción en peso del 50% entonces podemos decir que el peso de la piedra es igual al peso de la arena, por lo que la segunda ecuación a resolver será:

$$\text{Vol.piedra} \times \text{p.e. piedra} = \text{Vol.arena} \times \text{p.e. arena} \dots \dots \dots (2)$$

Resolviendo ambas ecuaciones se obtiene los volúmenes:

- Vol.piedra - 0.3353 m<sup>3</sup>
- Vol.arena - 0.3637 m<sup>3</sup>

Luego se obtienen los pesos secos de los agregados:

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Piedra	0.3353	2690	902
Arena	0.3637	2480	902

8. Debido a que los agregados tienen la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, deben ajustarse los pesos de los agregados, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

**- Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción de los agregados:**

Corrección por la piedra C(piedra) y la arena C(Arena):

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

$$\begin{aligned}C(\text{piedra}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 902 \cdot (0.27 - 0.84) / 100 \\ &= - 5.14 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{arena}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 902 \cdot (0.32 - 1.07) / 100 \\ &= - 6.76 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{agua}) &= C(\text{piedra}) + C(\text{arena}) \\ &= -11.90 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 196 + 11.90 \\ &= 208 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso de la Piedra

$$\begin{aligned}\text{Peso de piedra Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 902 \cdot (1 + 0.27 / 100) \\ &= 904 \text{ Kg}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso de la Arena

$$\begin{aligned}\text{Peso de arena Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 902 \cdot (1 + 0.32 / 100) \\ &= 905 \text{ Kg}\end{aligned}$$

9. Se proporciona la mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.7

### 3.4.4 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACION AGUA/CEMENTO $a/c = 0.80$

#### Procedimiento de Diseño

- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1. Asentamiento                | : Slump de 3" a 4" |
| 2. Tamaño Máximo Nominal       | : 1 1/2"           |
| 3. Agua Neta de Mezclado       | : 195 Lt           |
| Aire atrapado                  | : 1.5%             |
| 4. Relación Agua/Cemento (a/c) | : 0.80             |
| 5. Cemento = Agua/(a/c)        | : 244 Kg.          |

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

6. Obtención del volumen de Agregados por medio de la Diferencia de Volúmenes absolutos (volumen seco)

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	244	3110	0.0784
Agua	195	1000	0.1950
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.2884

$$\text{Vol. Agregado} = 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.2884 = 0.7116 \text{ m}^3$$

7. Conocidos los porcentajes óptimos de Peso de la arena y piedra (método del máximo peso unitario compactado global y eficiencia del concreto a la compresión), se obtienen sus volúmenes absolutos y pesos secos.

$$\text{Vol.piedra} + \text{Vol.arena} = 0.7116 \dots \dots \dots (1)$$

Sabiendo que los agregados participan con proporción en peso del 50% entonces podemos decir que el peso de la piedra es igual al peso de la arena, por lo que la segunda ecuación a resolver sera:

$$\text{Vol.piedra} \times \text{p.e. piedra} = \text{Vol.arena} \times \text{p.e. arena} \dots \dots \dots (2)$$

Resolviendo ambas ecuaciones se obtiene los volúmenes:

Vol.piedra	0.3414 m <sup>3</sup>
Vol.arena	0.3703 m <sup>3</sup>

Luego se obtienen los pesos secos de los agregados:

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Piedra	0.3414	2690	918
Arena	0.3703	2480	918

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

8. Debido a que los agregados tienen la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, deben ajustarse los pesos de los agregados, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

**- Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción de los agregados:**

Corrección por la piedra C(piedra) y la arena C(Arena):

$$\begin{aligned} C(\text{piedra}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 918 \cdot (0.27 - 0.84) / 100 \\ &= - 5.23 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(\text{arena}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 918 \cdot (0.32 - 1.07) / 100 \\ &= - 6.89 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(\text{agua}) &= C(\text{piedra}) + C(\text{arena}) \\ &= - 12.12 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua neta de mezclado} &= 195 + 12.12 \\ &= 207 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

**- Corrección del Peso de la Piedra**

$$\begin{aligned} \text{Peso de piedra Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 918 \cdot (1 + 0.27 / 100) \\ &= 921 \text{ Kg} \end{aligned}$$

**- Corrección del Peso de la Arena**

$$\begin{aligned} \text{Peso de arena Húmeda} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 918 \cdot (1 + 0.32 / 100) \\ &= 921 \text{ Kg} \end{aligned}$$

9. Se proporciona la mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.7

## B) DISEÑO GLOBAL DE RÍO

Se denomina diseño **Global de río**, al diseño y fabricación del concreto con el hormigón clasificado de río utilizado de manera global; el hormigón clasificado de río es aquel agregado que tomado en su estado natural se clasificado haciendo el tamizado por la malla de 2".

El material obtenido es del lecho de río Rímac, cuyo agregado grueso es de tipo canto rodado y la arena es aquella que se encuentra junto con el grueso (arena de río).

El estudio se basa en la comparación del uso del hormigón clasificado de río; utilizando este agregado de dos formas: separando el grueso y el fino por el tamiz de 1/4" y obteniendo la proporción más óptima de agregados para el diseño patrón (diseño NORMAL); y utilizando el hormigón clasificado de río como agregado global (diseño GLOBAL DE RÍO), los resultados obtenidos del concreto preparado con agregado global se comparará con el concreto de diseño NORMAL.

En la presente investigación como guía práctica seguimos el procedimiento descrito en el Reporte del Comité del ACI. 211.1.81, tomando en consideración para este caso solamente un volumen de agregado ya que se diseñará en base al global; el agua se determina de manera experimental.

Una secuencia de pasos a seguir se han establecido, en el método del ACI, para obtener una adecuada dosificación, así tenemos:

- 1) Elección del asentamiento.
- 2) Elección del Tamaño Máximo del agregado.
- 3) Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.
- 4) Elección de la relación agua/cemento.
- 5) Cálculo del contenido de cemento.
- 6) Estimación del contenido del agregado Global
- 7) Ajustes por el contenido de humedad del agregado.
- 8) Ajustes del agua en la mezcla de prueba.

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Cabe indicar que en el diseño se inicia siguiendo los pasos descritos; donde para el asentamiento elegido se busca la cantidad de agua requerida esto se realiza de manera experimental.

Una vez encontrado la cantidad de agua estimada se hace reajustes en la cantidad de agua y la cantidad de agregado que participará en el diseño en las condiciones húmedas o de obra, para las diferentes relaciones agua/cemento.

A continuación presentamos el diseño final como resultado de una serie de experimentos con la mezcla de prueba.

#### 3.4.5 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACIÓN AGUA/CEMENTO $a/c = 0.60$

##### Procedimiento de Diseño

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"
2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
3. Agua Neta de Mezclado : 218 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.60
5. Cemento = Agua/(a/c) : 363 Kg.
6. Obtención del volumen del Agregado Global por medio de la diferencia de volúmenes absolutos.

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	363	3110	0.1168
Agua	218	1000	0.2180
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3498

$$\begin{aligned}\text{Vol. Agregado Global} &= 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3498 \\ &= 0.6502 \text{ m}^3\end{aligned}$$



### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Vol. Agregado global = 0.6502 m<sup>3</sup>

Conocido el volumen del agregado global se calcula el peso seco del mismo.

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Global	0.6502	2510	1632

7. Debido a que el agregado tiene la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, debe ajustarse el peso, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

#### - Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción del agregado Global:

Corrección Global C(Global):

$$\begin{aligned}C(\text{Global}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 1632 \cdot (0.44 - 1.58) / 100 \\ &= -18.60 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{agua}) &= C(\text{Global}) \\ &= -18.60 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 218 + 18.60 \\ &= 237 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso del Agregado Global

$$\begin{aligned}\text{Peso de agregado global} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 1632 \cdot (1 + 0.44 / 100) \\ &= 1639 \text{ Kg}\end{aligned}$$

8. Se proporciona el diseño de mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora.

El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.8.

**3.4.6 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACION AGUA/CEMENTO  $a/c = 0.65$**

**Procedimiento de Diseño**

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"
2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
3. Agua Neta de Mezclado : 218 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.65
5. Cemento = Agua/(a/c) : 335 Kg.
6. Obtención del volumen del Agregado Global por medio de la diferencia de volúmenes absolutos.

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	335	3110	0.1078
Agua	218	1000	0.2180
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3408

$$\text{Vol. Agregado Global} = 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3408 = 0.6592 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Agregado global} = 0.6592 \text{ m}^3$$

Conocido el volumen del agregado global se calcula el peso seco del mismo.

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Global	0.6592	2510	1654

7. Debido a que el agregado tiene la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, debe

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

ajustarse el peso, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

#### - Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción del agregado Global:

Corrección Global C(Global):

$$\begin{aligned}C(\text{Global}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 1654 \cdot (0.44 - 1.58) / 100 \\ &= -18.86 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{agua}) &= C(\text{Global}) \\ &= -18.86 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 218 + 18.86 \\ &= 237 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

#### - Corrección del Peso del Agregado Global

$$\begin{aligned}\text{Peso de agregado global} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 1654 \cdot (1 + 0.44 / 100) \\ &= 1685 \text{ Kg}\end{aligned}$$

8. Se proporciona el diseño de mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.8.

### 3.4.7 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACION AGUA/CEMENTO $a/c = 0.70$

#### Procedimiento de Diseño

- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1. Asentamiento                | : Slump de 3" a 4" |
| 2. Tamaño Máximo Nominal       | : 1 1/2"           |
| 3. Agua Neta de Mezclado       | : 217 Lt           |
| Aire atrapado                  | : 1.5%             |
| 4. Relación Agua/Cemento (a/c) | : 0.70             |
| 5. Cemento = Agua/(a/c)        | : 310 Kg.          |

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

6. Obtención del volumen del Agregado Global por medio de la diferencia de volúmenes absolutos.

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	310	3110	0.0997
Agua	217	1000	0.2170
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3317

$$\text{Vol. Agregado Global} = 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3317 = 0.6683 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Agregado global} = 0.6683 \text{ m}^3$$

Conocido el volumen del agregado global se calcula el peso seco del mismo.

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Global	0.6683	2510	1677

7. Debido a que el agregado tiene la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, debe ajustarse el peso, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

**- Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción del agregado Global:**

Corrección Global C(Global):

$$\begin{aligned} C(\text{Global}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 1677 \cdot (0.44 - 1.58) / 100 \\ &= -19.12 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(\text{agua}) &= C(\text{Global}) \\ &= -19.12 \text{ Lt.} \end{aligned}$$

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 217 + 19.12 \\ &= 236 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

**- Corrección del Peso del Agregado Global**

$$\begin{aligned}\text{Peso de agregado global} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + CH/100) \\ &= 1677 \cdot (1 + 0.44/100) \\ &= 1685 \text{ Kg}\end{aligned}$$

8. Se proporciona el diseño de mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.9.

**3.4.8 DISEÑO DE MEZCLA PARA RELACION AGUA/CEMENTO  $a/c = 0.80$**

**Procedimiento de Diseño**

1. Asentamiento : Slump de 3" a 4"
2. Tamaño Máximo Nominal : 1 1/2"
3. Agua Neta de Mezclado : 217 Lt  
Aire atrapado : 1.5%
4. Relación Agua/Cemento (a/c) : 0.80
5. Cemento = Agua/(a/c) : 271 Kg.
6. Obtención del volumen del Agregado Global por medio de la diferencia de volúmenes absolutos.

Materiales	Peso seco (Kg)	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen seco (m <sup>3</sup> )
Cemento	271	3110	0.0872
Agua	217	1000	0.2170
Aire atrapado			0.0150
		Volumen (C+A+Aa)	0.3192

$$\begin{aligned}\text{Vol. Agregado Global} &= 1 - \text{Volumen (C+A+Aa)} = 1 - 0.3192 \\ &= 0.6808 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

Vol. Agregado global = 0.6808 m<sup>3</sup>

Conocido el volumen del agregado global se calcula el peso seco del mismo.

Agregado	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso seco (Kg)
Global	0.6808	2510	1709

7. Debido a que el agregado tiene la capacidad de absorción y no deben perjudicar a la cantidad neta de agua de mezclado, debe ajustarse el peso, para las condiciones húmedas o de obra por 1 m<sup>3</sup>.

**- Corrección del agua C(agua), por el Contenido de Humedad y la absorción del agregado Global:**

Corrección Global C(Global):

$$\begin{aligned}C(\text{Global}) &= \text{peso seco} \cdot (\text{CH} - \text{Abs}) / 100 \\ &= 1709 \cdot (0.44 - 1.58) / 100 \\ &= -19.48 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C(\text{agua}) &= C(\text{Global}) \\ &= -19.48 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agua neta de mezclado} &= 217 + 19.48 \\ &= 236 \text{ Lt.}\end{aligned}$$

**- Corrección del Peso del Agregado Global**

$$\begin{aligned}\text{Peso de agregado global} &= \text{Peso seco} \cdot (1 + \text{CH} / 100) \\ &= 1709 \cdot (1 + 0.44 / 100) \\ &= 1716 \text{ Kg}\end{aligned}$$

8. Se proporciona el diseño de mezcla para una tanda de 74 Kg. de concreto por ser la capacidad máxima a utilizar en la mezcladora. El proporcionamiento se muestra en el cuadro N° 3.9.

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

CUADRO Nº 3.6

DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO NORMAL

DESCRIPCIÓN	
<b>Materiales</b> Cemento : Sol Tipo I Agregado : Hormigón Clasificado de Río T.M.:2", T.N.M.: 1 1/2"	Diseño: Normal Proporción en peso (óptimo) Piedra 50% Arena 50% M.F. : 5.15

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño hum.				
0.60	Cemento	333	333	0.1072	cemento	10.73	1.00
	Agua	200	212	0.2000	agua	6.81	0.63
	Arena	875	877	0.3527	arena	28.24	2.63
	Piedra	875	877	0.3251	piedra	28.22	2.63
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2283	2299		Suma	74.00	(a/c)Ef:0.63

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.65	Cemento	303	303	0.0975	cemento	9.75	1.00
	Agua	197	209	0.1970	agua	6.72	0.69
	Arena	891	894	0.3593	arena	28.77	2.95
	Piedra	891	893	0.3312	piedra	28.76	2.95
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2282	2299		Suma	74.00	(a/c)Ef:0.69

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

CUADRO N° 3.7

DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO NORMAL

DESCRIPCIÓN	
<b>Materiales</b> Cemento : Sol Tipo I Agregado : Hormigón Clasificado de Río T.M.:2", T.N.M.: 1 1/2"	Diseño: Normal Proporción en peso (óptimo) Piedra 50% Arena 50% M.F. : 5.15

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.70	Cemento	280	280	0.0900	cemento	9.02	1.00
	Agua	196	208	0.1960	agua	6.70	0.74
	Arena	902	905	0.3637	arena	29.15	3.23
	Piedra	902	904	0.3353	piedra	29.13	3.23
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2280	2297		Suma	74.00	(a/c)Ef.0.74

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.80	Cemento	244	244	0.0784	cemento	7.87	1.00
	Agua	195	207	0.1950	agua	6.68	0.85
	Arena	918	921	0.3703	arena	29.73	3.78
	Piedra	918	921	0.3414	piedra	29.72	3.78
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2275	2293		Suma	74.00	(a/c)Ef.0.85



CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

CUADRO Nº 3.8

DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO GLOBAL DE RÍO

DESCRIPCIÓN	
Materiales Cemento : Sol Tipo I Agregado : Hormigón Clasificado de Río T.M.:2", T.N.M.: 1 1/2"	Diseño: Global de río Proporción en peso Piedra (43%) Arena (57%) M.F. : 4.73

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.60	Cemento	363	363	0.1168	Cemento	12.01	1.00
	Agua	218	237	0.2180	Agua	7.82	0.65
	Hormigón	1632	1639	0.6502	Hormigón	54.17	4.51
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2213	2239		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.65

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.65	Cemento	335	335	0.1078	Cemento	11.11	1.00
	Agua	218	237	0.2180	Agua	7.85	0.71
	Hormigón	1654	1662	0.6592	Hormigón	55.04	4.95
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2208	2234		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.71

**CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA**

[CUADRO N° 3.8]

**DISEÑO DE MEZCLA**

**DISEÑO GLOBAL DE RÍO**

DESCRIPCIÓN	
<b>Materiales</b> Cemento : Sol Tipo I Agregado : Hormigón Clasificado de Río T.M.:2", T.N.M.: 1 1/2"	Diseño: Global de río Proporción en peso Piedra (43%) Arena (57%) M.F. : 4.73

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.60	Cemento	363	363	0.1168	Cemento	12.01	1.00
	Agua	218	237	0.2180	Agua	7.82	0.65
	Hormigón	1632	1639	0.6502	Hormigón	54.17	4.51
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2213	2239		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.65

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.65	Cemento	335	335	0.1078	Cemento	11.11	1.00
	Agua	218	237	0.2180	Agua	7.85	0.71
	Hormigón	1654	1662	0.6592	Hormigón	55.04	4.95
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2208	2234		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.71

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLA

[CUADRO Nº 3.9]

**DISEÑO DE MEZCLA**

**DISEÑO GLOBAL DE RÍO**

DESCRIPCIÓN	
<b>Materiales</b> Cemento : Sol Tipo I Agregado : Hormigón Clasificado de Río T.M.:2", T.N.M.: 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	Diseño: Global Proporción en peso Piedra (43%) Arena (57%) M.F. : 4.73

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.70	Cemento	310	310	0.0997	Cemento	10.28	1.00
	Agua	217	236	0.2170	Agua	7.83	0.76
	Hormigón	1677	1685	0.6683	Hormigón	55.89	5.44
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2204	2231		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.76

Relación (a/c)	Material	Dosificación por M <sup>3</sup> de Concreto		Volumen por 1 M <sup>3</sup>	Tanda de 74 Kg.		Proporción en peso Húmedo
		Pesos (Kg/m <sup>3</sup> )					
		Diseño seco	Diseño húm.				
0.80	Cemento	271	271	0.0872	Cemento	9.03	1.00
	Agua	217	236	0.2170	Agua	7.87	0.87
	Hormigón	1709	1716	0.6808	Hormigón	57.11	6.33
	Aire (1.5%)			0.0150			
	Suma	2197	2224		Suma	74.00	(a/c)Ef. 0.87

## **CAPITULO IV.**

### **PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO**

## PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO

### 4.1 MÉTODOS DE CURADO.

Básicamente existen tres sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto:

- Curado con agua.
- Uso de materiales sellantes o de compuestos curadores líquidos.
- Curado a vapor.

#### 4.1.1 Curado con Agua

Se contempla varios procedimientos.

- a. **Por Inmersión:** Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.
- b. **Mediante el empleo de rociadores o fumigadoras:** Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de la intermitencia que puede conducir a un curado deficiente.
- c. **Coberturas húmedas:** Estos tejidos como el yute, mantiene la humedad en superficies tanto verticales como horizontales, pero deben ser humedecidos periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene el nivel de humedad el curado es deficiente.
- d. **Curado con arena, tierra o aserrín:** Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; es muy útil cuando se presentan vientos muy fuertes. Tiene, además de los inconvenientes de los tejidos como el yute, el problema de que puede manchar el concreto o deteriorarlo como sucede con aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico.

#### 4.1.2 Materiales Sellantes

se incluye dentro de esta categoría las láminas y los compuestos curadores líquidos que forman membrana, a continuación se describen algunos:

- a. **Películas de plástico:** Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm.
- b. **Papel impermeable:** Su uso es similar al de las películas de plástico. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura para que sobresalga de las mismas; además debe tener algún elemento que evite el desplazamiento por efecto del viento.
- c. **Compuesto de curado:** Los compuestos de líquido de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C309-81. Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de compuestos de curado se pueden citar: cera, resinas, caucho clorado y disolventes. El diseño debe ser de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados, y no debe reaccionar con la pasta de cemento.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo ..) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares; además el pigmento hace visible el compuesto al aplicar, facilitándole el control de cubrimiento.

#### 4.1.3 Curado a vapor

El curado a vapor puede ser usado con ventaja cuando es importante ganar resistencia inicial en el concreto o cuando se requiere de calor adicional para completar la hidratación, como para concretos en climas fríos.

Actualmente se usan dos métodos de curado a vapor para ganar resistencia inicial en el concreto: **curado a vapor a la presión atmosférica** (para estructuras vaciadas en sitio o unidades de concreto prefabricadas) y **curado a vapor en autoclaves a altas temperaturas** (para pequeñas unidades prefabricadas)

#### *CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO*

Un ciclo de curado a vapor consiste de: (1) una demora inicial previa al vapor; (2) un periodo de incremento de temperatura; (3) un periodo de mantenimiento de la temperatura máxima constante; y (4) un periodo de crecimiento de temperatura.

El curado a vapor a la presión atmosférica se hace en una cámara a vapor u otro cerramiento para minimizar las pérdidas de calor y humedad. La aplicación del vapor dentro del cerramiento debe ser demorado al menos dos horas después de la colocación final del concreto para permitir algún endurecimiento del concreto recientemente colocado. Sin embargo, un periodo de demora de 4 a 5 horas previo al vapor, alcanzará la máxima resistencia inicial. Las temperaturas de vapor máximas arriba de 80 °C deben ser evitadas, ellas son antieconómicas y pueden resultar en una indebida reducción de la resistencia última.

Las velocidades excesivas en el incremento o decremento de temperatura durante el curado a vapor deben ser evitadas para prevenir cambios de volumen que dañen al concreto. Las temperaturas en los cerramientos que rodean al concreto no deben ser aumentadas ni disminuidas mas de 22 °C/hora.

**Resumen.** El método utilizado para el curado del concreto fin de nuestra investigación es el de inmersión durante 07, 14 y 28 días, pues el objetivo es determinar el comportamiento del concreto endurecido fabricado con agregado global de río (diseño GLOBAL DE RÍO) y comparar los resultados obtenidos con el concreto patrón (diseño NORMAL) fabricado con agregados de manera separada.

El agua empleado para el curado del concreto endurecido, es agua potable de las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, UNI; que pertenece a la red del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Lima (SEDAPAL).

## **CAPITULO V.**

# **PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**



## PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Todos los procedimientos y ensayos se realizan de acuerdo a lo establecido por las normas ASTM y NTP, para ensayos en concretos en estado fresco.

En nuestra investigación se realizan ensayos para concretos fabricados en base al diseño NORMAL y para los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO; ambos concretos son fabricados con hormigón clasificado de río.

### 5.1 CONSISTENCIA (N.T.P. 339.035)

El método empleado para la determinación del asentamiento, es conocido como método del cono de asentamiento, método del cono de Abrams, o método de Slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento medido en pulgadas o milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección troncocónica.

### 5.2 PORCENTAJE DE FLUJO (N.T.P 339.085)

El porcentaje de flujo es uno de los métodos usados para la determinación de un índice de consistencia del concreto fresco.

Este ensayo se realiza en la denominada "Mesa de Flujo", en la que se determina el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de masa de concreto fresco, sometido a sacudidas sucesivas.

El índice de consistencia se determina calculando el tanto por ciento del aumento del diámetro, expresado en cm, de la base inferior del tronco de cono.

### 5.3 PESO UNITARIO (N. T. P. 339.046)

El peso unitario es el peso de concreto fresco por unidad de volumen y se expresa en kg / m<sup>3</sup>. Este valor es bastante importante ya que se emplea para comprobar el rendimiento de la mezcla, el contenido del aire, el contenido del cemento y su grado de compactación.

#### **5. 4 TIEMPO DE FRAGUADO ( N.T.P. 339.082)**

Consiste en determinar la velocidad de endurecimiento que experimenta una muestra de concreto fresco.

Este ensayo se realiza mediante la penetración de unas agujas metálicas de diferente diámetro sobre una muestra de concreto que a sido previamente tamizado por la malla N° 4 ( 4.76 mm ). Se miden las cargas de penetración aplicadas y se hacen un registro de ellas. Se considera que la fragua inicial se produce cuando la presión de penetración es de 500 Lb/Pul<sup>2</sup> y la fragua final cuando la presión de penetración es de 4000 Lb/Pulg<sup>2</sup>.

#### **5. 5 EXUDACIÓN (N.T.P. 339.077)**

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

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

El resultado del ensayo determina la cantidad de agua extraída amasado que es exudada en una muestra de concreto fresco. La exudación se puede expresar por unidad de área o por porcentaje.

#### **5. 6 CONTENIDO DE AIRE (N.T.P. 339.046)**

El aire se encuentra presente en el concreto de dos formas: como aire atrapado o aire natural y puede encontrarse en la mezcla debido a que a sido incorporado intencionalmente a ella, en cuyo caso se le conoce como aire incorporado.

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación, de la granulometría y el tamaño máximo del agregado.

## CAPÍTULO V: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El presente ensayo tiene por finalidad determinar el contenido de aire de la mezcla de concreto por ser este uno de los índices que permite evaluar la calidad del concreto.

La presencia del aire en la mezcla tiende a reducir la resistencia del concreto por el incremento de la porosidad del mismo.

Ello se aprecia especialmente en mezclas ricas, en las que la reducción en la resistencia puede llegar a ser hasta del 5% de cada 1% de aire incorporado.

Para determinar el contenido de aire del concreto fresco en la presente investigación se usa el método de ensayo Gravimétrico establecido según la Norma Técnica Peruana 339.046.

Para ello se necesita conocer el peso unitario del concreto fresco, los pesos de los componentes de la mezcla en la condición en que se usan y la suma de los volúmenes absolutos de cada componente de la mezcla en M<sup>3</sup>.

La fórmula a usarse es la siguiente:

$$\%A = \left( \frac{P_{un} - P_u}{P_{un}} \right) \times 100$$

Donde:

%A = Contenido total de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto fresco

P<sub>un</sub> = Peso unitario nominal del concreto fresco en Kg/m<sup>3</sup>

P<sub>u</sub> = Peso unitario que resulta de sumar la columna “peso húmedo” del cuadro de diseño de mezcla correspondiente, en donde se considera el peso de los materiales en un metro cúbico de concreto, en lo cual no está incluido el aire.

CAPÍTULO V: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

[CUADRO N° 5.1]

**PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

[CUADRO RESUMEN]

RELACIÓN (a/c)	DISEÑO	ASENTAMIENTO (Pulg)	PORCENTAJE DE FLUJO (%)	PESO UNITARIO (Kg/m <sup>3</sup> )	TIEMPO DE FRAGUADO		EXUDACIÓN (%)	AIRE ATRAPADO (%)
					FRAGUADO INICIAL	FRAGUADO FINAL		
0.60	Normal	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	109.5	2313.11	06 <sup>h</sup> 22 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 26 <sup>min</sup>	7.80	0.61
	Global de río	4"	118.5	2277.80	05 <sup>h</sup> 55 <sup>min</sup>	08 <sup>h</sup> 08 <sup>min</sup>	4.44	1.70
0.65	Normal	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	106.0	2327.24	06 <sup>h</sup> 06 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 00 <sup>min</sup>	6.53	1.21
	Global de río	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	110.0	2298.99	06 <sup>h</sup> 16 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 36 <sup>min</sup>	4.54	2.83
0.70	Normal	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	117.0	2330.77	06 <sup>h</sup> 12 <sup>min</sup>	08 <sup>h</sup> 51 <sup>min</sup>	7.97	1.45
	Global de río	4"	120.0	2320.18	06 <sup>h</sup> 05 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 05 <sup>min</sup>	4.68	3.84
0.80	Normal	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	95.0	2316.64	06 <sup>h</sup> 07 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 06 <sup>min</sup>	8.06	1.02
	Global de río	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	98.2	2306.05	05 <sup>h</sup> 51 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 00 <sup>min</sup>	3.56	3.60

DESCRIPCIÓN	
Agregado : Hormigón clasificado de río	
Diseño	
Normal	Global de río
Proporción de agregados en peso	
Piedra (50%)	Piedra (44%)
Arena (50%)	Arena (56%)
T.M.: 2"	T.M.N.: 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
M.F. : 5.15	T.M.: 2", T.M.N.: 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " M.F. : 4.73

TESIS: USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL

## **CAPITULO VI.**

# **PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

## PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Todos los procedimientos y ensayos se realizan de acuerdo a las establecidas por las normas ASTM y NTP, para ensayos en concretos en estado endurecido.

### 6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (N.T.P 339.034)

Para los ensayos se utilizan unas probetas moldeadas con el concreto fresco, de 15 cm. de diámetro y 30 cm de altura, curadas en este caso por el método de inmersión hasta los 7, 14, y 28 días además refrentados, las cuales son sometidos a compresión mediante una máquina hidráulica.

La resistencia a compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$R_c = \frac{4 \times G}{\pi \times D^2}$$

Donde :

R<sub>c</sub>: Es la resistencia de rotura a la compresión, en Kg/cm<sup>2</sup>

G: Es la carga máxima en rotura (Kg)

D: Es el diámetro de la probeta, en centímetros.

### 6.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (N.T.P. 339.084)

En el presente ensayo se determina indirectamente la resistencia a la tracción del concreto por medio de una compresión diametral a la que se le suele llamar también tracción indirecta. En nuestra investigación, se somete a esta prueba las probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, endurecidas y curadas a los 28 días.

Para la realización de esta prueba, se emplean probetas fabricadas y tratadas similarmente a los que se utilizan en el ensayo de compresión,

excepto que estos no requieren el refrentado ya que la zona de contacto para la aplicación de la carga es a lo largo de todo el espécimen.

El esfuerzo de tracción indirecta del cilindro, se calcula haciendo uso de la siguiente expresión.

$$T = \frac{2xP}{\pi xLxD}$$

Donde:

T : Esfuerzo de tracción indirecta en ( Kg/cm<sup>2</sup>)

P : Carga máxima indicada por la máquina de ensayo, en (Kg)

L : Longitud del cilindro en cm.

D : Diámetro del cilindro en cm. (diámetro promedio)

### 6.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (NORMA ASTM C469-65)

Para obtener el módulo elástico, es necesario fijar dos puntos en la curva Esfuerzo-Deformación:

- 1) El punto correspondiente a una deformación unitaria de  $0.5 \times 10^{-4}$ , obteniendo su respectivo esfuerzo.
- 2) El punto que corresponde al 40% de la resistencia a la compresión, obteniendo su deformación

la fórmula a usarse es:

$$E_c = \frac{(E_2 - E_1)}{(D_2 - 0.5 * 10^{-4})}$$

Donde:

$E_c$  = Módulo elástico ( Kg/cm<sup>2</sup>)

$E_2$  = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última ( kg/cm<sup>2</sup>)

$E_1$  = Esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de  $0.5 \times 10^{-4}$

$D_2$  = Deformación unitaria correspondiente al 40 % de la carga última.

Se sigue el procedimiento descrito en la norma ASTM C469 - 65; para nuestro caso se ensayan probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura curadas a los 28 días, los cuales previos al ensayo han sido refrentados.

CAPÍTULO VI: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

[CUADRO Nº 6.1]

**PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

[CUADRO RESUMEN]

Edad (Días)	Relación a/c	Diseño	Resistencia a la Compresión F'c (Kg/cm2)	Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral F't (Kg/cm2)	Módulo de Elasticidad Estático (kg/cm2)
28	0.6	Normal	303	28.00	344,415.91
		Global de río	289	31.00	268,104.51
	0.65	Normal	294	28.00	299,666.27
		Global de río	286	30.00	362,214.30
	0.7	Normal	261	26.00	261,703.98
		Global de río	266	30.00	255,815.40
	0.8	Normal	243	27.00	-
		Global de río	222	22.00	-

DESCRIPCIÓN	
Agregado : Hormigón clasificado de río	
Diseño	
Normal	Global de río
Proporción de agregados en peso	
Piedra (50%)	Piedra (44%)
Arena (50%)	Arena (56%)
T.M.: 2", T.M.N.: 1 1/2"	T.M.: 2", T.M.N.: 1 1/2"
M.F. : 5.15	M.F. : 4.73



## **CAPITULO VII.**

### **CUADROS DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y GRÁFICOS**

## CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

La presente tesis estudia las características y propiedades del concreto fabricado con hormigón de río, bajo el título **“Uso del Hormigón Clasificado de Río en la Fabricación del Concreto de Mediana a Baja Resistencia y su Explotación como Agregado Global”**, usando el hormigón clasificado con un tamaño máximo de 2”.

Del Hormigón clasificado de río; se ha realizado el estudio granulométrico de los agregados, por un lado clasificando el grueso y fino por la malla de corte de 1/4” y otro, del hormigón de río global natural, con el objeto de comparar las diferentes características y propiedades del concreto fabricado en base a estos dos tipos de agregado. Además se ha realizado ensayos para determinar el Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Compactado, Peso específico, Absorción, Contenido de humedad, Abrasión y Material más fino que la malla N° 200.

Del concreto fresco, se ha realizado los siguientes ensayos:

- Consistencia – Asentamiento.
- Porcentaje de Flujo (Mesa de flujo)
- Peso Unitario
- Tiempo de fraguado
- Exudación
- Contenido de Aire.

Del concreto Endurecido; se realiza los siguientes ensayos:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral
- Módulo de Elasticidad Estático.

El objetivo del presente trabajo, es investigar para determinar las diferentes características y propiedades del concreto fabricado con hormigón de río, primero; haciendo la clasificación del agregado en gruesos y finos y **optimizando** el uso de estos en proporciones de piedra/arena en peso,

## CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

mediante el método de diseño del Peso Unitario Compactado Global (PUC) y eficiencia del concreto a los 7 días; y comparar estos resultados con otro concreto fabricado con el mismo hormigón pero utilizando el **agregado global natural**; en ambos casos el Tamaño Máximo es de 2”.

Para hacer las comparaciones de los concretos fabricados con hormigón de río, se realiza dos tipos de diseño:

- Diseño **NORMAL**, es aquel donde el empleo del agregado se hace separando y clasificando el fino y el grueso en la malla de 1/4”,, optimizando las proporciones de su participación y buscando la mayor eficiencia del concreto. La proporción óptima y de mayor eficiencia del concreto se determinó en la relación en peso de piedra/arena 0.50/0.50
- Diseño **GLOBAL DE RÍO**, en este diseño se emplea el hormigón de río en su estado natural. En el análisis granulométrico realizado se determina que en el tamiz 1/4” el material retenido acumulado es de 44%.

Se ha fabricado concretos con ambos diseños, para cuatro relaciones de agua/cemento: 0.60, 0.65, 0.70 y 0.80.

El cemento empleado es Cemento Pórtland Tipo I -SOL y el agua utilizado para la fabricación y curado del concreto es agua potable de las instalaciones del LEM de la UNI.

### 7.1 CUADROS DE RESULTADOS Y GRÁFICOS

A continuación presentamos los cuadros de resultados y gráficos de los ensayos realizados en la presente tesis de investigación.

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

[CUADRO N° 7.1]

**ASENTAMIENTO – CONSISTENCIA**

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

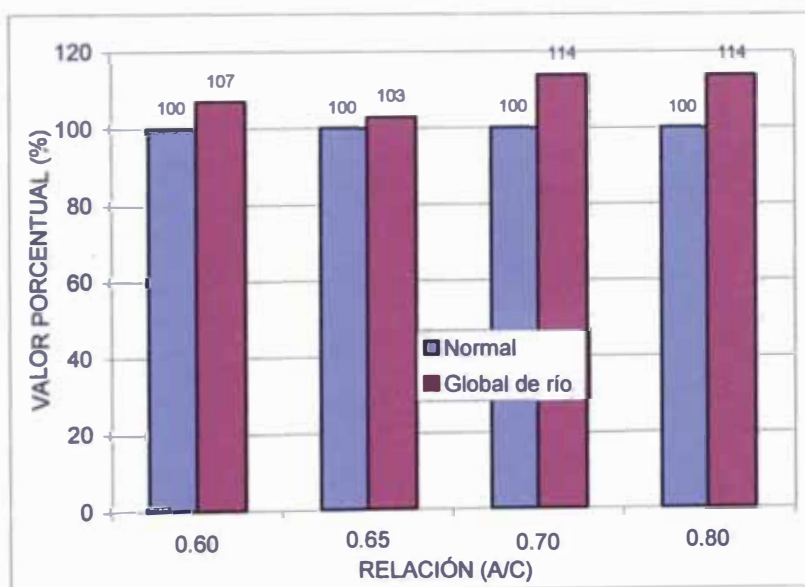
RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	ASENTAMIENTO (Pulg )	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
			VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
0.60	Normal	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	100	7
	Global de río	4"	107	
0.65	Normal	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	100	3
	Global de río	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> "	103	
0.70	Normal	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	100	14
	Global de río	4"	114	
0.80	Normal	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	100	14
	Global de río	4"	114	

ASENTAMIENTO - CONSISTENCIA				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	107	103	114	114

[GRÁFICO N° 7.4]

**ASENTAMIENTO – CONSISTENCIA**

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



**Descripción:**

- Cemento : Portland tipo I – Sol
- Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino
- Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

CUADRO N° 7.2

PORCENTAJE DE FLUJO (MESA DE FLUJO)

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

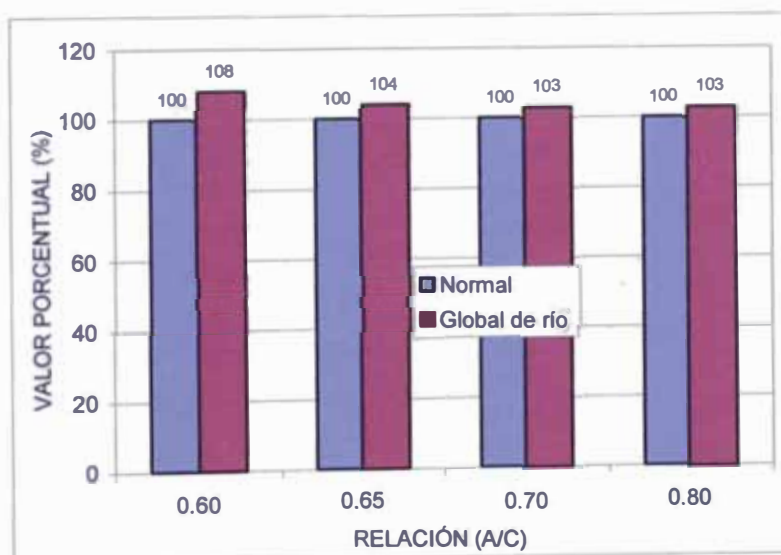
RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	PORCENTAJE DE FLUJO (%)	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
			VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
0.60	Normal	109.5	100	8
	Global de río	118.5	108	
0.65	Normal	106.0	100	4
	Global de río	110.0	104	
0.70	Normal	117.0	100	3
	Global de río	120.0	103	
0.80	Normal	95.0	100	3
	Global de río	98.2	103	

PORCENTAJE DE FLUJO				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
	VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	108	104	103	103

GRÁFICO N° 7.5

PORCENTAJE DE FLUJO (MESA DE FLUJO)

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



Descripción:

- Cemento : Portland tipo I – Sol
- Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino
- Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

CUADRO N° 7.3

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

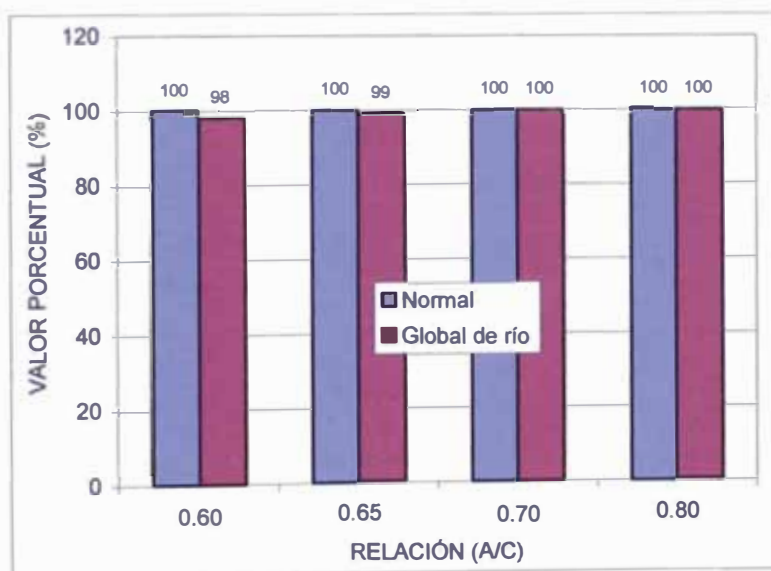
RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	PESO UNITARIO (KG/M <sup>3</sup> )	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
			VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
0.60	Normal	2313.11	100	- 2
	Global de río	2277.80	98	
0.65	Normal	2327.24	100	- 1
	Global de río	2298.99	99	
0.70	Normal	2330.77	100	0
	Global de río	2320.18	100	
0.80	Normal	2316.64	100	0
	Global de río	2306.05	100	

DISEÑO	PESO UNITARIO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	98	99	100	100

GRÁFICO N° 7.6

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



Descripción:

- Cemento : Portland tipo I – Sol
- Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino
- Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

CUADRO N° 7.4

TIEMPO DE FRAGUADO

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	TIEMPO DE FRAGUADO		REPRESENTACIÓN PORCENTUAL			
		INICIAL (H:M)	FINAL (H:M)	FRAGUA INICIAL		FRAGUA FINAL	
				VALOR (%)	VAR. (%)	VALOR (%)	VAR. (%)
0.60	Normal	06 <sup>h</sup> 22 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 26 <sup>min</sup>	100	- 7	100	- 14
	Global de río	05 <sup>h</sup> 55 <sup>min</sup>	08 <sup>h</sup> 08 <sup>min</sup>	93		86	
0.65	Normal	06 <sup>h</sup> 06 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 00 <sup>min</sup>	100	3	100	7
	Global de río	06 <sup>h</sup> 16 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 36 <sup>min</sup>	103		107	
0.70	Normal	06 <sup>h</sup> 12 <sup>min</sup>	08 <sup>h</sup> 51 <sup>min</sup>	100	- 2	100	3
	Global de río	06 <sup>h</sup> 05 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 05 <sup>min</sup>	98		103	
0.80	Normal	06 <sup>h</sup> 07 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 06 <sup>min</sup>	100	- 4	100	- 1
	Global de río	05 <sup>h</sup> 51 <sup>min</sup>	09 <sup>h</sup> 00 <sup>min</sup>	96		99	

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	93	103	98	96

TIEMPO DE FRAGUADO FINAL				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	86	107	103	99

**Descripción:**

- Cemento : Portland tipo I – Sol  
 Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino  
 Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

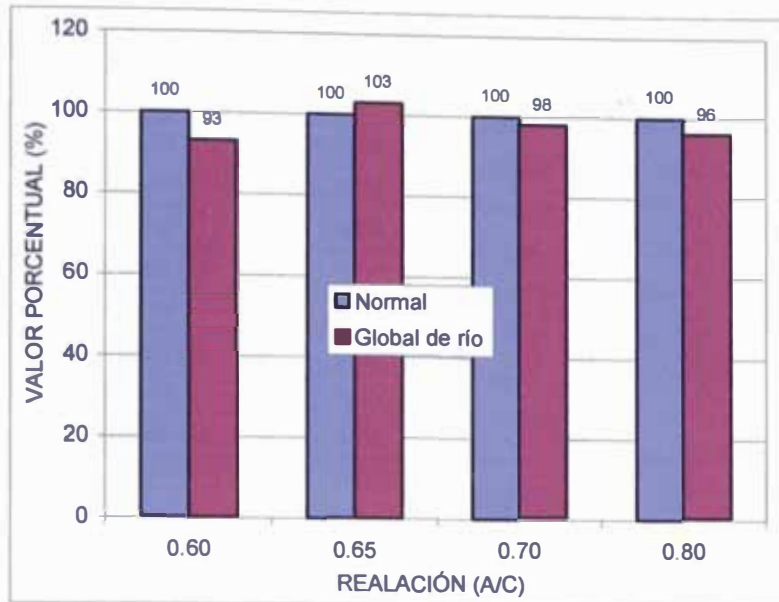
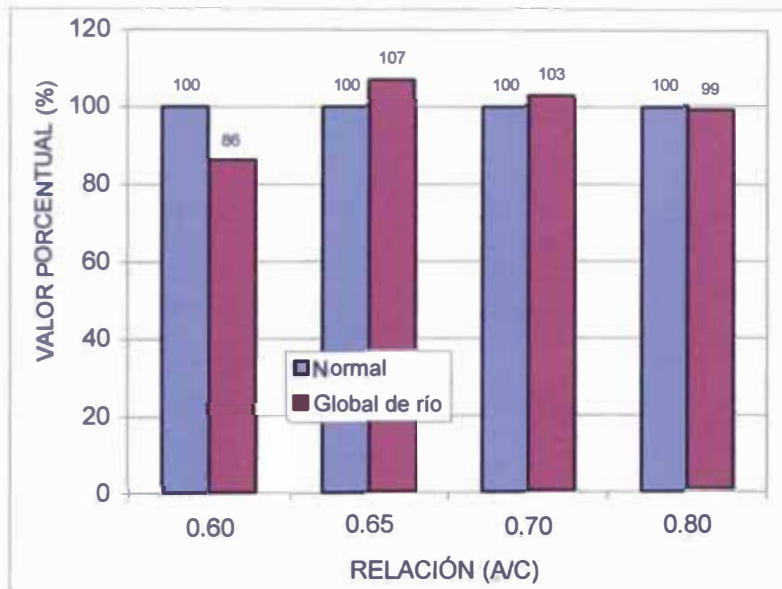


GRÁFICO N° 7.8

**TIEMPO DE FRAGUADO FINAL**

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



**Descripción:**

- Cemento : Portland tipo I – Sol
- Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino
- Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global



CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

CUADRO N° 7.5

EXUDACIÓN

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

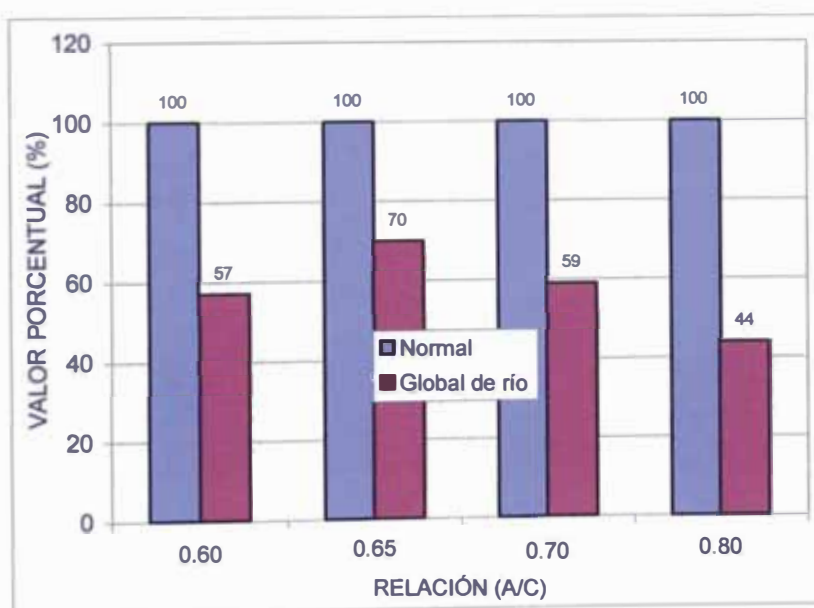
RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	EXUDACIÓN (%)	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
			VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
0.60	Normal	7.80	100	- 43
	Global de río	4.44	57	
0.65	Normal	6.53	100	- 30
	Global de río	4.54	70	
0.70	Normal	7.97	100	- 41
	Global de río	4.68	59	
0.80	Normal	8.06	100	- 56
	Global de río	3.56	44	

EXUDACIÓN				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	57	70	59	44

GRÁFICO N° 7.9

EXUDACIÓN

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



Descripción:

Cemento : Portland tipo I – Sol  
 Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global  
 CUADRO N° 7.

**CONTENIDO DE AIRE**

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

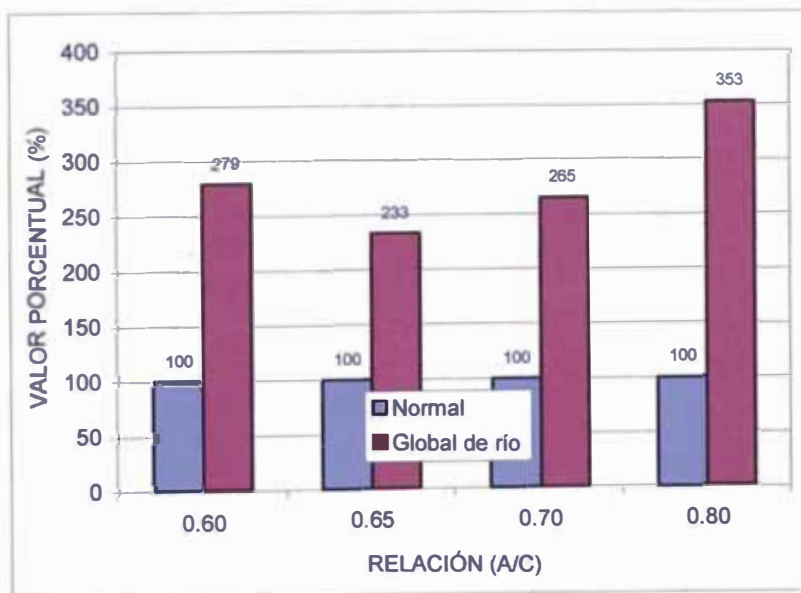
RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	AIRE ATRAPADO (%)	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
			VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
0.60	Normal	0.61	100	179
	Global de río	1.70	279	
0.65	Normal	1.21	100	133
	Global de río	2.83	233	
0.70	Normal	1.45	100	165
	Global de río	3.84	265	
0.80	Normal	1.02	100	253
	Global de río	3.60	353	

AIRE ATRAPADO				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	279	233	265	353

GRÁFICO N° 7.10

**CONTENIDO DE AIRE**

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

[CUADRO Nº 7.7]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

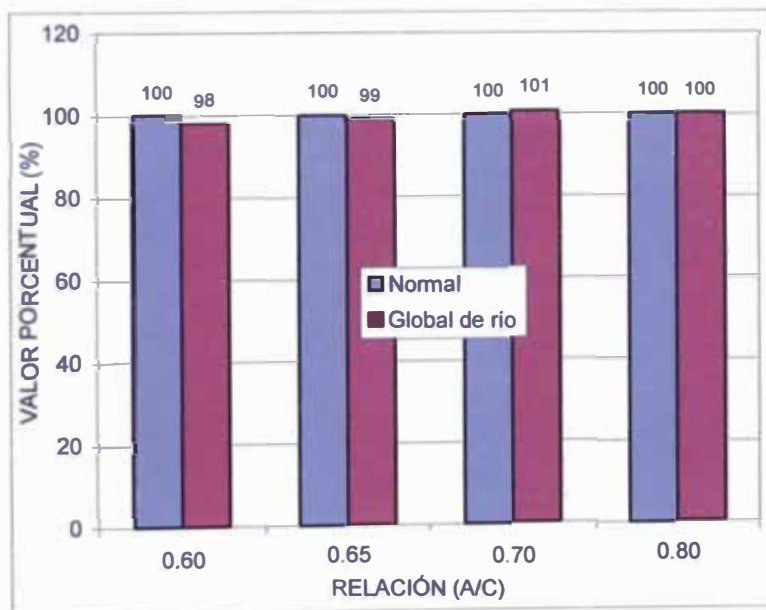
EDAD (DÍAS)	RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	RESISTENCIA F'c (KG/CM2)	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
				VALOR (%)	VAR. (%)
28	0.6	Normal	303	100	- 5
		Global de río	289	95	
	0.65	Normal	294	100	- 3
		Global de río	286	97	
	0.7	Normal	261	100	2
		Global de río	266	102	
	0.8	Normal	243	100	- 9
		Global de río	222	91	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	95	97	102	91

[GRÁFICO Nº 7.11]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL  
(EDAD: 28 DÍAS)



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

TESIS : USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL.

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

[CUADRO N° 7.8]

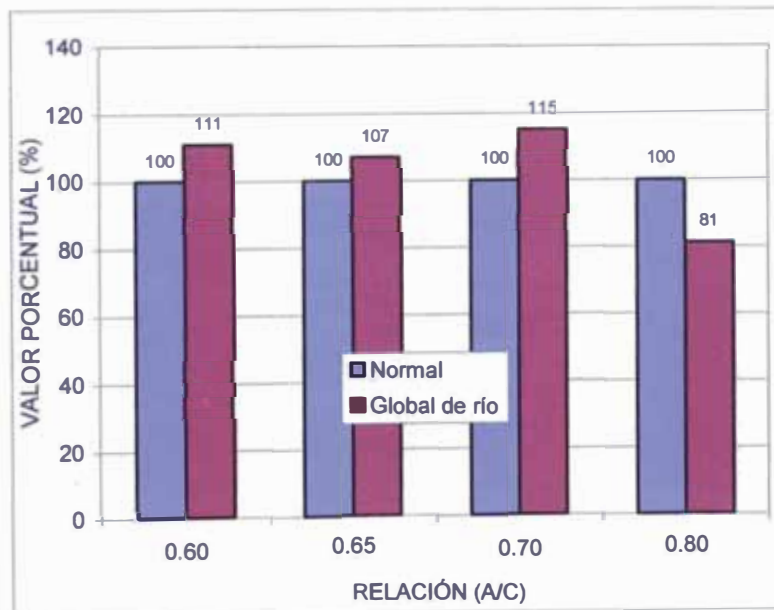
**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL  
VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL**

EDAD (DÍAS)	RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN F'T. (KG/CM <sup>2</sup> )	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
				VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
28	0.6	Normal	28.00	100	11.00
		Global de río	31.00	111	
	0.65	Normal	28.00	100	7.00
		Global de río	30.00	107	
	0.7	Normal	26.00	100	15.00
		Global de río	30.00	115	
	0.8	Normal	27.00	100	-19.00
		Global de río	22.00	81	

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	111	107	115	81

[GRÁFICO N° 7.12]

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL  
VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL  
(EDAD: 28 DÍAS)**



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

TESIS : USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL.

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

**CUADRO N° 7.9**

**MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO**

VALORES Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

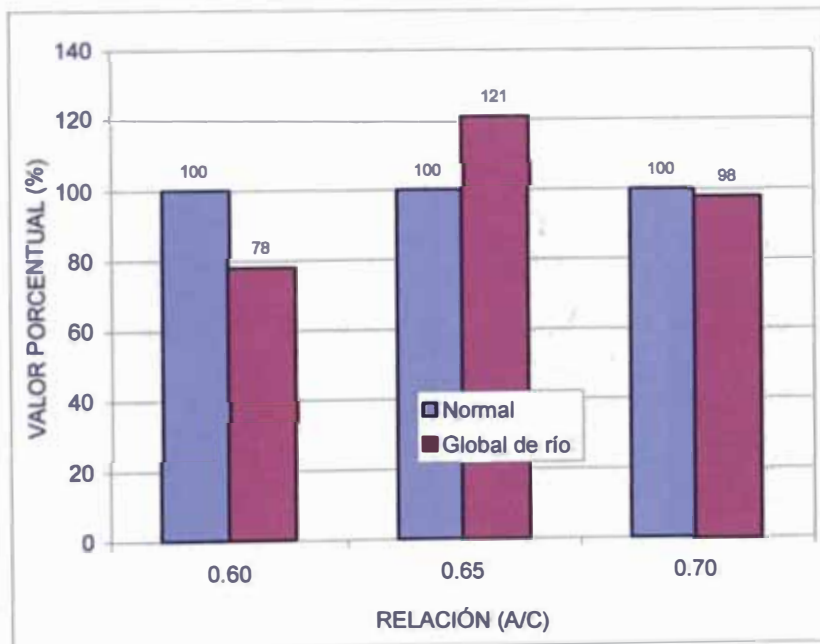
EDAD (DÍAS)	RELACIÓN (A/C)	DISEÑO	MÓDULO ELÁSTICO (KG/CM <sup>2</sup> )	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL	
				VALOR (%)	VARIACIÓN (%)
28	0.60	Normal	344,415.91	100	- 22
		Global de río	268,104.51	78	
	0.65	Normal	299,666.27	100	21
		Global de río	362,214.30	121	
	0.70	Normal	261,703.98	100	- 2
		Global de río	255,815.40	98	

MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO			
RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO	0.60	0.65	0.70
	VALOR PORCENTUAL (%)		
Normal	100	100	100
Global de río	78	121	98

**GRÁFICO N° 7.13**

**MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO**

VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL  
(EDAD: 28 DÍAS)



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

[CUADRO N° 7.10]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VALORES ALCANZADOS DE ACUERDO A LA EDAD  
(DISEÑO: NORMAL)

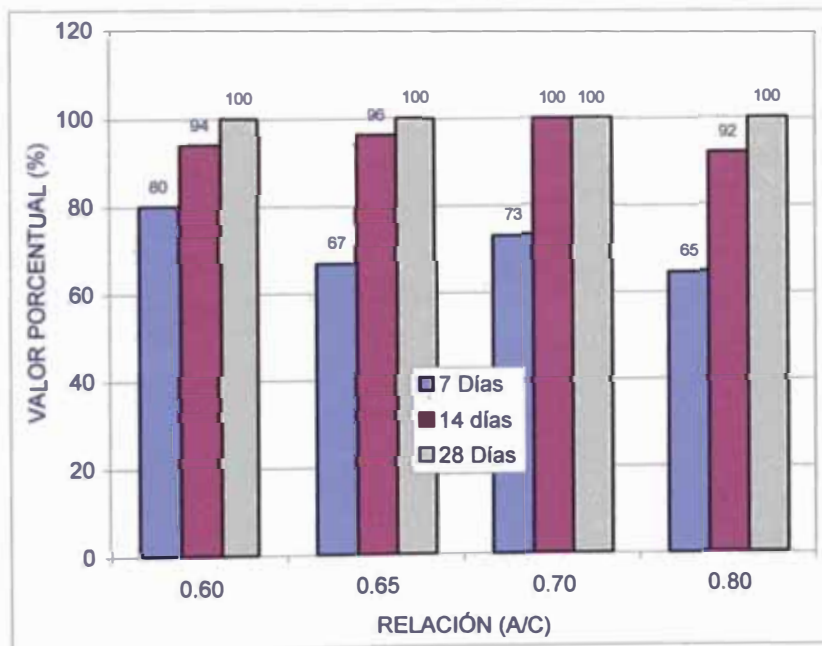
EDAD (Días)	Relación Agua/Cemento (A/C)							
	0.60		0.65		0.70		0.80	
	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f.c. (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f.c. (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f.c. (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f.c. (%)
7	243	80	197	67	191	73	157	65
14	285	94	283	96	261	100	224	92
28	303	100	294	100	261	100	243	100

EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	VALOR PORCENTUAL (%)			
7 Días	80	67	73	65
14 días	94	96	100	92
28 Días	100	100	100	100

[GRÁFICO N° 7.14]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ACUERDO A LA EDAD  
(DISEÑO: NORMAL)



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

TESIS : USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL.

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

[CUADRO N° 7.11]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VALORES ALCANZADOS DE ACUERDO A LA EDAD  
(DISEÑO: GLOBAL DE RÍO)

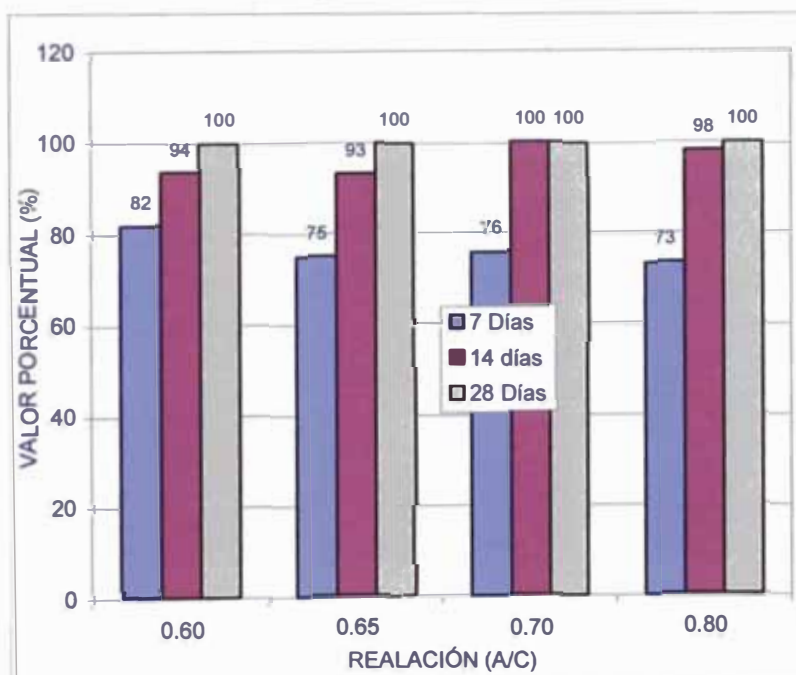
EDAD (Días)	Relación Agua / Cemento							
	0.6		0.65		0.7		0.8	
	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (%)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
7	236	82	215	75	202	76	163	73
14	270	94	267	93	266	100	218	98
28	289	100	286	100	266	100	222	100

EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.6	0.65	0.7	0.8
	VALOR PORCENTUAL (%)			
7 Días	82	75	76	73
14 días	94	93	100	98
28 Días	100	100	100	100

[GRÁFICO N° 7.15]

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ACUERDO A LA EDAD  
(DISEÑO: GLOBAL DE RÍO)



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

*TESIS : USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL.*

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

**CUADRO 7.1**

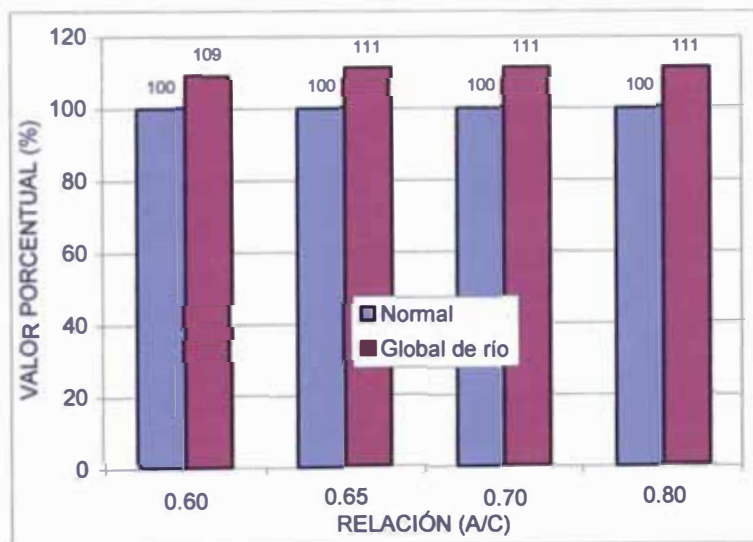
**CEMENTO UTILIZADO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO  
CANTIDAD Y VARIACIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO DE DISEÑO NORMAL**

Relación (a/c)	Diseño	Cemento por Metro Cúbico de Concreto (Kilogramos)	Representación Porcentual	
			Valor (%)	Variación (%)
0.60	Normal	333	100	9
	Global de río	363	109	
0.65	Normal	303	100	11
	Global de río	335	111	
0.70	Normal	280	100	11
	Global de río	310	111	
0.80	Normal	244	100	11
	Global de río	271	111	

CEMENTO UTILIZADO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	109	111	111	111

**GRÁFICO N° 7.16**

**CEMENTO UTILIZADO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO  
VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL**



**Descripción:**

Cemento : Portland tipo I – Sol

Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino

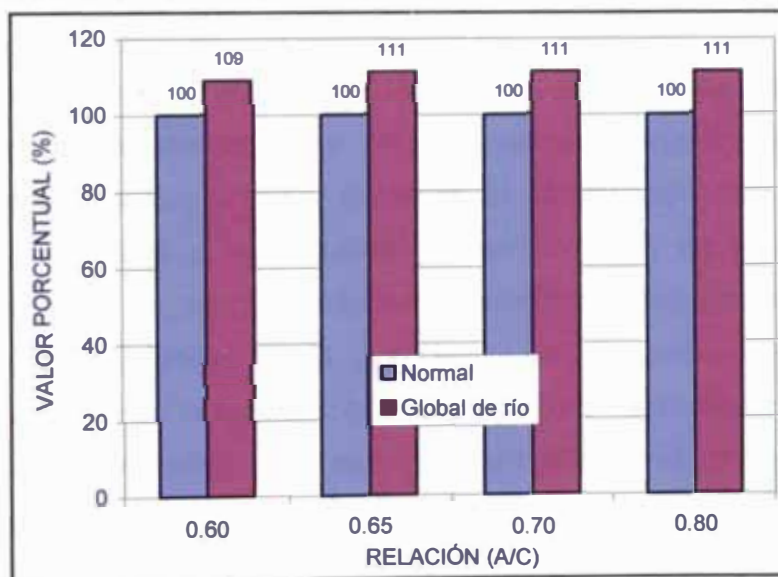


Relación (a/c)	Diseño	Agua por Metro Cúbico de concreto					
		Diseño seco			Diseño seco		
		(Lt/m3)	Obtenido (%)	Variación (%)	(Lt/m3)	Obtenido (%)	Variación (%)
0.60	Normal	200	100	9	212	100	12
	Global de río	218	109		237	112	
0.65	Normal	197	100	11	209	100	13
	Global de río	218	111		237	113	
0.70	Normal	196	100	11	208	100	14
	Global de río	217	111		236	114	
0.80	Normal	195	100	11	207	100	14
	Global de río	217	111		236	114	

AGUA UTILIZADO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO SECO)				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	109	111	111	111

GRÁFICO N° 7.17

AGUA UTILIZADO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO  
VARIACIÓN PORCENTUAL CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL



**Descripción:**

- Cemento : Portland tipo I – Sol
- Diseño Normal : Con agregado de río, separando el grueso y el fino
- Diseño Global de río : Con Agregado de río en forma global

## 7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del Hormigón clasificado de río; se ha realizado el estudio granulométrico de los agregados, por un lado clasificando el grueso y fino por la malla de corte de 1/4" y otro, del hormigón de río global natural. Además se ha realizado ensayos para determinar el Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Compactado, Peso específico, Absorción, Contenido de humedad, Abrasión y Material más fino que la malla N° 200.

Del concreto fresco, se ha realizado los siguientes ensayos:

- Consistencia – Asentamiento.
- Porcentaje de Flujo (Mesa de Flujo)
- Peso Unitario
- Tiempo de fraguado
- Exudación
- Contenido de Aire.

Del concreto Endurecido; se realiza los siguientes ensayos:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral
- Módulo de Elasticidad Estático.

El objetivo del presente trabajo, es investigar para determinar las diferentes características y propiedades del concreto fabricado con hormigón de río, primero; haciendo la clasificación del agregado en gruesos y finos y **optimizando** el uso de estos en proporciones de piedra/arena en peso, mediante el método de diseño del Peso Unitario Compactado Global (PUC) y eficiencia del concreto a los 7 días; y comparar estos resultados con otro concreto fabricado con el mismo hormigón pero utilizando el **agregado global natural**; en ambos casos el Tamaño Máximo es de 2".

Para hacer las comparaciones de los concretos fabricados con hormigón de río, se realiza dos tipos de diseño:

## *CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS*

- Diseño NORMAL, es aquel donde el empleo del agregado se hace separando y clasificando el fino y el grueso en la malla de 1/4", optimizando las proporciones de su participación y buscando la mayor eficiencia del concreto. La proporción óptima y de mayor eficiencia del concreto se determinó en la relación en peso de piedra/arena 0.50/0.50
- Diseño GLOBAL DE RÍO, en este diseño se emplea el hormigón de río en su estado natural. En el análisis granulométrico realizado, se determina que en el tamiz 1/4" el material retenido acumulado es de 44%.

Se ha fabricado concretos con ambos diseños, para cuatro relaciones de agua/cemento: 0.60, 0.65, 0.70 y 0.80.

El cemento empleado es Cemento Pórtland Tipo I -SOL y el agua utilizado para la fabricación y curado del concreto es agua potable de las instalaciones del LEM de la UNI.

A continuación, se describe el análisis realizado por capítulos:

### **CAPITULO I.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL**

El agregado global (hormigón clasificado de río) materia de nuestro estudio, es material proveniente del valle del Rímac, lecho del río del mismo nombre; Ubicado en el Km. 22 de la carretera central que pertenece al distrito de Chosica; este hormigón se recogió en su estado natural tal como se encontró en dicho lugar.

El hormigón de río recogido en su estado natural, se ha procesado realizando el tamizado por la malla de 2"; Solamente se ha trabajado con el material pasante por esta malla, el material así procesado se denomina hormigón clasificado de río, cuyo el tamaño máximo es 2".

## *CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS*

Por lo general el material de río es canto rodado ya sea totalmente redondeado, redondeado o semiredondeado, en nuestro caso el material encontrado es redondeado a semiredondeado, ya que estos provienen de deposiciones aluvionales, y posteriormente transportados por el río. El material predominante en nuestro agregado, proviene de las rocas intrusivas, como el granito, granodiorita, diorita, etc.

### **CAPITULO II.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.**

**Cemento.-** El cemento utilizado es cemento Portland Tipo I - SOL, cuyo peso específico considerado es 3110 kg/m<sup>3</sup>.

**Agregados.-** Como ya se dijo, el agregado de río, materia de nuestra investigación es de características redondeado a semiredondeado con pequeñas presencias de partículas angulosas en el agregado fino.

**Del agregado Global de río.-** Al realizar el análisis granulométrico, se determina que la curva de gradación del agregado global de río, es una curva continua con mayor presencia de finos. Esto se observa gráficamente; la curva de gradación se encuentra muy cerca entre los Husos B y C (Huso DIN 1045), saliendo del límite superior; sin embargo la tendencia continua de dicha curva nos muestra a un material cuya participación en la fabricación del concreto a de ser satisfactoria.

Así mismo se ha determinado gráficamente que la proporción del material grueso y fino del agregado global natural es alrededor de 44% de piedra y 56% de arena separada por la malla de corte de 1/4".

El módulo de finura de este material es 4.73.

Los valores del Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Compactado, Porcentaje de Absorción, Contenido de Humedad, son respectivamente: 2002.3 Kg/m<sup>3</sup>, 2125.6 Kg/m<sup>3</sup>, 1.58% y 0.44%.

El peso Especifico de masa es 2.51 g/cm<sup>3</sup>.

**Del agregado grueso.**- Es un agregado que según la clasificación de éste, se denomina material grueso, ya que su módulo de finura es mayor a 7 (M.F: 7.71). La curva de gradación del gráfico nos muestra, un agregado de granulometría continua, que se encuentra fuera del Huso 467 de los requisitos granulométricos del agregado grueso para uso en concreto.

Este material tiene retenido en la malla 1 ½" de 18.1%, el cual sobrepasa el límite recomendado por las normas, que nos indica como un máximo retenido en esta malla del 5%. El porcentaje de material fino pasante la Malla N° 200, es del 0.16%, el cual no es perjudicial para la fabricación del concreto, siendo permitido hasta el 1%.

El módulo de finura de este material es 7.71.

Los valores del Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Compactado, Porcentaje de Absorción, Contenido de Humedad, son respectivamente: 1665.5 Kg/m<sup>3</sup>, 1809.9 Kg/m<sup>3</sup>, 0.84% y 0.27%.

El peso Específico de masa es 2.69 g/cm<sup>3</sup>.

La textura superficial es de suave a liso, con una bajísima porosidad, y poca absorción.

**Del agregado fino.**-Es una arena que según su clasificación se denomina fina, ya que su módulo de finura es 2.58 menor que 3, este material se encuentra dentro de los límites del Huso granulométrico recomendado para la fabricación de concretos, además su módulo de finura se encuentra entre 2.35 y 3.15. La representación gráfica de su granulometría es una curva continua, lo cual es recomendable para su uso. El porcentaje de material mas fino que la malla N° 200 es de 4.3%, siendo permisible para el uso en concreto; el límite máximo según normas es 5%.

## *CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS*

El módulo de finura es 2.58.

Los valores del Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Compactado, Porcentaje de Absorción, Contenido de Humedad, son respectivamente: 1768.3 Kg/m<sup>3</sup>, 1958.5 Kg/m<sup>3</sup>, 1.07% y 0.32%.

El peso Específico de masa es 2.48 g/cm<sup>3</sup>.

El tamaño máximo del agregado grueso es de 2", sin embargo se ha encontrado materiales alargados con una longitud mayor a 2".

Por lo general el agregado de río es un material muy duro, con bajo porcentaje de desgaste a la abrasión siendo en nuestro caso del 5.70%.

### **CAPÍTULO III.- DISEÑO DE MEZCLA**

En el presente trabajo de investigación se diferencian dos tipos de diseño:

1. **Diseño NORMAL.-** Es aquel que se realiza con el hormigón clasificado de río, separando el grueso del fino por la malla de corte de 1/4" y el método de diseño, es en base a la optimización de las proporciones de piedra/arena (Método del Peso Unitario Compactado Global) y la eficiencia del concreto a los 7 días.

En este diseño NORMAL, método del agregado global (Peso Unitario Compactado Global), se realiza:

**Primero.-** El ensayo de los pesos unitarios compactados para proporciones de piedra arena 0.42/0.58, 0.46/0.54, 0.50/0.50, 0.54/0.46, 0.58/0.42, y 0.62/0.38, para así determinar la proporción de agregados que ofrezca la mayor compacidad posible. En la proporción de agregados 0.50/0.50, se determina la relación de mayor compacidad, el cual se toma como base para realizar luego los ensayos de prueba de la eficiencia del concreto con las proporciones circundantes al punto dado.

## *CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS*

**Segundo.-** Una vez determinado la proporción de máxima compactación, se busca la mayor eficiencia del concreto sometido a compresión a los 7 días; las proporciones piedra/arena consideradas para el diseño de mezcla de prueba son 0.47/0.53, 0.50/0.50, 0.53/0.47 las mismas que se preparan para una misma dosificación agua/cemento.

Al realizar el ensayo de compresión a los 7 días, se determina que la proporción más eficiente piedra/arena es 0.50/0.50, que corresponde al concreto de diseño NORMAL.(Ver cuadros N° 3.2, 3.3, 3.4 y gráficos N° 3.2, 3.3, 3.4).

La granulometría de este agregado óptimo (Método del Peso Unitario Compactado Global), es una curva continua, cuyo Módulo de Finura es 5.15. ver gráfico N° 7.3

- 2. Diseño GLOBAL DE RÍO.-** Es aquel diseño realizado con hormigón clasificado de río, empleado en forma global; siendo su Tamaño Máximo de 2". Del análisis granulométrico realizado, se determina de manera teórica en el gráfico N° 7.2, que en el tamiz de 1/4", el material retenido acumulado es de 44%, representando este valor el porcentaje de agregado grueso presente en el agregado global.

La cantidad de cemento en kilos por metro cúbico de concreto, según las relaciones agua/cemento 0.60, 0.65, 0.70, 0.80 respectivamente son: 333, 303, 280 y 244 para el diseño NORMAL, mientras que en el diseño GLOBAL DE RÍO es 363, 335, 310 y 271.

Como se puede notar, la cantidad de cemento utilizado en las mezclas de concreto es mayor en el diseño con agregado GLOBAL DE RÍO hasta en 11%, habiendo una tendencia a disminuir dicha variación en la relación a/c 0.60. Ver cuadro.

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

	CANTIDAD DE CEMENTO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
DISEÑO	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL			
Normal	100	100	100	100
Global de río	109	111	111	111

El agua de diseño para las diferentes dosificaciones se determinó en base a varios ensayos de prueba; en todos los casos el agua para el diseño GLOBAL DE RÍO, es mayor hasta en 11% (diseño seco) y en 14% (diseño húmedo) al del diseño con agregado NORMAL, habiendo una tendencia a disminuir dicha variación en tanto disminuye la relación agua/cemento.

	CANTIDAD DE AGUA POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO SECO)			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.6	0.65	0.7	0.8
DISEÑO	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL			
Normal	100	100	100	100
Global de río	109	111	111	111

	CANTIDAD DE AGUA POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO HÚMEDO)			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.6	0.65	0.7	0.8
DISEÑO	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL			
Normal	100	100	100	100
Global de río	112	113	114	114

**CAPÍTULO IV.- PROCEDIMIENTO DE CURADO DEL CONCRETO**

Se ha utilizado el agua potable del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, para el curado de probetas de concreto en sus diferentes edades.

El proceso de curado de las probetas de concreto se ha realizado por el método de inmersión.



## CAPÍTULO V.- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Todos los ensayos se realizan de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y las establecidas por la ASTM, para la fabricación de concreto convencional.

se ha realizado los siguientes ensayos:

- Consistencia – Asentamiento.
- Porcentaje de Flujo (Mesa de flujo)
- Peso Unitario
- Tiempo de fraguado
- Exudación
- Contenido de Aire.

Para la fabricación del concreto se ha utilizado una mezcladora tipo trompo, a una capacidad máxima de 74 kg de material por tanda.

Se ha determinado aproximadamente, que el tiempo mínimo de mezclado con este tipo de material (hormigón de río) es de 4 minutos.

El concreto fabricado con hormigón de río es muy susceptible a la adición de pequeñas cantidades de agua, ya que una ligera variación hace diferente la consistencia de la mezcla y por tanto su asentamiento medido en el cono de Abrams.

**Consistencia – Asentamiento.**- El asentamiento con el que se trabajó en las diferentes dosificaciones de mezcla es de 3" a 4". siendo los concretos fabricados de buena trabajabilidad.

Para todas las relaciones agua/cemento, el asentamiento del concreto fabricado con agregado GLOBAL DE RIO, es mayor que los concretos de diseño NORMAL Existiendo una tendencia de aumentar estas variaciones conforme se incrementa la relación agua/cemento. Ver cuadros

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

DISEÑO	ASENTAMIENTO – CONSISTENCIA			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	107	103	114	114

**Porcentaje de Flujo (Mesa de Flujo).**- Los concretos fabricados en base al diseño con agregado GLOBAL DE RÍO, tiene mayor fluidez que los del diseño NORMAL, siendo su variación hasta 8% para la dosificación agua/cemento 0.60 y de 3% para 0.80; habiendo una tendencia a acortarse la variación con el incremento de la relación agua/cemento.

DISEÑO	PORCENTAJE DE FLUJO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	108	104	103	103

**Peso Unitario del Concreto Fresco.**- El peso unitario de los concretos fabricados con diseño GLOBAL DE RÍO, son en promedio ligeramente inferiores al concreto de diseño NORMAL, hasta en 2%; aunque estos valores no son significativos, hay una tendencia a disminuir el Peso Unitario del concreto con agregado global, conforme disminuye la relación agua/cemento. En ambos casos sus valores se encuentran dentro del rango característico de un concreto normal.

DISEÑO	PESO UNITARIO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	98	99	100	100

*CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS*

**Tiempo de Fraguado.**- El tiempo de fraguado de los concretos fabricados con hormigón de río materia de nuestro estudio, es en promedio como sigue; Tiempo de Fraguado Inicial aproximadamente 06 horas y el Fraguado Final a 09 horas después del contacto agua-cemento en la mezcla.

Como se puede apreciar, el Tiempo de Fraguado Inicial es en promedio menor para los concretos de diseño GLOBAL DE RÍO en 7% para la relación a/c 0.60; mientras que el Fraguado Final es en 14% para la misma relación, sin embargo en la relación a/c 0.65, para el mismo diseño, es mayor el Fraguado Inicial en 3% y el Fraguado Final en 7%, con respecto al concreto con diseño NORMAL.

		TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)				
Normal		100	100	100	100
Global de río		93	103	98	96

		TIEMPO DE FRAGUADO FINAL			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)				
Normal		100	100	100	100
Global de río		86	107	103	99

**Exudación.**- Comparativamente, los concretos de diseño GLOBAL DE RÍO, exudan mucho menos que los concreto fabricados con el diseño NORMAL, 56% menos en la dosificación agua/cemento 0.80 y 30% en 0.65; habiendo una tendencia a ser mucho menor a medida que se incrementa la relación a/c.

**CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS**

DISEÑO	EXUDACIÓN			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	57	70	59	44

**Contenido de Aire.**- Realizado por el método gravimétrico. La cantidad de aire atrapado en los concretos con agregado GLOBAL DE RÍO, es mayor que los concretos NORMALES, llegando a 253% de variación porcentual entre ambos diseños en la relación a/c 0.80; Sin embargo en la misma dosificación el valor máximo de aire atrapado es 3.8%. Se puede apreciar que existe una tendencia comparativa de incremento conforme aumenta la relación agua/cemento.

DISEÑO	AIRE ATRAPADO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	279	233	265	353

**CAPÍTULO VI .- PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

Todos los ensayos se realizan de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y las establecidas por la ASTM.

Para determinar las propiedades y características del concreto en estado endurecido se elaboró en total 240 muestras, las mismas que fueron ensayadas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.

Las probetas de concreto fabricados de tamaño normal (6"x12"), fueron sometidos a los siguientes ensayos:

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

- Resistencia a la Compresión.
- Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral
- Módulo de Elasticidad Estático.

**Resistencia a la Compresión.**- A los 28 días, el concreto de diseño GLOBAL DE RÍO, logra tener una resistencia inferior en 5% para la dosificación agua/cemento 0.60, mientras que en la relación a/c 0.80 llega a ser aún menor en 9% que el concreto fabricado con diseño NORMAL; sin embargo, para la relación 0.70 agua/cemento, es mayor en 2%; estas variaciones no son valores significativos que muestren una gran diferencia entre ambos concretos.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (EDAD 28 DÍAS)			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)				
Normal		100	100	100	100
Global de río		95	97	102	91

La evolución de las resistencias con la edad en ambos tipos de concreto es como sigue: para los 7 días mayor al 70% y para los 14 días mayor al 90%.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DISEÑO: NORMAL)			
		RELACIÓN (A/C)			
EDAD		0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)				
7 Días		80	67	73	65
14 días		94	96	100	92
28 Días		100	100	100	100

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

EDAD	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (DISEÑO: GLOBAL DE RÍO)			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.6	0.65	0.7	0.8
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
7 Días	82	75	76	73
14 días	94	93	100	98
28 Días	100	100	100	100

Para la dosificación de agua/cemento 0.70 se observa lo siguiente:

1. La resistencia a la compresión de los concretos obtenida con los dos diseños, alcanza a los 14 días el 100% de la a resistencia final.
2. La resistencia a la compresión del concreto de diseño con agregado GLOBAL DE RÍO es mayor al obtenido con el diseño NORMAL, a pesar de haber sido esta última el diseño considerado óptimo.

Como se puede apreciar, las resistencias adquiridas por estos concretos, le dan una tendencia de mediana a alta resistencia – según clasificación de concretos nominales - a pesar de haberse fabricado para dosificaciones de agua cemento entre 0.60 y 0.80 con un Tamaño Máximo del agregado grueso de 2".

**Resistencia a la Tracción Por Compresión Diametral.**-Fue ensayada a la edad de 28 días. Los valores obtenidos están dentro del rango aceptable de un concreto normal (1/8 a 1/12 del valor de la resistencia a la compresión simple).

La resistencia a la compresión diametral del concreto de diseño GLOBAL DE RÍO es mayor hasta en 15% al concreto fabricado con el diseño NORMAL. Sin embargo en la relación agua/cemento 0.80, es inferior en 19%.

CAPÍTULO VII: CUADROS DE RESULTADOS, GRÁFICOS Y ANÁLISIS

DISEÑO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	111	107	115	81

**Módulo de Elasticidad Estático.**- El ensayo realizado para determinar el Módulo Elástico Estático, nos muestra que los valores se encuentran dentro del rango normal permisible (250000 Kg/cm<sup>2</sup> a 350000 Kg/cm<sup>2</sup>) según las normas hechas para el concreto convencional.

Además se puede apreciar que los concretos con agregado GLOBAL DE RÍO tienen comparativamente, menor módulo elástico estático que los del concreto NORMAL a excepción en la relación agua/cemento 0.65 que es superior en 21%.

DISEÑO	MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO		
	RELACIÓN DE DISEÑO		
	0.60	0.65	0.70
	REPRESENTACIÓN PORCENTUAL (%)		
Normal	100	100	100
Global de río	78	121	98

## **CAPITULO VIII.**

### **ANALISIS COMPARATIVO**



## ANÁLISIS COMPARATIVO

### 8.1 COSTO DEL CONCRETO CON AGREGADO GLOBAL DE RÍO Y AGREGADO CONVENCIONAL(piedra chancada y arena gruesa de cerro)

#### 8.1.1 GENERALIDADES.-

Para diseñar una mezcla de concreto en obra, se debe tener en cuenta las diferentes características de los materiales y las variables que intervienen en la fabricación del tipo de concreto requerido, tales así, el agregado, el agua, tipo de cemento a utilizar y los aditivos; todos ellos en función al tipo y calidad del concreto a emplearse.

Adicionalmente; para el emplazamiento de una Obra de concreto en cualquier lugar de nuestro territorio, es indispensable saber de cuanto es el costo que ocasiona la fabricación de un tipo de concreto; para ello es necesario conocer el costo de fabricación, transporte y puesta en obra del agregado, cemento y otros insumos que intervienen. El objetivo es fabricar un concreto de buena calidad al menor costo.

Para dicho fin el costo de una determinada partida, debe ser el fiel reflejo de un previo análisis de costo unitario realizado en base a los materiales de la zona que intervienen en dicha partida, desde luego si estos materiales son aptos para su empleo.

Se ha podido determinar, que en zonas rurales de nuestro territorio cuando se ejecuta obras de pequeña y mediana envergadura, en el análisis de costo unitario de una determinada partida de concreto, se considera piedra chancada y arena gruesa como agregados a utilizar; sin embargo muchas veces su empleo en obra es del hormigón de cerro o de río, como agregado global natural clasificado y/o haciendo una separación del grueso y el fino, en la mayoría de los casos se emplea para la dosificación de mezcla proporciones en volumen.

Esto se debe al poco conocimiento logrado en nuestro país de las características, propiedades, bondades y el costo de muchos materiales naturales como el hormigón para su empleo en obras.

### 8.1.2 COSTO DEL CONCRETO.-

A continuación presentamos cinco diseños de concreto preparados con diferentes tipos de agregados, los cuales se dividen en dos grupos:

Los concretos preparados con agregados de río, y los preparados con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro).

**Dentro de los concretos preparados con agregado de Río, se encuentra los siguientes:**

1. El estudiado en la presente tesis de investigación titulada **“Uso del Hormigón Clasificado de Río en la Fabricación del Concreto de Mediana a Baja Resistencia y su Explotación como Agregado Global”**, con agregado de río (río rímac) clasificado por el tamiz de 2”; donde se diferencia dos diseños; diseño NORMAL en base a una separación del grueso y el fino con una participación proporcional óptima en peso del 50% de cada agregado y el diseño con agregado GLOBAL DE RÍO realizado en base al mismo agregado clasificado de río empleado de manera global; Para ambos casos se trabaja con los pasantes por esta malla.
2. Además tenemos otro diseño con agregado de río (río Chillón), realizadas por la Ingeniera Ana Lapa Barzola, en la tesis titulada **“Estudio del Concreto de Mediana a Baja Resistencia Variando el Tamaño Máximo del Agregado Grueso de Tipo Canto Rodado de Río”**, cuyo Tamaño Máximo Nominal tomado es de 1”.

**Para los concretos fabricados con agregado convencional se han tomado de las siguientes tesis de investigación:**

## *CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO*

1. **“Estudio del Concreto de Mediana a Baja Resistencia Variando el Módulo de Finura del Agregado Fino”**, cuyo autor es el Ingeniero Eduardo Huamaní Cabrera que utiliza Cemento Pórtland Tipo I Sol, el agregado fino utilizado es de la cantera trapiche, ubicado en la carretera a canta Km. 39 distrito de Santa Rosa de Quives y el agregado grueso proveniente de la cantera La Gloria altura del Km. 14.9 de la carretera central distrito Ate Vitarte.
  
2. **“Corrosión del Concreto de Mediana a Baja Resistencia por Acción del Cloruro de Sodio con Cemento Pórtland Tipo I”**, de la Autoría del Ingeniero Ángel Rafael Avendaño Aroni, utiliza Cemento tipo I Sol, arena procedente de la cantera Jicamarca, y piedra chancada cuyo Tamaño Máximo es 3/4” procedente de la chancadora UNICON S.A. ubicado en el distrito de Lurín.

El análisis de costo de los tipos de concreto mencionado, está enfocado solamente al costo de los materiales componentes del concreto, no se toma en cuenta los costos de transporte, maquinaria, herramientas, mano de obra y otros.

El costo de los materiales componentes del concreto se obtuvo de la tesis de la Ingeniera Ana Lapa Barzola año 2003; que a su vez se obtuvieron de la revista Costos del año 08 edición 095; el costo de los agregados de río de la Constructora SACHI'S SAC, que explota y vende agregados del río Chillón; el costo de los agregados convencionales (piedra chancada, arena gruesa de cerro) se obtuvo de la Compañía FIRTH INDUSTRIES PERÚ S.A. que está a cargo de la explotación de los agregados de la cantera “La Gloria”.

Todas las investigaciones se realizaron en le Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI.

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

[CUADRO Nº 8.1]

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

**DISEÑO: NORMAL**

a/c: 0.60

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	7.843	16.80	131.76
Agua	M <sup>3</sup>	0.200	9.00	1.80
Arena	M <sup>3</sup>	0.353	15.00	5.29
Piedra	M <sup>3</sup>	0.325	25.00	8.13
Total				146.98

a/c: 0.65

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	7.131	16.80	119.80
Agua	M <sup>3</sup>	0.197	9.00	1.77
Arena	M <sup>3</sup>	0.359	15.00	5.39
pedra	M <sup>3</sup>	0.331	25.00	8.28
Total				135.25

a/c: 0.70

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	6.588	16.80	110.68
agua	M <sup>3</sup>	0.196	9.00	1.76
arena	M <sup>3</sup>	0.364	15.00	5.46
pedra	M <sup>3</sup>	0.335	25.00	8.38
Total				126.28

a/c: 0.80

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	5.735	16.80	96.35
agua	M <sup>3</sup>	0.195	9.00	1.76
arena	M <sup>3</sup>	0.370	15.00	5.55
pedra	M <sup>3</sup>	0.341	25.00	8.53
Total				112.20

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

[CUADRO Nº 8.2]

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

**DISEÑO: GLOBAL DE RÍO**

a/c: 0.60

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	8.549	16.80	143.62
Agua	m <sup>3</sup>	0.218	9.00	1.96
Hormigón	m <sup>3</sup>	0.650	15.00	9.75
			Total	155.34

a/c: 0.65

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	7.891	16.80	132.58
Agua	m <sup>3</sup>	0.218	9.00	1.96
Hormigón	m <sup>3</sup>	0.659	15.00	9.89
			Total	144.42

a/c: 0.70

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	7.294	16.80	122.54
Agua	m <sup>3</sup>	0.217	9.00	1.95
Hormigón	m <sup>3</sup>	0.668	15.00	10.02
			Total	134.52

a/c: 0.80

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
Cemento	Bolsas	6.382	16.80	107.22
Agua	m <sup>3</sup>	0.217	9.00	1.95
Hormigón	m <sup>3</sup>	0.681	15.00	10.21
			Total	119.39

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

CUADRO Nº 8.3

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

**DISEÑO: A. LAPA**

a/c. 0.60

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	8.635	16.80	145.07
agua	m <sup>3</sup>	0.224	9.00	2.02
arena	m <sup>3</sup>	0.536	15.00	8.04
piedra	m <sup>3</sup>	0.583	25.00	14.58
			Total	169.70

a/c. 0.65

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	7.953	16.80	133.61
agua	m <sup>3</sup>	0.225	9.00	2.03
arena	m <sup>3</sup>	0.543	15.00	8.15
piedra	m <sup>3</sup>	0.591	25.00	14.78
			Total	158.56

a/c. 0.70

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	7.388	16.80	124.12
agua	m <sup>3</sup>	0.225	9.00	2.03
arena	m <sup>3</sup>	0.549	15.00	8.24
piedra	m <sup>3</sup>	0.597	25.00	14.93
			Total	149.30

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

[CUADRO N° 8.4]

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

**DISEÑO: E. HUAMANÍ**

a/c. 0.60

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	7.843	16.80	131.76
agua	m <sup>3</sup>	0.208	9.00	1.87
arena	m <sup>3</sup>	0.591	15.00	8.87
piedra	m <sup>3</sup>	0.653	25.00	16.33
			Total	158.82

a/c: 0.65

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	6.878	16.80	115.55
agua	m <sup>3</sup>	0.199	9.00	1.79
arena	m <sup>3</sup>	0.611	15.00	9.17
piedra	m <sup>3</sup>	0.676	25.00	16.90
			Total	143.41

a/c. 0.70

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	6.050	16.80	101.64
agua	m <sup>3</sup>	0.189	9.00	1.70
arena	m <sup>3</sup>	0.630	15.00	9.45
piedra	m <sup>3</sup>	0.696	25.00	17.40
			Total	130.19

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

CUADRO N° 8.5

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

DISEÑO: A. AVENDAÑO

a/c. 0.60

Material	Unidad	Cant. Mat. Por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	8.640	16.80	145.15
agua	m <sup>3</sup>	0.220	9.00	1.98
arena	m <sup>3</sup>	0.309	15.00	4.64
piedra	m <sup>3</sup>	0.334	25.00	8.35
			Total	160.12

a/c. 0.65

Material	Unidad	Cant. Mat. Por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	7.860	16.80	132.05
agua	m <sup>3</sup>	0.217	9.00	1.95
arena	m <sup>3</sup>	0.315	15.00	4.73
piedra	m <sup>3</sup>	0.342	25.00	8.55
			Total	147.28

a/c. 0.70

Material	Unidad	Cant. Mat. por M3. Concreto	P. U.	P. Parcial
cemento	Bolsas	7.200	16.80	120.96
agua	m <sup>3</sup>	0.214	9.00	1.93
arena	m <sup>3</sup>	0.321	15.00	4.82
piedra	m <sup>3</sup>	0.348	25.00	8.70
			Total	136.40



## 8.2 COMPARACIÓN

### 8.2.1 RESISTENCIA

CUADRO N° 8.6

#### RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CONCRETO

Relación (a/c)	unidades	Resistencia a la Compresión de Concreto Fabricado con:				
		Agregado de río			Agregado convencional	
		Normal	Global de río	D. Lapa	D. Huamani	D. Avendaño
0.60	Kg/cm <sup>2</sup>	303	289	301	330	353
	%	100	95	99	109	116
	Variación (%)	0	- 5	- 1	9	16
0.65	Kg/cm <sup>2</sup>	294	286	291	302	333
	%	100	97	99	103	113
	Variación (%)	0	- 3	- 1	3	13
0.70	Kg/cm <sup>2</sup>	261	266	273	295	305
	%	100	102	105	113	117
	Variación (%)	0	2	5	13	17
0.80	Kg/cm <sup>2</sup>	243	222	-	-	-
	%	100	91	-	-	-
	Variación (%)	0	- 9			

Del Cuadro anterior se resume lo siguiente:

#### Concretos Fabricados con Agregado de Río:

1. La Resistencia a la compresión a los 28 días, es aleatorio, siendo menores los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO en 5% para la relación a/c=0.60, 9% en a/c=0.80; sin embargo en la relación a/c=0.70 es superior en 2%, todo con respecto al concreto de diseño NORMAL; a partir de la relación a/c=0.70, hay una tendencia a ser cada vez menor con conforme disminuye la relación agua/cemento. (ver cuadro N° 8.6)

## *CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO*

2. Los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO y NORMAL tienen similares resistencias que los concretos fabricados por la Ingeniera Ana Lapa Barzola.

### **Concretos fabricados con agregado Convencional:**

Para efectos de comparación se toma los diseños de concretos fabricado con piedra chancada y arena gruesa de cerro (Agregado Convencional), el que tiene mayor eficiencia en resistencia a compresión, por lo que se toma los concretos fabricados por el Ingeniero Rafael Avendaño (Diseño Avendaño).

1. Los concretos fabricados con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro), tienen mayor resistencia que los concretos fabricados en la presente tesis, llegando a 16% con respecto al diseño NORMAL y 21% al diseño con agregado GLOBAL DE RÍO; representando estos valores una variación en calidad.

Los concretos son fabricados con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro), tienen piedra chancada cuyo tamaño máximo nominal es de 3/4".

### **8.2.2 COSTOS**

Los costos de cada tipo de concreto que a continuación se presenta en el Cuadro No 8.7, son costos relacionados directamente al diseño de mezcla obtenido para cada dosificación agua/cemento, sin tomar en cuenta la resistencia a compresión adquirida por cada uno de los concretos fabricados.

[CUADRO N° 8.7]

**COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DEL METRO CÚBICO DE CADA TIPO DE CONCRETO DE ACUERDO A LA DOSIFICACIÓN DE MEZCLA**

Relación (A/C)	unidades	Costo del Metro Cúbico de Concreto Fabricado con:				
		Agregado de río			Agregado convencional	
		Normal	Global de río	D. Lapa	D. Huamaní	D. Avendaño
0.60	S/.	146.98	155.34	169.70	158.82	160.12
	%	100	106	115	108	109
	Variación (%)	0	6	15	8	9
0.65	S/.	135.25	144.42	158.56	143.41	147.28
	%	100	107	117	106	109
	Variación (%)	0	7	17	6	9
0.70	S/.	126.28	134.52	149.30	130.19	136.40
	%	100	107	118	103	108
	Variación (%)	0	7	18	3	8
0.80	S/.	112.20	119.39	-	-	-
	%	100	106	-	-	-
	Variación (%)	0	6			

**COSTO DE CONCRETOS PARA RESISTENCIAS EQUIVALENTES**

Para realizar las comparaciones de los costos para los diferentes tipos de concretos, se considera los concretos fabricados con Hormigón Clasificado de Río y concretos fabricados con Piedra Chancada y Arena Gruesa de Cerro (concreto convencional); para realizar las comparaciones se considera los siguientes diseños:

- Concreto con Hormigón Clasificado de Río

Diseño Global de Río

Diseño Normal

- Concretos con Piedra Chancada y Arena Gruesa de Cerro. Para efectos de comparación se tomará el diseño de concreto que ofrece mayor resistencia a la compresión, siendo para este caso el diseño de concreto realizado por el Ingeniero Ángel Rafael Avendaño (Diseño Avendaño).

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

El cálculo del costo y cemento adicional por metro cúbico de concreto para obtener resistencias equivalentes, se muestra en la parte de los Anexos de la presente tesis.

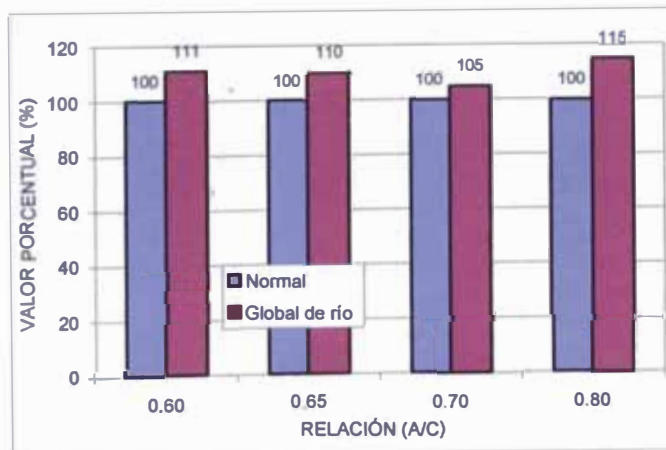
[CUADRO Nº 8.8]

**COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO PARA RESISTENCIAS EQUIVALENTES (Diseño: Normal – Global de Río)**

Relación (a/c)	Unidades		Costo del M3. De Concreto Fabricado con:	
			Agregado de río	
			Diseño	
			Normal	Global de Río
0.60	Valor	S/.	146.98	162.56
		%	100	111
	Variación	S/.	15.58	
		%	11	
0.65	Valor	S/.	135.25	148.28
		%	100	110
	Variación	S/.	13.03	
		%	10	
0.70	Valor	S/.	126.28	132.40
		%	100	105
	Variación	S/.	6.12	
		%	5	
0.80	Valor	S/.	112.20	129.42
		%	100	115
	Variación	S/.	17.23	
		%	15	

COSTO DEL M3. DE CONCRETO				
RELACIÓN (A/C)				
DISEÑO	0.60	0.65	0.70	0.80
VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100
Global de río	111	110	105	115

GRÁFICO Nº 8.1.- COSTO DEL M3 DE CONCRETO (NORMAL – GLOBAL DE RÍO)



CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

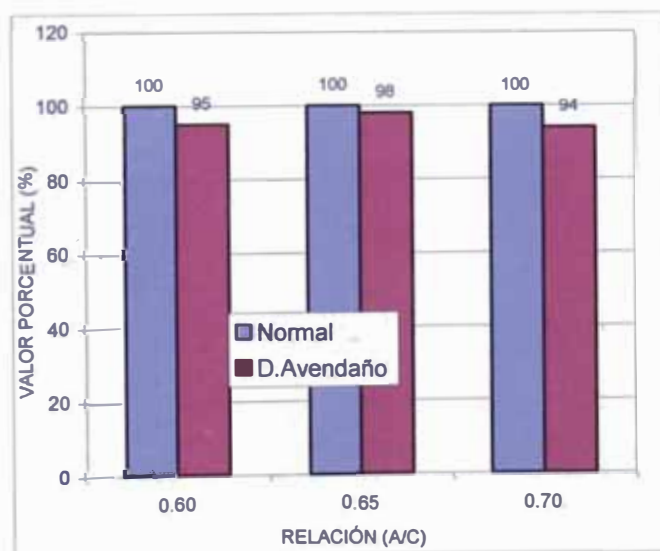
[CUADRO Nº 8.9]

**COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO PARA RESISTENCIAS EQUIVALENTES (Diseño: Normal – Convencional)**

Relación (a/c)	Unidades		Costo del M3. De Concreto Fabricado con:	
			Agregado de río	Agregado Convencional
			Diseño	
			Normal	D. Avendaño
0.60	Valor	S/.	168.68	160.12
		%	100	95
	Variación	S/.	- 8.56	
		%	- 5	
0.65	Valor	S/.	150.94	147.28
		%	100	98
	Variación	S/.	- 3.66	
		%	- 2	
0.70	Valor	S/.	144.92	136.40
		%	100	94
	Variación	S/.	- 8.52	
		%	- 6	

		COSTO DEL M3. DE CONCRETO		
		RELACIÓN (A/C)		
AGREGADO	DISEÑO	0.60	0.65	0.70
		VALOR PORCENTUAL (%)		
De río	Normal	100	100	100
Convencional	D. Avendaño	95	98	94

GRÁFICO Nº 8.2.- COSTO DEL M3 DE CONCRETO ( NORMAL – CONVENCIONAL)



Descripción:

Diseño Normal : Diseño con agregado de río, separando la piedra y la arena

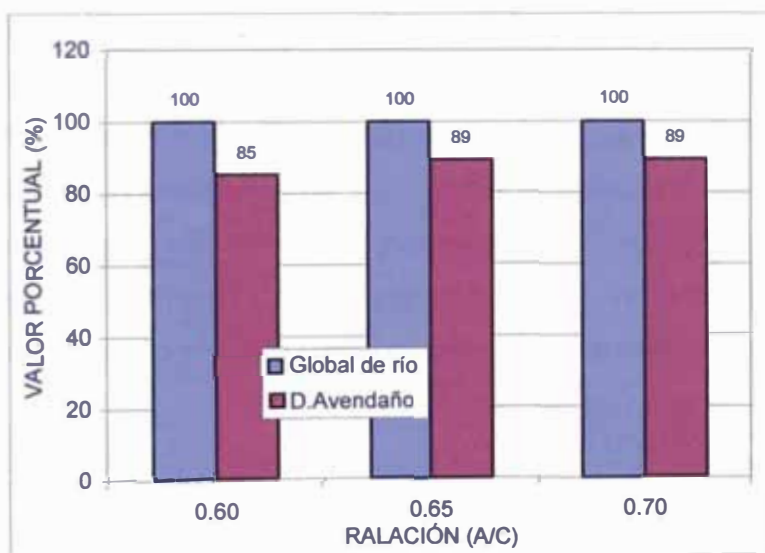
Diseño Convencional : Con piedra chancada y arena gruesa de cerro (agregado convencional) – Diseño Avendaño.

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO

Relación a/c	Unidades		Costo del M3. De concreto Fabricado con:	
			Agregado de río	Agregado Convencional
			Diseño	
			Global de Río	D.Avenidaño
0.60	Valor	S/.	187.40	160.12
		%	100	85
	Variación	S/.	- 27.29	
		%	- 15	
0.65	Valor	S/.	166.13	147.28
		%	100	89
	Variación	S/.	- 18.86	
		%	- 11	
0.70	Valor	S/.	152.68	136.40
		%	100	89
	Variación	S/.	- 16.28	
		%	- 11	

		COSTO DEL M3. DE CONCRETO		
		RELACIÓN (A/C)		
AGREGADO	DISEÑO	0.60	0.65	0.70
		VALOR PORCENTUAL (%)		
De río	Global de río	100	100	100
Convencional	D.Avenidaño	85	89	89

GRÁFICO Nº 8.3 .- COSTO DEL M3 DE CONCRETO (GLOBAL DE RÍO - CONVENCIONAL)



Descripción:

Diseño Global de río : Diseño con agregado de río en forma global (sin separar)

Diseño Convencional : Diseño con piedra chancada y arena gruesa de cerro (agregado convencional)

**Comparación del Costo de los Concretos Fabricados Con Agregado de Río**

- De los resultados obtenidos, para resistencias equivalentes en compresión; los concretos fabricados con Agregado GLOBAL DE RÍO, tienen mayor costo que los concretos fabricados con diseño NORMAL, variando aleatoriamente desde 15% hasta 5%, Incrementando el costo a partir de la relación a/c 0.70, con la disminución de a/c.

DISEÑO	COSTO DEL M3. DE CONCRETO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	111	110	105	115

- Los concretos fabricados con los diseños NORMAL y GLOBAL DE RÍO de la presente tesis, ofrecen menor costo que el diseño realizado por la Ingeniera Ana Lapa Barzola.

**Comparación del Costo de los Concretos Fabricados con agregado de río y Agregado Convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro):**

- Para resistencias equivalentes, los concretos fabricados con hormigón clasificado de río, diseño GLOBAL DE RÍO tiene mayor costo que los concretos fabricados con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro), variando de 11% a 15%, aumentando el costo conforme disminuye la relación agua/cemento.

AGREGADO	DISEÑO	COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO		
		RELACIÓN (A/C)		
		0.60	0.65	0.70
		VALOR PORCENTUAL (%)		
Hormigón de río	Global de río	100	100	100
Convencional	D.Avendaño	85	89	89

**CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO**

2. Para resistencias equivalentes, los concretos fabricados con hormigón clasificado de río, diseño NORMAL, tiene mayor costo que los concretos fabricados con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro), variando aleatoriamente de 2% a 6%.

		COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO		
		RELACIÓN (A/C)		
AGREGADO	DISEÑO	0.60	0.65	0.70
		VALOR PORCENTUAL (%)		
Hormigón de río	Normal	100	100	100
Convencional	D.Avendaño	95	98	94

**8.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU FABRICACIÓN**

Habiendo estudiado las características y propiedades del concreto de mediana a baja resistencia, fabricado con Hormigón Clasificado de río, y luego de realizar el análisis de costo comparativo; se menciona las ventajas y desventajas de su fabricación y empleo en obra.

**VENTAJAS**

- El agregado Global (Hormigón clasificado de río), se puede extraer del lecho de un río ya sea en la costa, sierra o selva alta, cercanas a la obra; toda vez que en dichas zonas pueda encontrarse el hormigón con una variada granulometría.
- En lugares donde es casi imposible realizar el triturado de rocas para la fabricación del agregado convencional, además en zonas de difícil acceso; el uso del hormigón clasificado de río para la fabricación de concreto de mediana a baja resistencia, ofrece bondades en cuanto a calidad y costo, su empleo disminuirá el costo y el tiempo de ejecución de una obra, en comparación con el uso del agregado convencional que puede fabricarse y transportarse de lugares distantes a la obra.
- En una cantera de hormigón de río, la preparación (clasificación) y acopio del agregado global de río es más rápido que fabricar el



## *CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO*

agregado convencional; facilitando esto el empleo inmediato en concretos masivos.

- El concreto fabricado con hormigón clasificado de río, bajo las condiciones de una buena dosificación de agua/cemento, y para el mismo asentamiento de un concreto convencional, ofrece mayor trabajabilidad, facilitando su manejo para el colocado en cualquier tipo de estructura.
  
- El Tiempo de Fraguado Inicial – en promedio 06 horas - de los concretos fabricados con hormigón de río materia de nuestra investigación; bajo las condiciones estudiadas, hace de este agregado ventajoso para la fabricación de concretos masivos que permiten su manipulación con holgura.

### **DESVENTAJAS**

- El poco conocimiento de las propiedades y características del hormigón de río y del concreto fabricado con este material, hacen de su uso limitado, debido a ello, en proyectos de gran envergadura no se considera su utilización.
  
- En zonas altas de la sierra, es casi imposible encontrar canteras con buen hormigón de río y de gran potencia para la fabricación de concretos masivos; esto se debe a que los materiales en estos lugares han sufrido poco transporte y el cauce de los ríos es corto, lo que origina agregados con poca resistencia y durabilidad contaminados con arcillas, limos y otros.
  
- El uso del hormigón clasificado de río como agregado global para su empleo en obra, requiere el conocimiento y experiencia del ingeniero contratista a fin de seleccionar al agregado con una variada granulometría que permita fabricar un concreto fabricado consistente y de buena trabajabilidad.

*CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS COMPARATIVO*

- La investigación y comparación del uso del hormigón clasificado de río, con respecto al agregado convencional, nos muestra una tendencia a disminuir en resistencia a compresión a medida que disminuye la relación agua cemento, por lo que para fabricar concretos de alta resistencia no sería ventajoso el empleo del hormigón clasificado de río de manera global.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

La investigación del concreto ha determinado lo siguiente:

#### De los Agregados:

1. El Hormigón clasificado de río óptimo, utilizado para la fabricación de concreto (Diseño NORMAL), es una combinación en peso de piedra/arena en proporciones de 50%/50%, siendo su Módulo de Finura 5.15; el tamiz empleado para separar la piedra y la arena es la malla de 1/4".

Así mismo el agregado Global, utilizado para el diseño GLOBAL DE RÍO; es aquel agregado que separado teóricamente por el tamiz de 1/4" tiene 44% de piedra y 56% de arena, siendo su Módulo de Finura 4.73.

Lo que significa, que al agregado global de río requiere aumentar 6% de piedra y reducir 6% de arena para obtener un agregado global óptimo.

#### Del Diseño de Mezcla:

2. El cemento empleado para fabricar concreto con agregado GLOBAL DE RÍO es en promedio 11% mayor al cemento empleado en concretos con diseño NORMAL, disminuyendo esta variación a 9% en la relación a/c 0.6.

	CEMENTO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO			
	RELACIÓN (A/C)			
	0.60	0.65	0.70	0.80
DISEÑO	CEMENTO EN KILOGRAMOS			
Normal	333	303	280	244
Global de río	363	335	310	271
DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	109	111	111	111

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3. La cantidad de agua empleado para fabricar concretos con Agregado GLOBAL DE RÍO es en promedio 11% mayor al de diseño NORMAL, disminuyendo esta variación a 9% en la relación a/c 0.6.

		AGUA POR METRO CÚBICO DE CONCRETO			
		RELACIÓN (A/C)			
		0.60	0.65	0.70	0.80
DISEÑO	AGUA EN LITROS POR METRO CÚBICO				
Normal	200	197	196	195	
Global de río	218	218	217	217	
DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100	
Global de río	109	111	111	111	

#### Del Concreto Fresco

4. El Asentamiento del concreto fabricado con agregado GLOBAL DE RÍO, es mayor al de diseño NORMAL, variando desde 14% para la relación a/c 0.80 a 3% en a/c 0.65, habiendo una tendencia aleatoria a decrecer conforme disminuye la relación agua/cemento.

		ASENTAMIENTO – CONSISTENCIA			
		RELACIÓN (A/C)			
		0.60	0.65	0.70	0.80
DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100	
Global de río	107	103	114	114	

5. El Flujo del concreto fabricado con agregado GLOBAL DE RÍO, es mayor al de diseño NORMAL desde 3% hasta 8% conforme disminuye la relación agua/cemento de 0.80 a 0.60.

		PORCENTAJE DE FLUJO			
		RELACIÓN (A/C)			
		0.60	0.65	0.70	0.80
DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)				
Normal	100	100	100	100	
Global de río	108	104	103	103	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. El Peso Unitario del concreto fresco es menor en el diseño GLOBAL DE RÍO, con respecto al diseño NORMAL hasta en 2%.
7. Los concretos fabricados con el agregado GLOBAL DE RÍO y agregado de diseño NORMAL, tienen similares tiempos de fraguado inicial y final, siendo en promedio el Tiempo de Fraguado Inicial de 06 horas y el Tiempo de Fraguado Final 09 horas.
8. La exudación del concreto con agregado GLOBAL DE RÍO es menor al de diseño NORMAL, esta diferencia varía entre 56% y 30%; habiendo una tendencia aleatoria a disminuir a menor relación agua/cemento.

		EXUDACIÓN			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
		VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal		100	100	100	100
Global de río		57	70	59	44

9. El porcentaje de aire atrapado en los concretos de diseño GLOBAL DE RÍO es mayor hasta en 253% al de diseño NORMAL, habiendo una tendencia aleatoria a disminuir en la medida que la relación agua/cemento disminuye.

		AIRE ATRAPADO			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
		VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal		100	100	100	100
Global de río		279	233	265	353

**Resumen.-** el comportamiento y las características del concreto fresco fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO, es similar a los concretos de diseño NORMAL, habiendo una ligera variación en alguna de sus

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

propiedades, porque existe una diferencia de 6% en las proporciones de los agregados entre estos dos tipos de concreto.

### Del Concreto Endurecido

10. La Resistencia a la compresión a los 28 días, es en promedio menor en los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO, en 5% para la relación  $a/c=0.60$ , 9% en  $a/c=0.80$ ; sin embargo en la relación  $a/c=0.70$  es superior en 2%, todo con respecto a los concretos fabricados con diseño NORMAL; a partir de la relación  $a/c=0.70$ , hay una tendencia a disminuir la resistencia de los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO con respecto a los concretos fabricados en base el diseño NORMAL, conforme disminuye la relación agua/cemento.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (EDAD 28 DÍAS)			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
		VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal		100	100	100	100
Global de río		95	97	102	91

11. La Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral, en promedio es mayor en el diseño GLOBAL DE RÍO a los concreto fabricado con diseño NORMAL. Los valores obtenidos están dentro del rango aceptable de un concreto normal (8% a 20% del valor de la resistencia a la compresión simple).

		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL			
		RELACIÓN (A/C)			
DISEÑO		0.60	0.65	0.70	0.80
		VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal		100	100	100	100
Global de río		111	107	115	81

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12. El Módulo de Elasticidad Estático, en los concretos de diseños GLOBAL DE RÍO y NORMAL son similares, encontrándose sus valores entre 250,000 y 350,000 Kg/cm<sup>2</sup>, rango aceptable para concretos normales.

**Resumen.-** el comportamiento y las características del concreto Endurecido, fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO, es similar a los concretos de diseño NORMAL, habiendo una pequeña variación en resistencia a la compresión y compresión diametral, sin embargo no existe una marcada diferencia.

### Costo

13. Para obtener resistencias equivalentes, los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO cuestan entre 5% a 15% más que los concretos fabricados con el diseño NORMAL; aumentando el costo a partir de la relación agua/cemento 0.70 con la disminución de la dosificación.

DISEÑO	COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO			
	0.60	0.65	0.70	0.80
	VALOR PORCENTUAL (%)			
Normal	100	100	100	100
Global de río	111	110	105	115



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar mas estudios a cerca del hormigón clasificado de río para uso en concretos de diferentes resistencias, a fin de acumular mayor cantidad de datos que permitan determinar de manera cuantitativa y cualitativa las bondades y defectos que ofrece este agregado para uso en concretos.
2. Es recomendable el uso del hormigón clasificado de río, para la fabricación de concretos masivos de mediana a baja resistencia, debido a que estos tienen una muy buena trabajabilidad - bajo una buena dosificación de mezcla – el cual se puede utilizar en cualquier tipo de estructura.
3. De la comparación de Resistencias a la compresión obtenidas; los concretos fabricados con agregado **GLOBAL DE RÍO** son menos resistentes hasta en 22% para la relación agua/cemento, 0.60, 16% en a/c 0.65 y 15% en a/c 0.70, que aquel concreto fabricado con piedra chancada y arena gruesa de cerro (**agregado convencional**); habiendo una tendencia de ser menos resistentes los concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO en comparación a los concretos convencionales, conforme disminuye la relación agua/cemento.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
		0.60	0.65	0.70
AGREGADO	DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)		
Hormigón de Río	Global de Río	100	100	100
Convencional (Piedra Chancada + Arena de Cerro)	D. Avendaño	122	116	115

Este comportamiento nos sugiere que en mezclas más ricas en dosificación de cemento, es recomendable fabricar concretos con piedra chancada mas arena gruesa de cerro (agregado convencional), porque adquieren resistencias significativas con relación a concretos fabricados con agregado global de río.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. La cantidad de cemento adicional necesario por metro cúbico de concreto, para obtener resistencias en compresión equivalentes; es mayor en concretos fabricados con agregado GLOBAL DE RÍO que en los concretos fabricados con piedra chancada y arena gruesa de cerro (Concreto Convencional), variando desde 1.08 a 1.91 bolsas de cemento por metro cúbico de concreto, Aumentando la cantidad de cemento adicional para obtener resistencias equivalentes con la disminución de la relación agua/cemento. Por lo que no es recomendable fabricar concretos masivos con agregado Global de río en mezclas ricas en la dosificación de cemento, ya que esto elevaría el costo de la obra.

DISEÑO	RELACIÓN (A/C)					
	0.6		0.65		0.7	
	CEMENTO ADICIONAL POR METRO CÚBICO DE CONCRETO					
	Kg	Bolsa	Kg	Bolsa	Kg	Bolsa
Global de río	81	1.91	55	1.29	46	1.08
Convencional (Piedra Chancada + Arena de Cerro)	0	0	0	0	0	0

COSTO DE CEMENTO ADICIONAL POR METRO CÚBICO DE CONCRETO PARA OBTENER RESISTENCIAS EQUIVALENTES

DISEÑO	RELACIÓN (A/C)					
	0.6		0.65		0.7	
	COSTO ADICIONAL POR METRO CÚBICO DE CONCRETO					
	Cemento (Bolsa)	Costo (S/.)	Cemento (Bolsa)	Costo (S/.)	Cemento (Bolsa)	Costo (S/.)
Global de río	1.91	32.06	1.29	21.71	1.08	18.17
Convencional (Piedra Chancada + Arena de Cerro)	0	0	0	0	0	0

5. Comparativamente, para obtener resistencias equivalentes, fabricar concretos con agregado GLOBAL DE RÍO cuesta entre 11% a 15% más caro que los concretos fabricados con piedra chancada y arena gruesa de cerro (**agregado convencional**); aumentando el costo a medida que disminuye la relación agua/cemento, por lo tanto no sería recomendable fabricar concretos masivos de mediana a alta resistencia con agregado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

global de río, ya que esto elevaría el costo de la obra en comparación a fabricar concretos con agregado convencional (piedra chancada y arena gruesa de cerro).

		COSTO DEL METRO CÚBICO DE CONCRETO		
		0.60	0.65	0.70
AGREGADO	DISEÑO	VALOR PORCENTUAL (%)		
Hormigón de Río	Global de Río	100	100	100
Convencional (Piedra Chancada + Arena de Cerro)	D. Avendaño	85	89	89

- Para hacer el estudio comparativo más preciso de calidad y costo de los concretos fabricados con agregado global de río y concretos con piedra chancada mas arena gruesa de cerro (agregado convencional), se recomienda fabricar concretos de igual tamaño máximo de agregado grueso, y en lo posible similar Módulo de Finura, ya que esto puede influir en la dosificación de cemento en la mezcla y la resistencia del concreto.
- Para fabricar concretos de mediana a baja resistencia, en lugares donde es imposible fabricar piedra chancada y arena gruesa de cerro (agregado convencional) para concretos, por el alto costo que pudiera ocasionar la instalación de equipos y maquinarias; se recomienda el uso del hormigón clasificado de río como agregado global o clasificado, porque el comportamiento de los concretos fabricados con este agregado es satisfactorio.

**Resumen.-** Finalmente; para fabricar concreto de mediana a baja resistencia, en lugares donde es imposible fabricar piedra chancada y arena gruesa de cerro (agregado convencional) por el alto costo que pueda ocasionar la instalación de equipos y maquinarias; el uso del hormigón clasificado de río como agregado global es una alternativa ineludible ya que el comportamiento del concreto fabricado con este agregado es satisfactorio para su uso, que finalmente puede reducirnos el tiempo de ejecución y el costo de la obra.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Título : Naturaleza y materiales del concreto (II Congreso nacional de Estructuras y Construcción)  
Autor : Rivva López, Enrique  
Editorial : ACI (American Concrete Institute) Capítulo Peruano, Lima 2000  
Biblioteca : FIC – UNI, 619.3 / R616.
2. Título : Tecnología del Concreto (II Congreso nacional de Ingeniería Estructural y Construcción)  
Autor : Rivva López, Enrique / Harman I., Jorge / Pasquel C., Enrique / Badoino M., Dante / Romero U., Alfredo.  
Editorial : ACI Capítulo Peruano, Lima 1998  
Biblioteca : Particular.
3. Título : Tecnología del Concreto, Diseño de mezclas  
Autor : Rivva López, Enrique  
Editorial : Hozlo, Lima 1992  
Biblioteca : Particular.
4. Título : Tecnología de los Materiales (Apuntes de clase)  
Autor : Barzola Gastelú, Carlos Armando  
Editorial : FIC – UNI, Lima 1992  
Biblioteca : Particular.
5. Título : Tecnología del Concreto I (Apuntes de clase)  
Autor : Barzola Gastelú, Carlos Armando  
Editorial : FIC – UNI, Lima 1993  
Biblioteca : Particular.
6. Título : Supervisión de obras de Concreto  
Autor : Pasquel, Enrique / Biondi, Ana / Rivera, Julio / Harmsen, Teodoro / Morales, Roberto / Zegarra, Luis / Bragagnini, Ivan / Ríos, Juan / Klinge, Javier / Salinas, Miguel  
Editorial : ACI Capítulo Peruano, Lima 1995  
Biblioteca : Particular.
7. Título : Tecnología del Concreto  
Autor : Neville A. M. / Brooks J. J.  
Editorial : Trillas (México) 1998  
Biblioteca : FIC – UNI, 691.3 / N 523.
8. Título : Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)  
Autor : Abanto Castillo, Flavio  
Editorial : San Marcos  
Biblioteca : Particular.

#### BIBLIOGRAFÍA

9. Título : Curado del Concreto  
Autor : Soto Barra, Patricia  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 2001  
Biblioteca : FIC – UNI, 693.54 / P127.
10. Título : Normas NTP – ITINTEC  
Autor : ITINTEC  
Editorial : ITINTEC, Lima 1979  
Biblioteca : LEM – UNI – FIC
11. Título : Investigación del agregado Global en diseño de concreto  
Autor : López Nizama, José del Carmen  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 1982  
Biblioteca : FIC – UNI, 2401.
12. Título : Estudio de los materiales de construcción en la ciudad de Cajamarca  
Autor : Salazar Arias, Héctor  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 2000  
Biblioteca : FIC – UNI, 3914.
13. Título : Efectos Sobre las Propiedades del Concreto por el Uso de dos Aditivos, un Acelerante de Fragua y un Plastificante.  
Autor : Gómez Ari, Iber  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 1997  
Biblioteca : FIC – UNI, 3576.
14. Título : Estudio del Concreto de Mediana a Baja Resistencia Variando el Tamaño Máximo del Agregado Grueso de Tipo Canto Rodado.  
Autor : Lapa Barzola, Ana  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 2003  
Biblioteca : FIC – UNI, 4284.
15. Título : Manual de Tecnología del Concreto ( Sección 2 y 3)  
Autor : Instituto de Ingeniería UNAM  
Editorial : LIMUSA Noriega Editores (México) 1994  
Biblioteca : Particular.
16. Título : Estudio Geodinámico y Geotécnico de Seguridad Física de los principales Centros Poblados del Valle del Rímac  
Autor : Domínguez Buiza, José benito  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 1984  
Biblioteca : FIC – UNI, 2624.

*BIBLIOGRAFÍA*

17. Título : Diseño de Mezclas, Método de Agregado Global y Módulo de Finura, para Concretos de Mediana a Alta Resistencia.  
Autor : Cachay Huamán, Rafael  
Editorial : Tesis de Grado, UNI 1995  
Biblioteca : FIC – UNI, 3280.