

# DISEÑO DE HORMIGONES DE ALTO DESEMPEÑO

Andrea Imbaquingo Chamorro

Escuela Politécnica del Ejército

Facultad de Ingeniería Civil

Andyacq21@hotmail.com

## RESUMEN

Con el desarrollo de la industria de la construcción y sus variaciones en el campo de las obras civiles se va mejorando productos de calidad, productividad y resistencia; destacando así los **"HORMIGONES DE ALTO DESEMPEÑO"**.

En esta investigación se muestra el comportamiento físico – mecánico de los materiales de la Provincia de Carchi – Imbabura, los mismos que nos permiten llegar a dosificar hormigones no convencionales, los cuales se caracterizan por poseer: alta trabajabilidad, estabilidad, resistencia y durabilidad; esto se logró utilizando aditivos químicos y minerales como los hiperplastificantes y micro sílice, cumpliendo con las normas ASTM y NTE INEN.

El continuo desarrollo de este producto permitirá encontrar soluciones para este mundo que está en constante cambio.

## ABSTRACT

With the development of the construction industry and their variations in the field of civil works is improving products quality, productivity and resistance; thus underlining the **"HIGH PERFORMANCE CONCRETES"**.

In this research shows the physical behavior - mechanical of the materials in the Province of Carchi - Imbabura, the same that allow us to dispense non-conventional concretes, which are characterized by: high workability, stability, strength and durability; this was achieved using chemical additives and minerals, such as the hipper plasticizer and micro silica, in compliance with the ASTM standards and NTE INEN.

The continued development of this product will be able to find solutions for this world which is in constant change.

## **INTRODUCCIÓN**

Los Hormigones de alto Desempeño juegan un rol muy importante en la actualidad ya que los requerimientos de la construcción ahora son más exigentes, obligando a buscar e investigar nuevas alternativas, procesos y resultados; los mismos que sirven para brindar soluciones prácticas a las obras civiles.

Es así que se inicia con una idea de "Diseñar Hormigones de Alto Desempeño", la misma que se convirtió hoy en día en un proyecto de investigación desarrollado en los Laboratorios de la Escuela Politécnica del "Ejército" y Laboratorios de Control de Calidad de la Fábrica LAFARGE (Selva Alegre), con la ayuda de Ingenieros de cada área en la que se desarrolló este proyecto.

Para llegar al propósito, hay que partir de las características físico-mecánicas de los agregados finos y grueso los mismos que son: 1 ½" – ¾" Ambuqui, 1 ½" Imbabétreos (San Roque), 1 ½" Caranqui, 1 ½" Collasqui, Polvo de Piedra de Ambuqui, Arena Roja (San Roque), Arena de Collasqui para la Provincia de Imbabura, 2" Michuquer y Arena las Peñas para la Provincia del Carchi, también considerar la calidad del agua, así como el uso adecuado de aditivos químicos y minerales.

## **MACO TEÓRICO**

### **1.- Características de los elementos del Concreto, (con el análisis de las Canteras de las Provincias de Carchi – Imbabura)**

#### **1.1.- Cemento: Selva Alegre**

El cemento es por excelencia el pegante conocido, barato y el más comercial, por sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, es aprovechado diariamente en el mercado de la construcción.

## 1.2.- Producción de Cemento Portland

El cemento portland se fabrica generalmente a partir de materiales minerales calcáreos como caliza en un 60%, alúmina y sílice que se encuentran como arcilla en la naturaleza, lo que si hay que evitar que no contengan grandes cantidades de magnesio pues el cemento con el tiempo producirá fisuras y por lo tanto habrá pérdida de resistencia. Como producto final se agrega yeso, sulfato de calcio hidratado; este se encarga del tiempo de fraguado.

El proceso de fabricación de cemento comprende las siguientes etapas:

1. Explotación de materia prima.
2. Preparación y dosificación de materias primas.
3. Homogenización.
4. Clinkerización.
5. Enfriamiento.
6. Adiciones finales y molienda.
7. Empaque y distribución.

## 1.3.- Propiedades Físicas y Mecánicas

Estas propiedades complementan a las químicas para de esta manera conocer las bondades del cemento portland antes de su uso. Por ello es importante conocer ciertas propiedades como:

- **Peso Específico.**

En el cemento portland normal la densidad suele estar comprendida entre 3.10 y 3.15 g/cm<sup>3</sup> siempre que no haya otras adiciones de materiales distintas al yeso y al existir adiciones se puede analizar características como la baja densidad y la alta finura por eso es necesario conocer el volumen que ocupa una masa determinada de cemento dentro de un metro cúbico de concreto.

- **Superficie Específica o Finura**

Una de las propiedades físicas más importantes del cemento está en la molienda y en la finura del mismo, pues está ligado al valor hidráulico o retención de agua, desarrollo del calor, retracción y al aumento de resistencia con la edad; si las mezclas están expuestas a la atmósfera se deteriora y da lugar a las fisuras, de allí que es muy importante su control.

- **Consistencia Normal**

La cantidad de agua que se agrega al cemento da la fluidez o consistencia a una pasta la que es medida por medio del aparato Vicat que determina la viscosidad y la lubricación. Norma NTE INEN 157.

- **Fraguado del Cemento**

Es el cambio que se produce en una parte del cemento del estado plástico al estado endurecido, gracias a la cantidad de agua, al tiempo de fraguado, a la temperatura, cargas y a la resistencia mecánicas que va adquiriendo el concreto hasta llegar al rígido y dejar de ser deformable.

El tiempo de fraguado se hace de acuerdo con los procedimientos descritos en la Norma NTE INEN 158 mediante la aguja de Vicat; se toman lecturas de penetración antes y después del fenómeno y hay factores que influyen en el fraguado como:

- Composición química del cemento.
- La cantidad de agua que acelera o retrasa el fraguado.
- Mientras más fino sea el cemento mayor es la velocidad de hidratación.
- Las temperaturas bajas de  $-1^{\circ}\text{C}$  retardan el fraguado.
- Las temperaturas altas aceleran el fraguado.

- **Falso Fraguado**

El falso fraguado se da a pocos minutos de haberse realizado la mezcla con el agua.

Una rigidez prematura se obtiene debido a las temperaturas de los molinos superiores de 100°C, que ocasionan una hidratación del retardador (el yeso) y como consecuencia se forman grumos o pelotas en el concreto.

Esta masa se la puede volver a reconstruir, no aumentando agua pues pierde el concreto su resistencia sino sencillamente prolongando el tiempo de mezclado.

- **Estabilidad de Volumen**

Para que exista estabilidad en el concreto los agregados como puzolana, clinker, arcillas, caliza, alúmina, sílice una vez hidratados no deben sufrir una expansión; la posible expansión del cemento es causado por periclasa (MgO cristalino) formado por el enfriamiento del clinker y de cal libre.(CaO) en el proceso de la molienda de las materias primas o por temperaturas insuficientes.

- **Resistencia mecánica**

Es la relación que se establece entre agua- cemento-endurecido, esto se comprueba tomando muestras de ensayo hechas en probetas de mortero.

La relación agua-cemento constante, da lugar a mezclas muy plásticas y a veces secas, esto depende de la calidad de cemento utilizado.

La determinación de la constancia normal se hace sobre la caída de flujo sobre la cual se coloca una muestra en forma de cono, el mortero debe dar un determinado cambio de diámetro al final del número de caídas.

## **2.- Agregados (canteras Carchi – Imbabura)**

Los agregados son aquellos materiales que provienen de la naturaleza, resultado de una fragmentación por los fenómenos geológicos que la tierra sufre constantemente,

al solidificarse y consolidarse, dando origen a las rocas originales o ígneas, que al estar expuestas a los cambios externos como la meteorización y acciones de diversas presiones, temperaturas y el tiempo se van transformando en rocas sedimentarias, metamórficas.

Es por esto que es importante conocer la procedencia de los agregados de las Canteras: "Michuquer", "La Peñas", en la Provincia del Carchi, y canteras: "Ambuquí", "Collasquí", "Imbapétreos", "Ambuquí – Panavial", "Mina Blanca", en la Provincia de Imbabura, para analizar sus características físicas como mecánicas, las mismas que determinarán la resistencia de la mezcla.

## **2.2.- Propiedades Físicas y Mecánicas**

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las Provincias, tenemos que tener muestras representativas las mismas que las obtenemos de las canteras y de las cuales realizamos una serie de procesos para determinar sus características:

- Reducción de Muestras de Agregados a Tamaño de Ensayo. ASTM C-702.
- Granulometría. NTE INEN 696.
- Abrasión. ASTM C 131 - NTE INEN 861.
- Densidad. NTE INEN 857, 858.
- Absorción. NTE INEN 857, 858.

## **3.- Agua**

El agua es el elemento natural más indispensable para la vida de todos los seres vivos.

Es el elemento útil en todas las actividades que realiza el hombre es así como en la elaboración del concreto, el agua ocupa un lugar primordial durante el estado plástico,

el proceso de fraguado y el estado endurecido de la mezcla del concreto, definiéndose que por las propiedades químicas que posee al mezclarse con los agregados se clasifica en agua de mezclado y agua de curado.

Los estudios en el laboratorio del agua utilizado en las provincias del Carchi e Imbabura, demuestran con mucha satisfacción que se trata de un agua pura, libre de óxidos y es apropiada para el consumo masivo de la población.

### **3.1.- Clasificación del Agua de Mezclado**

- **Agua de mezclado**

Se define como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento. En una porción de pasta hidratada el agua se encuentra en dos formas básicas: agua de hidratación (no evaporable) y agua evaporable.

- **Agua Evaporable**

Lo que queda de agua en la pasta puede evaporarse a 0° de humedad relativa de ambiente y a 110°C de temperatura. El gel de cemento ejerce atracción molecular sobre una parte del agua evaporable y la mantiene atraída.

- **Agua de Absorción**

Es la capa que está fuertemente adherida a las superficies del gel por fuerzas intermoleculares de atracción.

- **Agua Capilar**

Es el agua que ocupa los poros capilares de la pasta y que se encuentran comprendidas en el intervalo de 30°.

- **Agua Libre**

La porción de agua no evaporable que existe en la pasta puede ser una medida de hidratación alcanzado por los gramos de cemento, produciendo un desplazamiento de agua del exterior al interior de estos.

El agua que el cemento necesita para su completa hidratación representa como término medio un 23% de su peso es decir:

- **Agua de Curado**

El agua que es óptima para una mezcla es buena para el curado del concreto, no debe contener materia orgánica ferrosa para que no se mache.

#### **4.- Aditivos. ASTM C- 494**

El aditivo es otro componente del concreto, es el material que se agrega antes, durante o después de poner los agregados a la mezcla con el propósito de mejorar las propiedades del concreto tales como resistencia, manejabilidad, fraguado, durabilidad, etc.

##### **4.1.- Clasificación de los Aditivos**

- Inclusiones de aire
- Fluidizantes
- Retardante de Fraguado
- Acelerantes de Resistencia
- Estabilizadores de Volumen
- Endurecedores

##### **4.2.- Aditivos Utilizados en este Estudio**

- **Rheomac SF100**

(Aditivo mineral, micro sílice compactada)



Es un aditivo mineral de micro sílice compactado en polvo, formulado para producir concreto o mortero extremadamente fuerte y durable con características especiales de desempeño.

- **Glenium 3030 NS**

(Aditivo reductor de agua de rango completo para concreto)

Es un aditivo reductor de agua de rango completo, listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarbolixato. Es muy efectivo en la producción de cemento con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieren el uso del concreto auto - compactable.

- **Rheobuild 1000**

(Aditivo reductor de agua para producir concretos reo plásticos)

Es un aditivo de agua de alto rango diseñado para producir concreto reo plástico que fluye fácilmente, mantiene una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto súper plastificante convencional.

- **Maxiflo 100N**

Maxiflo 100 N es un aditivo plastificante y reductor de agua, sin cloruros, especialmente formulado para mejorar la manejabilidad y aumentar las resistencias del concreto y mortero, sin afectar los tiempos de fraguado.

## **5.- ENSAYOS**

### **5.1.- CEMENTO, DETERMINACION DE LA FINURA POR:**

- Tamizado Seco ASTM C 184 - 82, NTE INEN 489
- Tamizado Húmedo ASTM C 430 - 03
- Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros. NTE INEN 488.

- Determinación del tiempo de Fraguado. Método de Vicat ASTM C 191 - 07, NTE INEN 158.
- Determinación de la Permeabilidad al aire. Método de Blaine ASTM C – 204
- Determinación de la Expansión. Método de Autoclave ASTM C 151-05

## **5.2.- AGREGADOS.**

- Resistencia a Abrasión y Degradación. ASTM C 131
- Granulometría o Tamizado de Materiales Granulados ASTM C 33
- Determinación de la Densidad y Absorción para Agregados Finos, NTE INEN 856
- Determinación de la Densidad y Absorción para Agregados Gruesos, NTE INEN 857
- Determinación de la Humedad de los Agregados. NTE INEN 862
- Determinación de la Masa unitaria (Peso Volumétrico) y Porcentaje de Vacíos. NTE INEN 858.

## **6.- ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN**

### **6.1.- ENSAYOS**

- Práctica Estándar para el Muestreo del Concreto recién Mezclado. ASTM C – 172, NTE INEN 1763.
- Método de Presión. Contenido de Aire de Hormigón Fresco. ASTM C – 231
- Método Volumétrico el Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado. ASTM C 173.
- Método de Revenimiento en el Concreto a Base de Cemento Hidráulico. ASTM C 143, NTE INEN 1578.
- Método de Temperatura del Concreto Recién Mezclado. ASTM C 1064.

- Elaboración y Curado en obra de Especímenes de Hormigón para Pruebas de Compresión. ASTM C 31, NTE INEN 1 576.
- Práctica Normalizada para el Refrendado de Probetas de Hormigón. ASTM C 167 – 98.
- Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes de Hormigón. NTE IENE 1 573.

## 7.- RESULTADOS

HORMIGONES DE ALTO DESEMPEÑO						
DOSIFICACIONES PARA HORMIGONES DE CEMENTO PORTLAND						
MÉTODO ACI 211						
Fecha:	07/18/2012					
Fuente:	Grueso de 3/4" Ambuqui. Arena Fina de San Roque					
Tesista:	Andrea Jacqueline Imbaquíngüo Chamorro					
	<b>TIPO</b>		<b>DISPERSION</b>		<b>CONSISTENCIA</b>	
BOMBEABLE	1,00	SI	slid	40,00	kg/cm2	ASENTAMIENT
			Curvas de f'c vs relacion a/c			1,00
	2,00	NO	ACI	1,00		2,00
			TIPO I	2,00		8-10cm
FACTOR B	1,00		ESPECIAL	3,00		3,00
						15-18cm
OPCION:	2,00		OPCION :	1,00		OPCION No: 2,00
<b>PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS</b>				<b>PROCEDENCIA AGREGADOS</b>		
	<b>RIPIO</b>	<b>ARENA</b>	<b>CEMENTO</b>			
Ge			3,15	<b>CEMENTO</b>	Selva Alegre	
PUC (Kg/m³)	1526			<b>ARENA</b>	San Roque	
PUS(kg/m³)	1401			<b>RIPIO</b>	3/4" Ambuqui	
T máx (pulg)	0,75			<b>ADITIVO</b>	Glenium 3030	
Mf		2,8		<b>ADITIVO</b>	Rheomac	
%Ab	1,3	2,8				
%Hn	0,4	0,1				
Dsss (kg/m³)	2648	2611				
PUS(kg/m³)	1401	1700				
<b>REQUERIMIENTO</b>						a/c
f'c:	460,00		kg/cm2	f'cdis:	514	kg/cm2
						0,37
<b>RESULTADOS</b>						
<b>DOSIFICACION EN PESO</b>						
	<b>VOL SSS</b>		<b>PESO SSS</b>		<b>PESO SECO</b>	
					<b>PESO ESTADO NAT.</b>	
AGUA	53,6	gal.	53,6	gal.	62,8	gal.
CEMENTO	10,8	sacos	538,3	kg.	538,3	kg.
ARENA	0,3	m³	866,0	kg.	843,8	kg.
RIPIO	0,4	m³	965,4	kg.	952,8	kg.
TOTAL	1,07	m³	2.572,59		2.572,59	
<b>DOSIFICACION EN VOLUMEN</b>		<b>DOSIFICACION EN PROPORCION</b>			<b>DOSIF PARA PRUEBAS DE LABORATORIO</b>	
AGUA	61,52	gal.	5,71	gal.	5,71	gal.
CEMENTO	10,77	sacos	1,00	sacos	1,0	sacos
ARENA	0,50	m³	0,05	m³	1,3	parigueltas
RIPIO	0,68	m³	0,06	m³	1,8	parigueltas
			PARIGUELAS DE :		0,33 largo	
					0,33 ancho	
					0,33 alto	
					0,04 m³	
						6 CILINDROS



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (L.E.M - ESPE)**  
**ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PROBETAS DE HORMIGÓN**  
**NORMA: ASTM C 1231, ASTM C 39**

Fecha: 18 de Julio del 2012  
 Dosificación: 460 kg/cm<sup>2</sup>  
 Proyecto: Tesis "Hormigones de alto Desempeño"

Muestra No.	Fecha vaciado	Fecha rotura	Peso de la probeta g	Dimensiones		Área probeta cm <sup>2</sup>	Volumen probeta cm <sup>3</sup>	Peso Volumétrico g/cm <sup>3</sup>	Carga Kg	Resistencia Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	Edad Días
				Altura cm	Diámetro cm						
1	18/07/12	25/07/12	12957,60	30,70	15,24	182,41	5600,13	2,31	36791,00	201,69	7
2	18/07/12	25/07/12	12804,80	30,60	15,16	180,50	5523,44	2,32	45890,00	254,23	7
3	18/07/12	01/08/12	12953,30	30,30	15,14	180,03	5454,87	2,37	35643,20	197,99	14
4	18/07/12	01/08/12	12716,00	30,60	15,18	180,98	5538,02	2,30	31644,23	174,85	14
5	18/07/12	31/08/12	12654,00	30,70	15,34	184,82	5673,86	2,23	20103,06	108,77	44
6	18/07/12	31/08/12	13368,10	30,50	15,16	180,50	5505,39	2,43	20097,50	111,34	44

**Observaciones:**

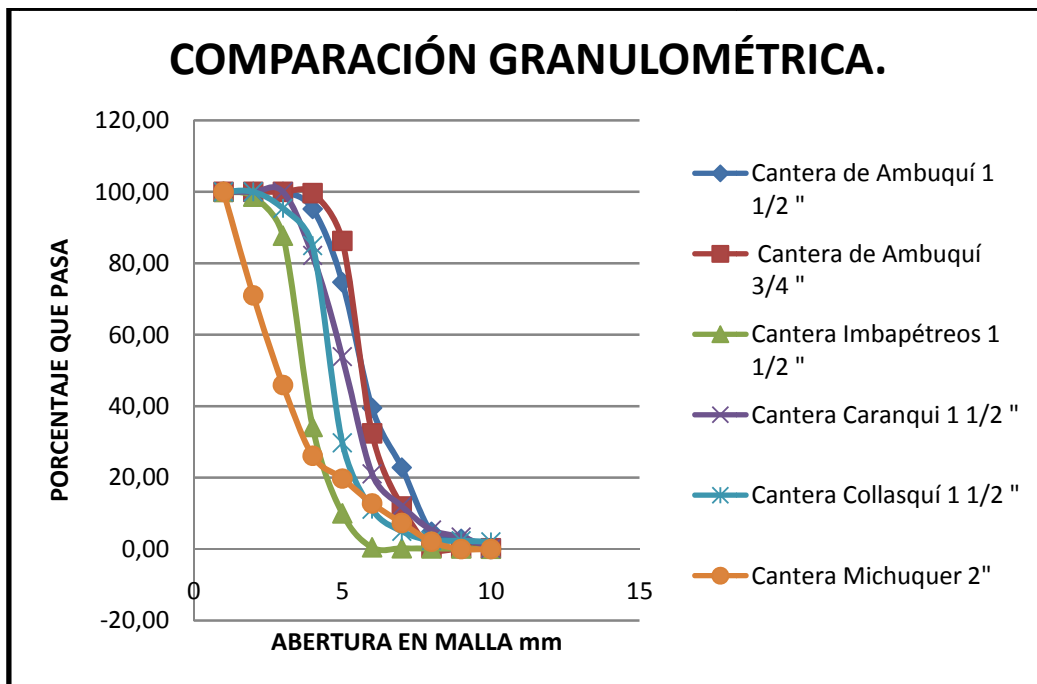
Incorporamos 214,11 ml del aditivo Glenium 3030 y 2,745 Kg del aditivo Rheomac 100 (micro sílice), valores que se especifican en el Capítulo II (ADITIVOS)

Registró un asentamiento de 21 cm  
 Temperatura registrada durante la toma de muestras 21°C

<b>ENSAYÓ - CALCULÓ:</b> Imbaquingo Chamorro Andrea Jacqueline	<b>VERIFICÓ:</b> Ing. Hugo Bonifáz	<b>VERIFICÓ:</b> Ing. Ricardo Durán
---	---------------------------------------	--

**7.1.- CUADROS COMPARATIVOS**

- Granulometría



- **Análisis:**

Las características de los agregados y su influencia en el comportamiento del concreto, no solo es útil para establecer criterios de selección, sino también para definir y especificar los beneficios y acondicionamientos a los que pueden someterse los agregados que presentan deficiencias.

Normalmente el agregado fino contiene partículas entre 0,075 y 4,75 mm; las arenas finas a menudo resultan antieconómicas su módulo de finura no debe ser menor de 2.2 ni mayor de 3.2, las arenas cuyos valores sean inferiores a 2.2 son un inconveniente para la aplicación; por que requieren mayores consumos de pasta de cemento, repercutiendo en cambios volumétricos y económicos, caso contrario sucede en arenas cuyos módulos sean mayores de 3.2 resultan demasiado gruesas y son inadecuadas por que tienden a producir mezclas de concreto ásperas, segregables, y sensibles al sangrado.

<b>AGREGADOS FINOS</b>	
Polvo de Piedra Ambuquí	4,26
<b>Arena - Imbapétreos</b>	<b>3,78</b>
Arena - Collasquí	4,05
Polvo de Piedra Panavial	4,20
Arena - Las Peñas	4,89

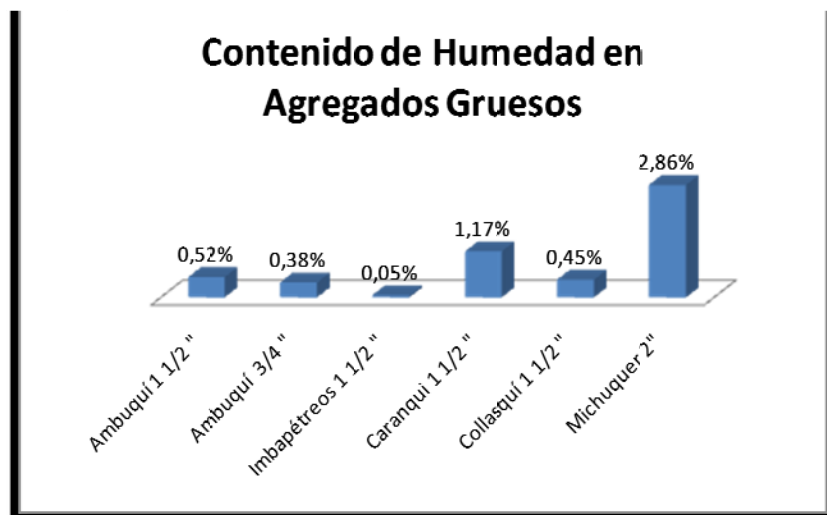
El tamaño nominal del agregado grueso comprende desde 4.75 mm hasta dimensiones de fragmentos más grandes, nuestros agregados como lo indican las gráficas 2, 3, 5, 7, 8, 11, no ingresan a la faja granulométrica establecida por la norma NTE INEN 696, comprobando también en la práctica que sus elevados tamaños influyeron directamente en la adherencia, solidez y resistencia de los hormigones

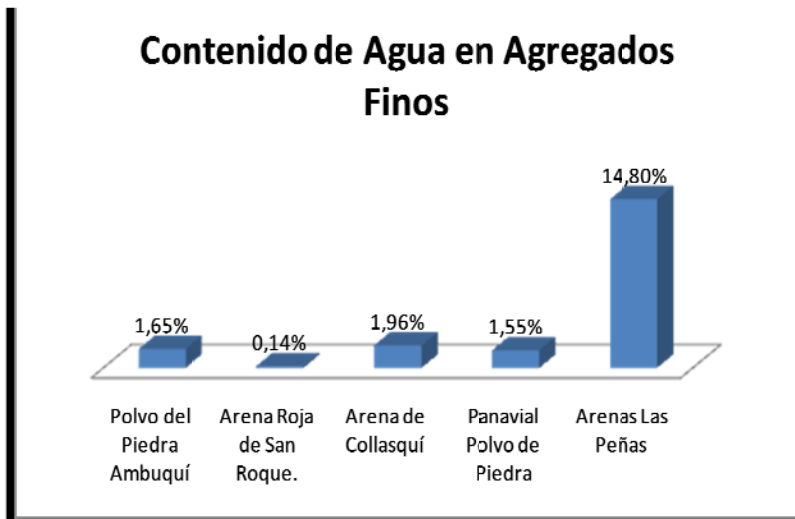
AGREGADOS GRUESOS	
1 1/2" Ambuqui	38,10 mm
3/4" Ambuqui	19 mm
1 1/2" Imbapetreos	38,10 mm
1 1/2" Caranqui	38,10 mm
1 1/2" Collasqui	38,10 mm
2" Michuquer	100 mm

En vista que los resultados no eran favorables a medida que el agregado grueso tenía un mayor tamaño, optamos por usar el agregado de 3/4" Ambuquí con un tamaño máximo de 19 mm.

Entre más pequeño sea el tamaño del agregado, favorece significativamente a la adherencia (agua/cemento), a la mezcla, y por medio a la resistencia final del concreto.

- **Contenido de Humedad**





- **Análisis**

El contenido de humedad nos representa los poros que poseen los agregados, los cuales pueden estar llenos de agua; siendo un factor importante al momento de realizar una dosificación ya que nos aporta agua a la mezcla.

En la Gráfica nos muestra los porcentajes de humedad de los agregados gruesos, en los cuales podemos notar que los poros de estos agregados estaban parcialmente secos a excepción del material de Michuquer de 2" con un porcentaje superior a los demás.

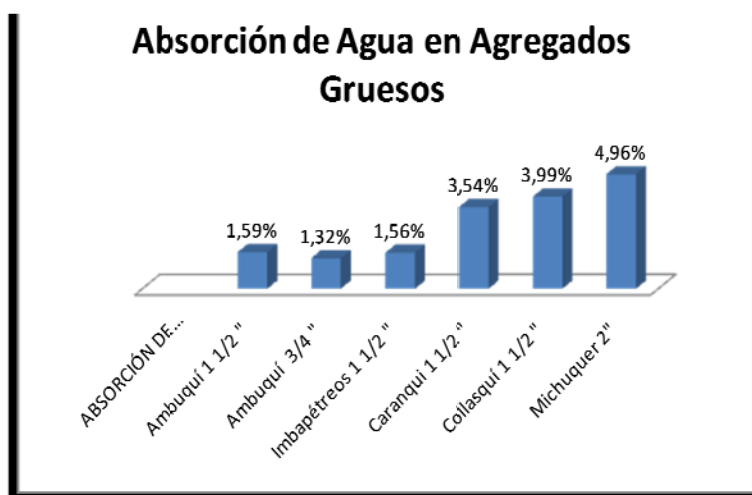
Se puede trabajar con todos los materiales y sus diferentes porcentajes de humedad los mismos que marcan incidencia en la dosificación final, ya que pueden aportar una mínima o mayor cantidad de agua.

CONTENIDO DE HUMEDAD GRUESOS	
1 1/2 Ambuquí	0,52%
3/4 Ambuquí	0,38%
1 1/2 Imbapetresos	0,05%
1 1/2 Caranquí	1,17%
1 1/2 Collasquí	0,45%
2 Michuquer	2,86%

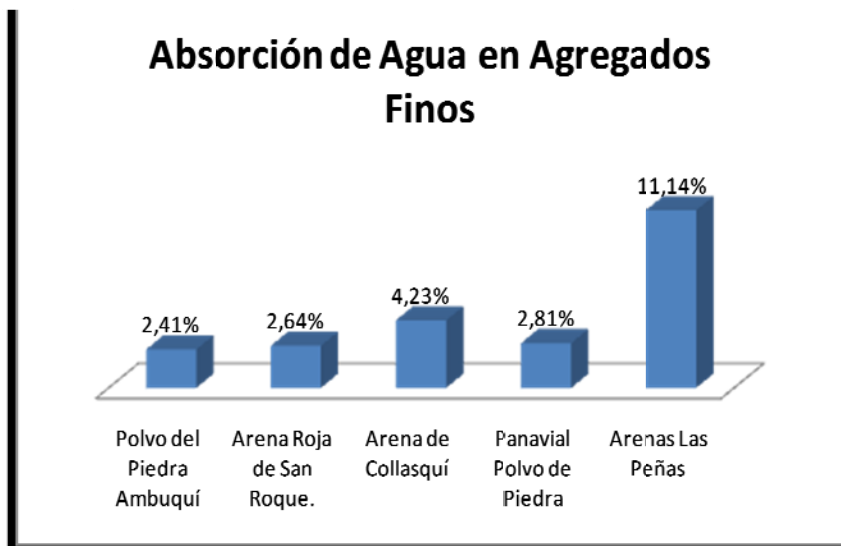
Como se indica en la Tabla, el polvo de piedra de Ambuquí, arena de Collasquí, polvo de piedra de Panavial - Ambuquí registran valores similares en las cuales podemos concluir que poseían una mínima cantidad de agua en sus poros; en la arena de San Roque con 0,14% indica que estaba totalmente seca; la arena de las Peñas con un valor de 14,80% poseía una gran cantidad de agua, los porcentajes de humedad en su mayor o menor capacidad influyen directamente a la dosificación y por medio a la resistencia.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD FINOS</b>	
Polvo de Piedra Ambuquí	1,65%
Arena - Imbapétreos	0,14%
Arena - Collasquí	1,96%
Polvo de Piedra Panavial	1,55%
Arena - Las Peñas	14,80%

- **Determinación de Pesos Específicos y Absorción de Agua**







- Análisis**

La absorción está íntimamente vinculada con la porosidad interna de los granos de los agregados y con la permeabilidad de los hormigones.

En los agregados gruesos el porcentaje de absorción de los materiales de Ambuquí 1 1/2" (1,59%), Ambuquí 3/4" (1,32%), Imbapétreos 1 1/2" (1,56%) se encuentran en rangos similares al igual que la cantera de Caranqui 1 1/2" (3,54%), Collasquí 1 1/2" (3,99%) y Michuquer 2" (4,96%), los pesos específicos como lo indica la Tabla cumplen con los límites ( $2,2 < \gamma < 2,7 \text{ g/cm}^3$ ), por lo tanto son áridos que se consideran en especificaciones de la norma NTE INEN 857.

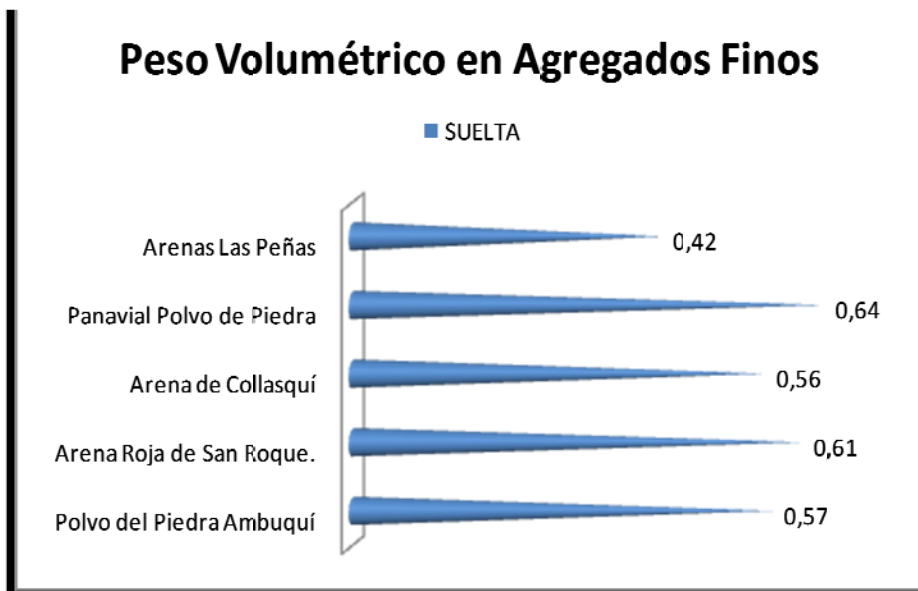
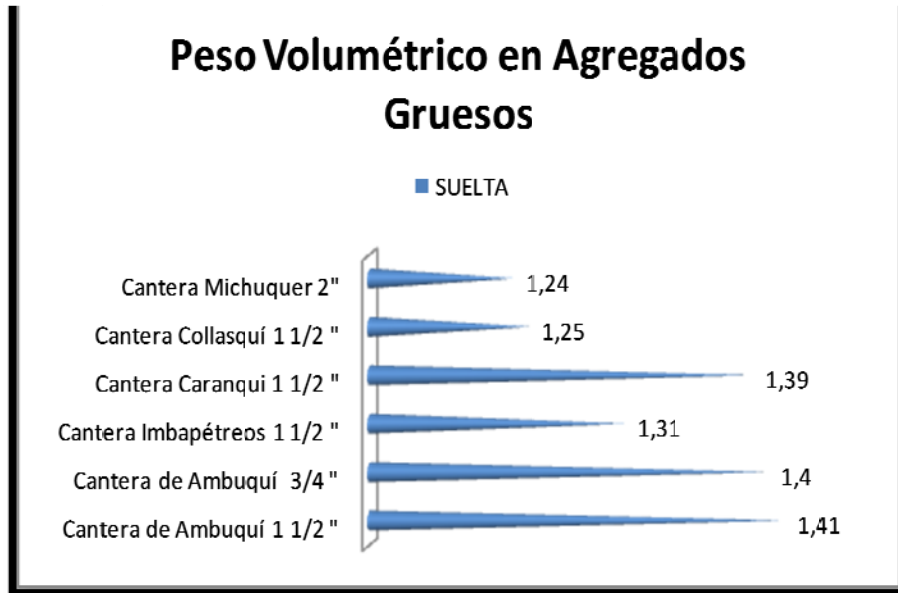
PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGUA EN GRUESOS		
1 1/2" Ambuquí	1,59%	2,65 g/cm <sup>3</sup>
3/4" Ambuquí	1,32%	2,62 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Imbapetreos	1,56%	2,61 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Caranqui	3,54%	2,33 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Collasqui	3,99%	2,32 g/cm <sup>3</sup>
2" Michuquer	4,96%	2,37 g/cm <sup>3</sup>

En los agregados finos podemos acotar que los porcentajes de absorción para las Canteras de Ambuquí (2,41%), Imbapétreos (2,64%), Collasquí (4,23%), Panavial (2,81%), son valores que están dentro de los límites establecidos por la Norma NTE INEN 856 como su peso específico, a excepción de la arena de la Cantera "Las Peñas" con un porcentaje de absorción de 11,14% y con un peso específico de 1,99 g/cm<sup>3</sup> que no cumple con lo establecido.

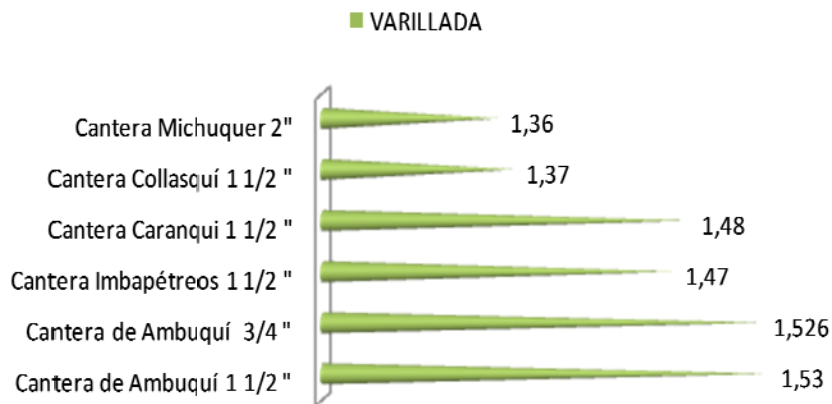
<b>PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGUA EN FINOS</b>		
Poivo de Piedra Ambuqui	2,41%	2,41 g/cm <sup>3</sup>
Arena - Imbapetreos	2,64%	2,54 g/cm <sup>3</sup>
Arena - Collasqui	4,23%	2,32 g/cm <sup>3</sup>
Poivo de Piedra Panavial	2,81%	2,54 g/cm <sup>3</sup>
Arena - Las Penas	11,14%	2,21 g/cm <sup>3</sup>

El porcentaje de absorción nos indica que el agregado fino y grueso absorberán este porcentaje del volumen total del agua; razón por la cual se debe aumentar el agua para la mezcla hasta tener el 100%.

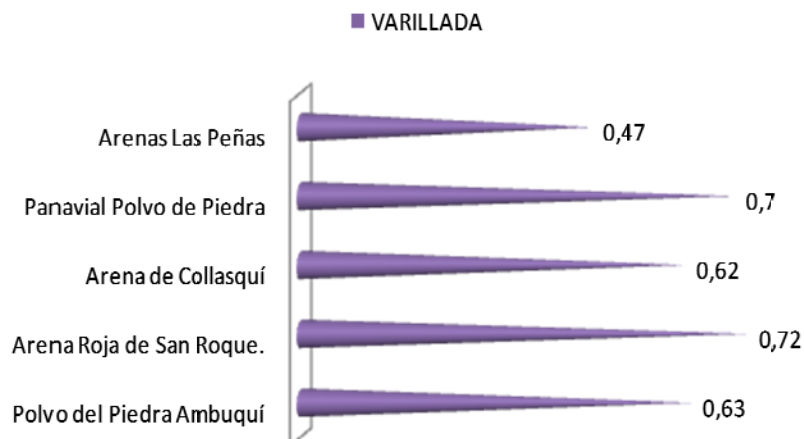
- **Determinación de la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos.**



## Peso Volumétrico en Agregados Grueso



## Peso Volumétrico en Agregados Finos



- **Análisis**

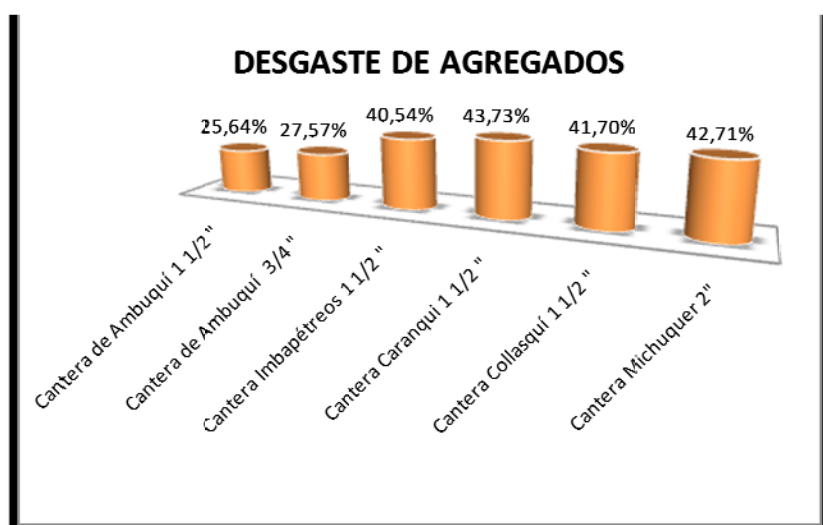
Los agregados gruesos en forma suelta y varillas registran valores similares, todos en un rango 1.14 a 1.53 g/cm<sup>3</sup> de masa unitaria (Peso Volumétrico); los mismos que nos permiten determinar la relación masa- volumen; para conocer la cantidad exacta de material que debe intervenir en la dosificación.

MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO), PORCENTAJE DE VACÍOS - GRUESOS		
	SUELTA	VARILLADA
1 1/2" Ambuqui	1,14 g/cm <sup>3</sup>	1,53 g/cm <sup>3</sup>
3/4" Ambuqui	1,40 g/cm <sup>3</sup>	1,52 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Imbapetreos	1,31 g/cm <sup>3</sup>	1,47 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Caranqui	1,39 g/cm <sup>3</sup>	1,48 g/cm <sup>3</sup>
1 1/2" Collasqui	1,25 g/cm <sup>3</sup>	1,37 g/cm <sup>3</sup>
2" Michuquer	1,24 g/cm <sup>3</sup>	1,36 g/cm <sup>3</sup>

Para los agregados finos en forma suelta y varillada sus valores se encuentran en un rango 0.42 a 0.72 g/cm<sup>3</sup>, lo que podemos concluir que estos áridos al ser más finos permiten que sus partículas se acomoden y requiera de mayor volumen.

MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO), PORCENTAJE DE VACÍOS - FINOS		
	SUELTA	VARILLADA
Poivo de Piedra Ambuqui	0,57 g/cm <sup>3</sup>	0,63g/cm <sup>3</sup>
Arena - Imbapetreos	0,61g/cm <sup>3</sup>	0,72 g/cm <sup>3</sup>
Arena - Collasqui	0,56g/cm <sup>3</sup>	0,62 g/cm <sup>3</sup>
Poivo de Piedra Panavial	0,64g/cm <sup>3</sup>	0,70 g/cm <sup>3</sup>
Arena - Las Penas	0,42 g/cm <sup>3</sup>	0,47 g/cm <sup>3</sup>

- **Desgaste de agregados**



- **Análisis**

El desgaste de agregados gruesos como lo podemos ver en la Tabla, no debe sobrepasar del 50% del total de la muestra; por lo que están en los rangos establecidos por la norma NTE INEN 861, entre menor sea el desgaste el agregado es considerado como de mejor calidad y durabilidad, aspecto determinante en una mezcla. Con los datos ya mencionados utilizamos los agregados para varias dosificaciones encontrando óptimos resultando al emplear en el ¾” Ambuquí – Provincia de Imbabura

<b>DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS</b>	
1 1/2” Ambuquí	25,64%
<b>¾” Ambuquí</b>	<b>27,57%</b>
1 1/2” Imbabapetreos	40,54%
1 1/2” Caranquí	43,73%
1 1/2” Collasquí	41,70%
2” Michuquer	42,70%

## **8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES:**

- Con esta investigación, es necesario mencionar que la implementación de hormigones de alto desempeño en el país es una propuesta innovadora y eficaz, pero aún desconocida por los profesionales de la construcción, con este antecedente nos decidimos a realizar este proyecto.
- Para proveer un hormigón de alto desempeño deberíamos primeramente analizar las características físicas y mecánicas de los agregados que intervendrán en la mezcla.

- En base a la experiencia durante la realización de las dosificaciones, vimos meritorio seguir estrictamente las recomendaciones que establecen los fabricantes de aditivos, evitar la combinación con otros; a fin de optimizar este material y proveer reacciones adversas.
- El conocimiento previo de las normas ASTM, NTE INEN, que se usaron en esta investigación nos permitió evitar equívocos desde la toma de muestras hasta la obtención de la resistencia final.
- Los agregados sin la incorporación de aditivos en la mayoría de ensayos proporcionan estándares favorables, lo que nos habla de buena calidad de los mismos; sin descartar que se requiere indispensablemente de estos para obtener hormigones de mejor rendimiento.
- De la correcta toma y curado de los cilindros estandarizados en la norma NTE INEN 1 576 dependerá la ruptura, y por lo tanto influirá en los datos de resistencia.
- El módulo de finura inferior al rango permitido por la norma NTE INEN 696 son inconvenientes para la aplicación, por que requieren de mayores consumos de cemento repercutiendo adversamente en los cambios volumétricos y económicos.
- El tamaño de los agregados gruesos influyen directamente en la dosificación final, por lo que es apropiados usar materiales de menos tamaño para obtener una pasta homogénea.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante que el agregado tenga buena solidez, durabilidad y resistencia a la intemperie, que su superficie esté libre de impurezas como arcillas, limos o materiales orgánicos, los cuales pueden debilitar la adherencia con la pasta de cemento.
- No es muy recomendable usar arenas y agregados muy gruesos porque pueden producir mezclas rígidas, no trabajables y de baja resistencia.

- Es menester que el transporte de las muestras antes de ser ensayadas cumplan las condiciones adecuadas establecida por la norma NTE INEN 1 576 numeral 5.8, para evitar que estas sufran golpes y daños, y por consiguiente influyan en sus resistencias finales.
- Es importante que el cemento se encuentre en buenas condiciones ya que al notar que su consistencia es granulosa puede ser que este meteorizado, no será útil para realizar dosificaciones porque alterará directamente a la resistencia.
- El aditivo utilizado cumple un papel fundamental en la resistencia de la mezcla, es por esta razón que aconsejo el uso adecuado.
- No se debe tomar muestra antes del 10 % ni después del 90 % de la mezcla que haya sido descargada, debido a la dificultad para determinar la cantidad real del hormigón, como lo indica la norma NTE INEN 1 855

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

- SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. BRADAR EDITORES LTDA, 5 Edición, Santafé de Bogotá D.C – Colombia, 2001, Tabla 4.5 Clasificación general del agregado según su tamaño, pág. 70.
- BASF, Construction Chemical South America, Guía de Productos, Aditivo Glenium 3030, Rheobuild 1000, Rheomac SF 100, disponible en: [www.southamerica.basf-cc.com](http://www.southamerica.basf-cc.com)
- INTACO S.A, Productos, Aditivo para el Concreto, Maxiflo 100N, Aditivo plastificante y reductor de agua para acelerar las resistencias del concreto y mortero, <http://www.intaco.com/productosec.swf>



- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 862, Primera Revisión, Áridos para Hormigón. Determinación del Contenido total de humedad.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 872, Primera Revisión, Áridos para Hormigón. Requisitos.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 856, Primera Revisión, Áridos. Determinación de la Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y Absorción del árido fino.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 857, Primera Revisión, Áridos. Determinación de la Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y Absorción del árido grueso.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 858, Primera Revisión, Áridos. Determinación de la Masa Unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 1 576, Áridos. Hormigón del Cemento Hidráulico. Elaboración y Curado en obra de especímenes para ensayos.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 861, Primera Revisión, Áridos. Determinación del valor de la degradación de agregados gruesos de partículas mayores a 19 mm mediante el uso de la máquina de los Ángeles.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 1 855-1, Hormigones. Hormigón premezclado. Requisitos.

- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 1 578, Primera Revisión, Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 695, Primera Revisión, Áridos. Muestreo.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 859, Primera Revisión, Áridos para Hormigón. Determinación de la Humedad superficial en el árido fino.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 696, Primera Revisión, Áridos. Análisis Granulométrico en los áridos fino y grueso.
- STEVEN H. KOSMATKA, BEATRIX KERKHOFF, WILLIAM C. PANARESE Y JUSSARA TANESI, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Primera Edición, ed. 2004 Portland Cement Association. Capítulo 1,2,3,4,5,6. Pag 1 a 152.
- GERMAN GONZALEZ- ISABEL, Hormigón de Alta Resistencia, Primera Edición, GRAFMAN S.A, Capítulo 1,3,6,7,8.