



# Universidad Austral de Chile

**Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Construcción Civil**

**“ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON AL  
AUMENTAR EL PORCENTAJE DE FINOS PERMITIDO POR  
LA NORMA CHILENA NCH 163”**

Tesis Para Optar Al Título De:  
Ingeniero Constructor

Profesor Patrocinante:  
Sr. José Arrey Díaz.  
Constructor Civil, especialista en hormigones.  
Experto en Prevención de Riesgos Ocupacionales.

**ALEJANDRA LUCRECIA SOBARZO MENDEZ  
VALDIVIA-CHILE  
2007**

## DEDICATORIA

*Dedicada a la memoria de mis padres.  
Oswaldo y Lucrecia.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen por estar siempre a mi lado.

A mis padres y hermana Nelly que mientras estuvieron conmigo me dieron todo su cariño y se que desde el cielo me iluminan para ser una mejor persona, ya que sus consejos nunca los olvidare y que cada día que pasa los recuerdo con amor infinito.

A mi hermano Hernán por apoyarme incondicionalmente sobretodo en los momentos más difíciles, te quiero mucho hermano y ten presente que siempre que me necesites estaré contigo.

A mi negrito que lo amo gracias por tu compañía, respaldo y tu amor.

A mi amiga Dianella, gracias por tu amistad, te quiero mucho.

A todos mis amigos y compañeros Rodrigo, Carlos, Marco, por haber hecho la estadia en la universidad mas grata.

A mi profesor guía don José Arrey Díaz.

A todo el personal del Lemco por su colaboración: Rodrigo, Marcelo, Leonardo y Fernando.

Y a todos los que en algún momento estuvieron a mi lado.

## INDICE

<b>TEMA</b>	<b>PAG.</b>
<b>CAPITULO I : HORMIGON</b>	
1.1.- Antecedentes Generales.	1
1.2.- Hormigón fresco.	2
1.2.1.- Exudación del agua de amasado.	2
1.2.2.- Variaciones de volumen.	3
1.2.3.- Falso fraguado del cemento.	4
1.3.- Hormigón endurecido.	5
1.3.1.- Densidad.	5
1.3.2.- Resistencia.	6
1.3.3.- Variaciones de volumen.	7
1.3.4.- Propiedades elásticas y plásticas.	9
1.3.5.- Permeabilidad del hormigón.	10
1.3.6.- Durabilidad del hormigón.	11
<b>CAPITULO II : DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL</b>	
2.1.- Generalidades.	12
2.2.- Materiales que intervienen en el estudio.	12
2.2.1.- Finos.	12
2.2.2.- Áridos.	13
2.2.3.- Cemento.	14
2.2.4.- Agua.	14
2.3.- Ensayos realizados a los áridos para la dosificación.	14
2.3.1.- Extracción y preparación de muestras.	14
2.3.2.- Granulometría.	15
2.3.3.- Materia orgánica.	16

2.3.4.- Material fino menor que 0,008 mm.	17
2.3.5.- Densidades reales, netas y absorción.	18
2.4.- Dosificaciones.	19
2.5.- Confección de mezclas.	24
<b>CAPITULO III : ENSAYOS</b>	
3.1.- Ensayo de compresión.	30
3.2.- Ensayo de tracción por flexión.	32
<b>CAPITULO IV : RESULTADOS</b>	
4.1.- Resultados de la medición de cono.	34
4.2.- Resistencia a la compresión.	36
4.2.1.- Resultados.	36
4.3.- Resistencia a la flexotraccion.	52
4.3.1.- Resultados.	52
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES.</b>	
5.1. Conclusiones.	56
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	58

## INDICE DE FIGURAS

<b>TEMA</b>	<b>PAG.</b>
<b>CAPITULO II : DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL</b>	
Figura N° 1, Finos.	13
Figura N° 2, Áridos.	13
Figura N° 3, Cemento.	14
Figura N° 4, Material orgánico.	17
Figura N° 5, Betonera con arena y cemento.	25
Figura N° 6, Betonera con arena, cemento, gravilla y grava.	25
Figura N° 7, Betonera con arena, cemento, gravilla, grava y arena.	26
Figura N° 8, Cono de Abrams.	26
Figura N° 9, Enrasado del Cono de Abrams.	27
Figura N° 10, Medición del Cono de Abrams.	27
Figura N° 11, Compactación con vibrador.	28
Figura N° 12, Acabado e identificación de moldes.	29
Figura N° 13, Curado de probetas.	29
<b>CAPITULO III : ENSAYOS</b>	
Figura N° 14, Maquina de ensayo.	31
Figura N° 15, Ensayo de probetas.	31
Figura N° 16, Maquina de ensayo.	32
Figura N° 17, Ensayo de probetas.	33
<b>CAPITULO IV : RESULTADOS</b>	
Figura N° 18, Grafico variación asentamiento cono H25.	34
Figura N° 19, Grafico variación asentamiento cono HF 3,0.	35

Figura N° 20, Grafico variación densidades H25.	36
Figura N° 21, Grafico variación densidades HF-3,0.	37
Figura N° 22, Grafico resistencia a la compresión a los 3 días.	38
Figura N° 23, Grafico resistencia a la compresión a los 7 días.	39
Figura N° 24, Grafico resistencia a la compresión a los 14 días.	40
Figura N° 25, Grafico resistencia a la compresión a los 28 días.	41
Figura N° 26, Grafico resistencia a la compresión a los 28 días.	42
Figura N° 27, Grafico porcentaje alcanzado con respecto al patron H-25.	43
Figura N° 28, Grafico resistencia a la compresión a los 3 días.	44
Figura N° 29, Grafico resistencia a la compresión a los 7 días.	45
Figura N° 30, Grafico resistencia a la compresión a los 14 días.	46
Figura N° 31, Grafico resistencia a la compresión a los 28 días.	47
Figura N° 32, Grafico resistencia a la compresión a los 28 días.	48
Figura N° 33, Grafico porcentaje alcanzado con respecto al patron HF-3,0.	49
Figura N° 34, Grafico resistencia a la flexotraccion a los 3 días.	50
Figura N° 35, Grafico resistencia a la flexotraccion a los 7 días.	51
Figura N° 36, Grafico resistencia a la flexotraccion a los 14 días.	52
Figura N° 37, Grafico resistencia a la flexotraccion a los 28 días.	53
Figura N° 38, Grafico resistencia a la flexotraccion a los 28 días.	54
Figura N° 39, Grafico porcentaje alcanzado con respecto al patron HF-3,0.	55

## INDICE DE TABLAS

<b>TEMA</b>	<b>PAG.</b>
<b>CAPITULO II : DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL</b>	
Tabla N° 1, Resultados granulometría grava.	15
Tabla N° 2, Resultados granulometría gravilla.	15
Tabla N° 3, Resultados granulometría arena.	16
Tabla N° 4, Resultados ensayo material fino menor a 0,008 mm grava.	17
Tabla N° 5, Resultados ensayo material fino menor a 0,008 mm arena.	18
Tabla N° 6, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción grava.	18
Tabla N° 7, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción gravilla.	18
Tabla N° 8, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción arena.	19
Tabla N° 9, Árido combinado.	20
Tabla N° 10, Resumen dosificación.	23
Tabla N° 11, Resumen dosificación.	24
<b>CAPITULO IV : RESULTADOS</b>	
Tabla N° 12, Resultados de la medición de cono, H25.	34
Tabla N° 13, Resultados de la medición de cono, HF-3,0.	35
Tabla N° 14, Densidades promedio H25.	36
Tabla N° 15, Densidades promedio HF-3,0.	37
Tabla N° 16, Resistencia H-25 a los 3 días.	38
Tabla N° 17, Resistencia H-25 a los 7 días.	39
Tabla N° 18, Resistencia H-25 a los 14 días.	40
Tabla N° 19, Resistencia H-25 a los 28 días.	41
Tabla N° 20, Resistencia H-25 a los 28 días.	42
Tabla N° 21, Porcentaje de variación resistencias en base al hormigón patrón H-25.	43

Tabla N° 22, Resistencia HF-3,0 a los 3 días.	44
Tabla N° 23, Resistencia HF-3,0 a los 7 días.	45
Tabla N° 24, Resistencia HF-3,0 a los 14 días.	46
Tabla N° 25, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.	47
Tabla N° 26, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.	48
Tabla N° 27, Porcentaje de variación resistencias en base al hormigón patrón HF-3,0.	49
Tabla N° 28, Resistencia HF-3,0 a los 3 días.	50
Tabla N° 29, Resistencia HF-3,0 a los 7 días.	51
Tabla N° 30, Resistencia HF-3,0 a los 14 días.	52
Tabla N° 31, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.	53
Tabla N° 32, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.	54
Tabla N° 33, Porcentaje de variación resistencias en base al hormigón patrón HF-3,0.	55

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se estudió la influencia que provoca un porcentaje de finos (0,080 mm.) mayor a lo que permite la norma Nch 163 en una mezcla de hormigón.

Para ello se elaboraron mezclas patrón que cumplieran con lo que estipula la norma y mezclas de prueba con distintas dosis de finos en la cantidad de arena que se le aplicó al hormigón.

En cada mezcla, tanto la mezcla patrón como las de prueba se determinó la resistencia, la docilidad y la densidad del hormigón y según los resultados obtenidos hasta un 7 % de finos en las arenas favorecen la resistencia de los hormigones.

## SUMMARY

At present it works studied to him the influence that causes a percentage of fine (0,080 mm.) major to which permits the Nch 163 norm in a mixture of concrete.

For it elaborated mix pattern that it fulfilled one's obligations to which stipulates the norm and mix test with different dose of fine in the quantity of sand that it is applied you to the concrete.

In each mixture, so much the pattern mixture as those of proof decided the resistance, the docility and the density of the concrete and according to the results obtained until a 7 % of fine in the sands it favors the resistance of the concretes.

## INTRODUCCION

La resistencia es una de las propiedades más importantes del hormigón, especialmente cuando se le utiliza con motivos estructurales. El hormigón, en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a las tensiones derivadas de las solicitaciones que actúan sobre éste. Si exceden su capacidad resistente se producirán fisuras, primero de origen local y posteriormente generalizadas, que podrán afectar la seguridad de la estructura.

El esfuerzo que el hormigón puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los áridos gruesos y de la interfase entre éstos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y áridos gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.), pueden producir hormigones de distintas resistencias.

Los áridos son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el hormigón y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras.

El plan de estudio consiste en verificar la influencia en la resistencia de un hormigón con una razón agua / cemento constante, la inclusión de granos finos aportados por una arena que mejora el ajuste granulométrico en la zona de la malla # 200 ASTM. ¿Pero que tanto varía esta incorporación de finos la resistencia mecánica del hormigón? Esto es lo que se comprobará experimentalmente en este trabajo, cuanto puede modificar la resistencia mecánica al agregar mas fino.

## **OBJETIVOS GENERALES**

Determinar las variaciones que experimentan las propiedades del hormigón al añadir distintas dosis de fino, todo esto referido a muestras patrones.

Concretamente se determinará:

- La variación de la docilidad del hormigón al aplicar el fino.
- La variación de la densidad del hormigón al aplicar el fino.
- La variación de resistencia mecánica del hormigón al aplicar el fino.

## CAPITULO I

### HORMIGON

#### 1.1.- Antecedentes Generales.

El hormigón es un material que está compuesto básicamente por los áridos y la pasta de cemento. Eventualmente se añaden aditivos.

Los áridos son los materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Normalmente se dividen en dos fracciones: grava y arena.

La pasta de cemento es aglomerante del hormigón, y está constituida por el cemento y el agua.

Los áridos, el cemento y el agua se mezclan juntos para constituir una masa plástica y trabajable, que permite ser moldeada en la forma que se desee.

El cemento y el agua se combinan químicamente por un proceso denominado hidratación, del cual resulta el fraguado del hormigón y su endurecimiento gradual; este endurecimiento puede continuar incesantemente bajo condiciones favorables de humedad y de temperatura, con un aumento de la capacidad resistente del hormigón. Se supone y acepta que el hormigón ha alcanzado su resistencia de trabajo al cabo de 28 días, y es por eso que habitualmente la exigencias de resistencia se especifican y verifican a esa edad.

El hormigón presenta una serie de ventajas sobre otros materiales de construcción, las cuales indudablemente justifican su empleo tan difundido. Entre otras se pueden mencionar las siguientes:

- Endurece y logra resistencia.
- Debido a su plasticidad, puede dársele cualquier forma.
- Se moldea a temperatura normal, no necesita calor.
- No se corroe; resiste a muy diversas condiciones ambientales. Tiene buena durabilidad.
- Es resistente al fuego, por lo menos hasta 400 °C de temperatura.

- Los materiales que se emplean en su elaboración existen en todas parte del mundo y son fáciles de encontrar.

## **1.2.- Hormigón fresco.**

Durante la etapa en que el hormigón se mantiene en estado fresco es de gran importancia poder otorgarle al hormigón una docilidad adecuada al uso que se desea darle.

Durante la etapa en que el hormigón mantiene su estado fresco, experimenta una serie de procesos cuyo origen y consecuencias es necesario conocerlos para tenerlos debidamente en cuenta.

Estos procesos son principalmente los que se describen a continuación.

### **1.2.1.- Exudación del agua de amasado.**

Debido a que el hormigón esta constituido por materiales de distinta densidad real, tiende a producirse la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua. Este proceso induce una serie de efectos internos y externos en el hormigón.

La película superficial del hormigón presenta un contenido de agua mayor que el resto de la masa. Ello significa un aumento de la razón agua / cemento, con una consiguiente menor resistencia para dicha capa. Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de hormigón sometidas a desgaste superficial y en los hormigones utilizados como material de relleno bajo elementos cuyo fondo es horizontal.

El ascenso del agua da origen a conductos capilares, que constituyen posteriormente vías permeables, afectando en consecuencia la impermeabilidad del hormigón, especialmente por capilaridad. El agua ascendente tiende, además, a acumularse bajo las partículas de mayor tamaño, dejando bajo éstas un espacio vacío, al evaporarse posteriormente. Este proceso debe ser especialmente considerado en las obras hidráulicas y en las fundadas en terrenos húmedos. La exudación va acompañada por una sedimentación de los materiales sólidos, los que tienden a descender. Este descenso puede significar concentraciones de tensiones internas en los

puntos donde la estructura presenta singularidades de forma, por ejemplo, variaciones de espesor o de nivel, debido al desigual descenso que se produce a ambos lados de la singularidad. Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de edificación, en los puntos de unión de los pilares y muros de hormigón con las cadenas, losas y vigas, en donde el mayor descenso que experimentan los primeros puede inducir grietas en las zonas de encuentro con los segundos. Dado que la exudación produce efectos desfavorables, debe ser combatida, para lo cual puede recurrirse a las siguientes medidas paliativas:

- Utilizar un contenido adecuado de granos muy finos en el hormigón, entendiéndose como tales los que tienen un tamaño inferior a 150 micrones.

- Recurrir al empleo de aire incorporado en el hormigón, utilizando aditivos apropiados para este objeto.

- Aumentar el tiempo de amasado del hormigón, con el objeto de facilitar el adecuado humedecimiento de los materiales sólidos por el agua y con ello su retención por parte de éstos.

- Efectuar el hormigonado de las partes que presenten variaciones de espesor en distintas etapas constructivas, o, al menos, dejar transcurrir un tiempo de espera para permitir el asentamiento de la zona de mayor espesor. Este tiempo de espera debe ser el máximo posible, pero evitando el endurecimiento del hormigón.

### **1.2.2.- Variaciones de volumen.**

El agua de amasado del hormigón tiende a evaporarse si éste no se mantiene en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se produce un proceso de secado progresivo desde la superficie externa hacia el interior. Este desecamiento progresivo acarrea la formación de zonas de contacto entre fases líquidas (agua) y gaseosas (aire) en los conductos y poros que siempre tiene en su interior el hormigón. Cuando éstos presentan dimensiones capilares, el proceso de tensión superficial interna alcanza una magnitud importante, la que al transmitirse al hormigón se traduce en una contracción de las zonas de hormigón sometidas a este proceso

de secamiento. Este efecto afectará principalmente a la superficie del hormigón, dado que ella es la que se seca primero, mientras que el resto de la masa permanece invariable. Ello induce contracciones diferenciales y, como consecuencia, tensiones de tracción, originadas en el confinamiento que producen las capas con mayor contenido de humedad sobre las en proceso de secado. Si este proceso de secado es muy rápido, como sucede cuando el hormigón está sometido a alta temperatura ambiente o a corrientes de viento, ello puede traducirse en grietas del hormigón aún plástico, las que por su origen se presentarán como de gran abertura con relación a su profundidad.

Este fenómeno debe ser combatido, pues las fisuras y/o grietas afectan la durabilidad del hormigón y, en obras de gran superficie y pequeño espesor relativo (pavimentos, losas) introduce una debilidad estructural al significar una disminución de su espesor. Ello puede lograrse manteniendo un ambiente húmedo en torno al hormigón fresco que impida el inicio del secamiento superficial, que se produce si se hormigona en períodos de alta temperatura o fuerte viento, utilizando pulverizadores que esparzan una neblina húmeda en el sitio hasta que sea posible iniciar el proceso de curado

Por otra parte, si el agrietamiento se produce y el hormigón aún está suficientemente plástico para responder a la compactación, puede ser recompactado hasta lograr el cierre de dichas grietas.

### **1.2.3.- Falso fraguado del cemento.**

Eventualmente, el cemento puede experimentar un endurecimiento prematuro al ser mezclado con agua para constituir la pasta de cemento.

Este proceso parece provenir de un comportamiento anómalo del yeso adicionado al cemento en la etapa de molienda del clínquer como regulador de su fraguado, el cual, debido a las altas temperaturas originadas durante la molienda, puede perder parte del agua de cristalización.

El agua perdida es recuperada, extrayéndola del agua de amasado del hormigón, con lo cual el yeso cristaliza, adquiriendo rigidez. Este endurecimiento se conoce con el nombre de

falso fraguado y produce una rigidización del hormigón aún en estado fresco, en los primeros minutos posteriores a la adición del agua de amasado, lo cual dificulta grandemente su manipulación en los procesos de transporte, colocación y compactación. Para evitar estos efectos desfavorables, un procedimiento efectivo consiste en aumentar el tiempo de amasado, lo que permite romper la cristalización producida y devolver al hormigón la plasticidad perdida sin necesidad de adición de agua.

### **1.3.- Hormigón endurecido.**

El hormigón experimenta un proceso de endurecimiento creciente que lo transforma de un material plástico en un sólido, producido por un proceso físico-químico complicado de larga duración.

En este período, las características del hormigón evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales componentes y de las circunstancias ambientales a que estará expuesto durante su vida útil.

#### **1.3.1- Densidad.**

La densidad del hormigón se define como el peso por unidad de volumen.

Depende de la densidad real y de la proporción en que participan cada uno de los distintos materiales constituyentes del hormigón. Para los hormigones convencionales, formados por materiales granulares originarios de rocas no mineralizadas de la corteza terrestre su valor oscila entre 2,35 y 2,55 kg/dm<sup>3</sup>.

La densidad normalmente experimenta leves variaciones con el tiempo, las que proceden de la evaporación del agua de amasado hacia la atmósfera y que en total puede significar una variación de hasta alrededor de un 7% de su densidad inicial.

Los hormigones livianos se obtienen por medio de la incorporación de aire, ya sea

directamente en la masa del hormigón o unida en los áridos utilizando áridos livianos. Su densidad puede lograr valores tan bajos como  $0,5 \text{ kg/dm}^3$  y se utilizan principalmente cuando se desea obtener aislaciones térmicas y acústicas mayores que las del hormigón convencional.

Los hormigones pesados se obtienen mediante el uso de áridos mineralizados, cuya densidad real es mayor que la de los áridos normales. Su densidad puede alcanzar valores hasta de  $5.0 \text{ kg/dm}^3$  y se utilizan principalmente cuando se desea obtener aislamiento contra las partículas radiactivas.

### **1.3.2- Resistencia.**

#### **➤ Resistencia a la compresión.**

La resistencia a compresión es del orden de 8 a 12 veces mayor que la de tracción.

Por convención la resistencia a compresión del hormigón se especifica en probetas cúbicas de 20 o 15 cm. de arista y deben ser ensayadas a 28 días, que es la edad con que se entregan los resultados de resistencia a compresión.

Durante los 28 días se mantienen almacenadas las probetas a una humedad relativa superior al 95% y a una temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

El procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón está establecido en NCh 1307.

El valor de resistencia obtenido en el ensayo no es, sin embargo, absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado.

#### **➤ Resistencia a la tracción.**

La resistencia a tracción del hormigón ha sido notoriamente menos analizada que la resistencia a compresión, en parte debido a la mayor incertidumbre que existe para su determinación.

Esta incertidumbre empieza con la forma de realización del ensayo, existiendo tres formas distintas para efectuarlo: por tracción directa, por flexión y por tracción indirecta, cada uno de las cuales conduce a valores sensiblemente desiguales.

### **1.3.3.- Variaciones de volumen.**

El hormigón experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico - químicas.

El tipo y magnitud de estas variaciones están afectados en forma importante por las condiciones ambientales existentes de humedad y temperatura y también por los componentes presentes en la atmósfera.

La variación de volumen derivada de las condiciones de humedad se denomina retracción hidráulica, y las que tienen por causa la temperatura, retracción térmica. Por su parte, de las originadas por la composición atmosférica, la más frecuente es la producida por el anhídrido carbónico y se denomina carbonatación.

#### **➤ Retracción hidráulica.**

Los parámetros predominantes en la retracción hidráulica son:

- Composición química del cemento: Interviene especialmente en la variación de volumen, ya que ésta deriva del desarrollo del proceso de fraguado. En estas condiciones, si la composición del cemento favorece un fraguado rápido de la pasta, ella también será favorable para una más alta contracción inicial, si existen condiciones ambientales no saturadas de humedad. Por los motivos indicados, un alto contenido de C3A favorecerá una rápida y alta contracción.

- Finura del cemento: Una mayor finura del cemento beneficia también un progreso rápido de sus propiedades, en particular de su fraguado.

- Dosis de cemento: Existe una relación casi directa entre la dosis de cemento y la retracción hidráulica por estas causas.

- Dosis de agua: Dado que un mayor contenido de agua en el interior del hormigón conducirá a una mayor cantidad de fisuras y poros saturados, desde donde se origina la tensión superficial.

- Porosidad de los áridos: El valor de la retracción por esta causa queda condicionado por la finura del árido, siendo mayor cuando ésta aumenta, puesto que ello implica una mayor

cantidad de discontinuidades en la masa del árido.

- Humedad: Puesto que ella condiciona la velocidad de evaporación del agua interior del hormigón.

➤ **Retracción térmica.**

El hormigón puede experimentar variaciones de volumen causadas por la temperatura, las cuales pueden provenir tanto externamente de la temperatura ambiente como internamente de la generada durante el fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento.

Como resultado de lo expresado, los principales factores que condicionarán la dimensión de la retracción térmica son los siguientes:

- Variaciones derivadas de causas externas:
  - Magnitud y velocidad de las variaciones de temperatura ambiental
- Variaciones por causas internas:
  - Características del cemento
  - Contenido de C3A
  - Finura de molienda
  - Temperatura en el momento de su incorporación en el hormigón

➤ **Retracción por carbonatación.**

La causa de hidratación de la pasta de cemento deja una cierta proporción de cal libre, es decir, sin participar en el proceso químico de fraguado.

Esta cal libre es capaz de combinarse con el anhídrido carbónico del aire, produciendo carbonato de calcio, combinación química que tiene un carácter contractivo, por lo cual el espesor de hormigón afectado por él disminuye su volumen inicial, generándose la denominada retracción por carbonatación.

En general, el espesor afectado es pequeño, logrando sólo algunos milímetros en la zona cercana a la superficie en contacto con el aire. Sin embargo, por el confinamiento que causa el hormigón interior adyacente, esa capa queda sometida a tensiones de tracción, pudiendo fisurarse.

El proceso consigue mayor magnitud si el hormigón se presenta superficialmente seco, la humedad relativa del aire tiene un grado de humedad intermedio, alrededor de 50%, y el hormigón es poco compacto. Disminuye, en cambio, significativamente si el hormigón está saturado, pues el agua impide la difusión del anhídrido carbónico en los poros del hormigón, o la humedad ambiente es muy baja, inferior a 25%, pues el desarrollo de la carbonatación requiere de un cierto grado de humedad mínimo.

Por ende, para aminorar los efectos de la carbonatación es necesario efectuar un buen curado del hormigón.

#### **1.3.4.- Propiedades elásticas y plásticas.**

El conocimiento de las propiedades elásticas del hormigón son necesarias para establecer la relación entre tensiones y deformaciones, aspecto que obtiene gran importancia en algunos problemas de tipo estructural, especialmente cuando el cálculo de deformaciones es determinante.

##### **1.3.4.1.- Propiedades elásticas.**

La relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, acostumbrando a designársele con el nombre de módulo de Young. En otros materiales, designados inelásticos en cambio, el módulo de elasticidad depende del valor de la tensión aplicada.

Lo más frecuente, sin embargo, es que los materiales presenten una combinación de ambos comportamientos, inicialmente elástico y posteriormente inelásticos al aumentar la tensión aplicada.

##### **1.3.4.2.- Propiedades plásticas del hormigón.**

A pesar del carácter frágil señalado para el hormigón para las cargas de velocidad normal de aplicación, éste presenta un comportamiento plástico cuando una determinada carga permanece aplicada un largo tiempo, produciéndose en este caso una deformación denominada

fluencia del hormigón.

El conocimiento de la fluencia es necesaria para el análisis estructural en el caso del cálculo de deformaciones en elementos de hormigón armado, establecer la pérdida de la tensión aplicada en una estructura de hormigón pretensado o para el cálculo de tensiones a partir de la medición de deformaciones.

El mecanismo que genera la fluencia en el hormigón no es bien conocido, estimándose actualmente que es causado por la combinación de dos tipos de fenómenos: uno derivado de la acomodación de la estructura cristalina de la pasta de cemento, que se designa fluencia básica, y otro proveniente de la migración interna de la humedad, que se traduce en una retracción hidráulica adicional.

Los principales agentes que determinan la fluencia del hormigón son las características del hormigón, principalmente el tipo y la dosis de cemento, la humedad ambiente, la magnitud de la tensión aplicada y la edad del hormigón en el momento de su aplicación.

### **1.3.5.- Permeabilidad del hormigón.**

El hormigón es un material permeable, es decir que, al estar sometido a presión de agua exteriormente, se produce escurrimiento a través de su masa.

El grado de permeabilidad del hormigón depende de su constitución, estando normalmente comprendido su coeficiente de permeabilidad entre  $10^{-6}$  y  $10^{-10}$  cm/seg.

Las medidas que pueden esbozarse para lograr un mayor grado de impermeabilidad son:

- a) Utilizar la razón agua/cemento más baja posible, compatible con la obtención de una trabajabilidad adecuada para el uso en obra del hormigón.
- b) Utilizar la dosis de cemento más baja posible, compatible con la resistencia y otras condiciones que establezcan las especificaciones del proyecto.
- c) Emplear un contenido apropiado de granos finos, incluido los aportados por el

cemento, para conseguir un buen relleno del esqueleto de áridos del hormigón. La cantidad ideal de granos finos puede establecerse a partir de los métodos de dosificación granulométricos.

La determinación del coeficiente de permeabilidad debe realizarse necesariamente en base a ensayos de laboratorio, entre los cuales pueden mencionarse dos tipos principales:

a) Los de permeabilidad radial, en los que se utiliza una probeta cilíndrica con una perforación central, desde la cual se aplica agua a presión, midiéndose el agua escurrida en un cierto tiempo. Este tipo de ensayo permite establecer el coeficiente de permeabilidad por medio de las fórmulas de escurrimiento en medios permeables.

b) Los de penetración del agua en el hormigón, en los cuales una losa de hormigón es sometida a presión de agua por un lado y se mide la penetración del agua en su masa después de un cierto tiempo. Este ensayo se utiliza generalmente en forma comparativa, aunque también permite el cálculo del coeficiente de permeabilidad en forma similar a la del ensayo radial.

### **1.3.6.- Durabilidad del hormigón.**

Mientras toda su vida útil, el hormigón está permanentemente expuesto a las acciones provenientes de agentes externos e internos, que pueden perturbar su durabilidad si no se les tiene debidamente en cuenta.

Acorde a su origen, estas acciones pueden ser causadas por agentes físicos o químicos.

## **CAPITULO I I**

### **DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL**

#### **2.1.- Generalidades**

Esta experiencia busca determinar en que medida varían las propiedades en el hormigón al aumentar el porcentaje de finos permitido por la norma Nch 163.

En primer lugar se confeccionaron hormigones patrones, luego a este mismo diseño se le agregaron distintos porcentajes de finos, estos finos corresponden a la misma arena utilizada en la mezcla para el hormigón patrón pero que fue sometida a trituración. Los porcentajes aplicados fueron de 5%, 7%, 10% y 15%. Los hormigones a ensayar fueron de grado H-25 Y HF-3,0.

#### **2.2.- Materiales que intervienen en el estudio**

Los materiales a utilizar para los hormigones patrones serán, cemento corriente, agua potable, en cuanto a áridos será, grava, gravilla y arena. En las mezclas que se estudiarán no se modificará ni la cantidad ni el tipo de material utilizado en los hormigones patrones, a excepción de la arena a la que se le incluirá los distintos porcentajes de finos.

##### **2.2.1.- Finos.**

El material fino utilizado se obtuvo de la trituración de la arena después de su respectivo secado, esta molienda se efectuó mediante la ayuda de un pisón y un molde utilizado para el ensayo de proctor. Cabe señalar que para obtener este fino fue necesario un largo y arduo trabajo.



Figura N° 1.- Finos  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.- Áridos

Los áridos utilizados en esta experiencia corresponden a la empresa VALDICOR, ubicada en la localidad de Collico, provincia de Valdivia y corresponden a áridos fluviales.



Figura N° 2.- Aridos  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.- Cemento

El cemento que se utilizó en esta investigación, es fabricado por CEMENTOS BIO – BIO.

Bío – Bío Especial Pórtland Puzolánico, es un cemento elaborado sobre la base de clínker, puzolana y yeso. De acuerdo a la norma NCH 148 Of. 68, se clasifica como Especial Pórtland Puzolánico, grado corriente.



Figura N° 3.- Cemento  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.4.- Agua

Se utilizó agua potable, por lo que no es necesario comprobar su calidad (Nch 1498), debido a que el agua es un componente fundamental al momento de fabricar el hormigón, ya que su presencia determina tanto el desarrollo de las propiedades en su estado fresco como en la etapa de endurecimiento.

## 2.3.- Ensayos realizados a los áridos para la dosificación.

Se realizaron todos los ensayos exigidos para la dosificación, según norma Nch 170. Además se comprobaron requisitos generales establecidos por la norma Nch163.

### 2.3.1.-Extracción y preparación de muestras.

Este ensayo fue realizado según la norma Nch 164.

El método puede resumirse de la siguiente forma:

- Identificar y estimar el tamaño del lote.
- Determinar el tamaño de la muestra simple.
- Extraer el árido.
- Homogeneizar la muestra.
- Cuartear la muestra.

### 2.3.2.- Granulometría.

La granulometría de los áridos se determina haciendo pasar muestras representativas del acopio por una serie de tamices ordenados por abertura de mayor a menor. Los pesos retenidos en cada tamiz se expresan como porcentajes del peso total de la muestra y, finalmente, la granulometría del árido se indica en porcentajes que pasan, acumulados.

Este ensayo fue realizado según la norma Nch 165 y se obtuvieron los siguientes resultados:

#### GRAVA

TAMIZ	MAT. RET.	% RET. PARCIAL	% QUE PASA
2"		0	100
1 1/2"	92	1	99
1"	3278	40	58
3/4"	3403	42	16
1/2"	1099	14	3
3/8"	102	1	2
N° 4	51	1	1
RESIDUO	83	1	0
TOTAL	8108		

Tabla N° 1, Resultados granulometría grava.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### GRAVILLA

TAMIZ	MAT. RET	% RET. PARCIAL	% QUE PASA
1"		0	100
3/4"	58	1	99
1/2"	3742	71	28
3/8"	1217	23	5
N° 4	254	5	0
RESIDUO	20	0	0
TOTAL	5291		

Tabla N° 2, Resultados granulometría gravilla.  
Fuente: Elaboración Propia.

**ARENA**

<b>TAMIZ</b>	<b>MAT. RET</b>	<b>% RET. PARCIAL</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8"		0	100
N° 4	72	14	86
N° 8	57	11	76
N° 16	37	7	69
N° 30	169	32	37
N° 50	170	32	5
N° 100	23	4	1
N° 200	2	0	0
RESIDUO	1	0	0
TOTAL	531		

Tabla N° 3, Resultados granulometría arena.

Fuente: Elaboración Propia.

**2.3.3- Materia Orgánica.**

Este ensayo fue realizado a la arena según la norma Nch 166.

Para la ejecución de este ensayo se colocó en un frasco de vidrio blanco transparente 200g de la muestra de arena junto con 100 ml de la solución de hidróxido de sodio al 3 %, luego el frasco se agitó fuertemente y se dejó en reposo durante 24 horas en un recinto sin luz. Pasado ese tiempo se comparó el color resultante con el patrón de color y se obtuvo como resultado NIVEL 2 y significa que contiene escaso contenido de impurezas orgánicas lo que se considera aceptable.



Figura N° 4.- Material Orgánico  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.3.4- Material Fino menor que 0,080 mm.

La norma chilena estipula cantidades máximas aceptables para partículas inferiores a 0.080 mm.

Estos límites indican lo siguiente:

	Grava	Arena
para hormigón sometido a desgaste % máximo	0.5	3.0
para todo otro hormigón % máximo	1.0	5.0

Este ensayo fue realizado según norma Nch 1223, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

#### GRAVA

DETALLE	PESO
Masa seca antes del lavado (grs)	9506
Masa seca después del lavado (grs)	9470
<b>% material fino</b>	<b>0,9</b>

Tabla N° 4, Resultados ensayo material fino menor a 0,080 mm grava.  
Fuente: Elaboración propia

**ARENA**

<b>DETALLE</b>	<b>PESO</b>
Masa seca antes del lavado (grs)	623
Masa seca despues del lavado (grs)	596
<b>% material fino</b>	<b>0,9</b>

Tabla N° 5, resultados ensayo material fino menor a 0,080 mm arena.  
Fuente: Elaboración propia

**2.3.5.- Densidades Reales, Netas y Absorción.**

Este ensayo fue realizado según norma Nch 1117 para la grava y gravilla y la norma Nch 1239 para las arenas, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**GRAVA**

Densidad real sss (Kg/m <sup>3</sup> )	2612
Densidad real seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2578
Densidad neta (Kg/m <sup>3</sup> )	2670
Absorción ( % )	1,33

Tabla N° 6, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción grava.  
Fuente: Elaboración Propia.

**GRAVILLA**

Densidad real sss (Kg/m <sup>3</sup> )	2607
Densidad real seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2576
Densidad neta (Kg/m <sup>3</sup> )	2659
Absorción ( % )	1,21

Tabla N° 7, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción gravilla.  
Fuente: Elaboración Propia.

## ARENA

Densidad real sss (Kg/m <sup>3</sup> )	2656
Densidad real seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2639
Densidad neta (Kg/m <sup>3</sup> )	2689
Absorción ( % )	1,22

Tabla N° 8, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción arena.

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.4.- Dosificaciones

La dosificación se efectuó según metodología del Laboratorio de la Universidad Lemco, el cual ha sido comparado con otras metodologías más complejas y se ha observado que no se hallan diferencias importantes.

Para la realización nuestras comparaciones confeccionamos hormigones patrones con dos grados diferentes, uno de estos tipos serán ensayados a compresión únicamente y el otro será ensayado a compresión y flexotracción.

El grado de los hormigones será: H-25 y HF-3,0.

#### ● **Arido combinado.**

En el cálculo del árido combinado de todos los hormigones confeccionados se realizo de acuerdo al procedimiento determinado en la NCh 165, Anexo C (informativo), a través de los siguientes pasos.

- Construcción del grafico de coordenadas triangular (grafico triaxial o triangulo de Feret).
- Limites de los tamaños.
- Ubicación de los puntos granulométricos.
- Ubicación de las zonas granulométricas.

Tamiz	% QUE PASA			38%G+23%g+39%A	Gran. De la mezcla	Especificacion
	Grava	Gravilla	Arena			
1 1/2 "	99	100	100	37,62+23+39	100	100
1"	58	100	100	22,04+23+39	84	-
3/4 "	16	99	100	6,08+22,77+39	68	60-80
1/2 "	3	28	100	1,14+6,44+39	47	-
3/8 "	2	5	100	0,76+1,15+39	41	40-61
N° 4	1	0	86	0,38+0+33,54	34	24-48
N°8	0	0	76	0+0+29,64	30	15-37
N°16	0	0	69	0+0+26,91	27	10-28
N°30	0	0	37	0+0+14,43	14	6-19
N°50	0	0	5	0+0+1,95	2	3-11
N°100	0	0	1	0+0+0,39	0	2-5

Tabla N° 9, Árido Combinado.  
Fuente: Elaboración Propia.

De estos requisitos, se obtiene que para el tipo de material que se utilizara en la confección del hormigón, la proporción que mejor se adapta a las bandas granulométricas es la de 38% para la grava, 23 % para la gravilla y de 39 % para la arena.

● **Resistencia media requerida (fr)**

Esta dada por el nivel de confianza, por la desviación estándar y la resistencia especificada.

Para este diseño de hormigones se utilizará:

- Un nivel de confianza de 80%, lo que nos entrega un factor estadístico (t) de 0,842.
- Una desviación estándar (s) de 47,6 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a compresión a 28 días solicitadas (Rc), en Kg/cm<sup>2</sup>.

$$fr = Rc + s*t$$

- Dosificación H-25 **fr = 290 [Kgf/m<sup>2</sup>]**.
- Dosificación HF 3,0 **fr = 310 [Kgf/m<sup>2</sup>]**. (\*)

(\*)Antes de calcular el fr se debe transformar esta resistencia de flexotracción a compresión.

Para esto se multiplica por el factor 9.

• **Razón Agua/ Cemento.**

Una vez obtenido fr, se calcula la razón agua-cemento, esta razón es extraída, de la tabla n° 3 de la Nch 170. Depende del tipo de cemento a utilizar, de la resistencia media requerida calculada anteriormente.

Las razones A/C para H-25 es de 0,5 y para HF-3,0 es de 0.45.

• **Agua.**

La cantidad de agua estará determinada por la docilidad (cono) que debe tener el hormigón. Y se obtiene de la tabla n° 22 de la Nch 170.

El cono que se le exigió a las mezclas de los hormigones H-25 es 6-9. Esto significa que la cantidad de agua que se le debe añadir es de 170 lts. para un metro cúbico.

El Cono que se le exigió a la mezcla de Hormigón HF 3,0 es 3-5. Esto significa que la cantidad de agua que se le debe añadir es de 160 lts. para un metro cúbico.

• **Cemento.**

El cemento se calcula una vez obtenida la razón agua cemento (A/C) y la cantidad de agua (A) a introducir en la mezcla.

$$C = \frac{A}{A/C}$$

Entonces que las cantidades de cemento (C) para un metro cúbico de hormigón fue de:

- Para H-25, la cantidad es de 340 Kg de Cemento.
- Para HF-30, la cantidad es de 333 Kg de Cemento.

• **Aire.**

La cantidad de aire considerada en la mezcla, se logra, según el tamaño máximo

nominal del árido, de la tabla n° 23 de la norma Nch 170.

Por lo tanto para el tamaño máximo nominal, de 40mm, que es el que posee el árido a utilizar en las mezclas, la cantidad de aire a utilizar es de 10 lts. Esta cantidad es utilizada para las tres dosificaciones ya que el material será el mismo en las tres.

### • Áridos

La cantidad de los áridos se calcularon de la siguiente forma:

$$V = (1000 - (A + \frac{C}{3} + \text{Aire}))$$

Donde:

V: Volumen que ocuparan los áridos.

A: Dosis de agua.

C: Cantidad de cemento.

Aire: Cantidad de aire.

- Para H-25 el volumen de áridos es de 707 litros.
- Para HF-3,0 el volumen de áridos es de 719 litros.

Una vez obtenido, se calculó el peso de los áridos, lo que se hizo utilizando la siguiente formula:

$$P = V * \frac{\partial_{ra} * \partial_{rg} * \partial_{rG}}{\%a * \partial_{rg} * \partial_{rG} + \%g * \partial_{ra} * \partial_{rG} + \%G * \partial_{ra} * \partial_{rg}}$$

Donde:

P : Peso total de los aridos.

$\partial_{ra}$  : Densidad real arena.

$\partial_{rg}$  : Densidad real gravilla.

$\partial_{rG}$  : Densidad real grava

% a : Porcentaje de arena.

% g : Porcentaje de gravilla.

% G : Porcentaje de grava.

➤ **Dosificación H-25** **P= 1839 Kg.**

● **Peso en fracciones.**

- Grava :  $1839 * 0.38 = 699$  Kg.
- Gravilla :  $1839 * 0.23 = 423$  Kg.
- Arena :  $1839 * 0.39 = 717$  Kg.

➤ **Dosificación HF- 3,0** **P = 1870 Kg.**

● **Peso en fracciones.**

- Grava :  $1870 * 0.38 = 711$  Kg.
- Gravilla :  $1870 * 0.23 = 430$  Kg.
- Arena :  $1870 * 0.39 = 729$  Kg.

● **Resumen Dosificación**

➤ **Resumen H-25**

		1 M3
Fr	Kgf/cm2	290
Razón A/C		0,5
Dosis de Agua	Lts.	170
Cemento	Kgs.	340
Vol. Aridos	Lts.	707
Peso Aridos	Kgs.	1839
Peso Grava	Kgs.	699
Peso Gravilla	Kgs.	423
Peso Arena	Kgs.	717

Tabla N° 10, Resumen Dosificación.  
Fuente: Elaboración Propia.

➤ Resumen HF-3,0

		1 M3
Fr	Kgf/cm <sup>2</sup>	310
Razón A/C		0,45
Dosis de Agua	Lts.	160
Cemento	Kgs.	333
Vol. Aridos	Lts.	719
Peso Aridos	Kgs.	1870
Peso Grava	Kgs.	711
Peso Gravilla	Kgs.	430
Peso Arena	Kgs.	729

Tabla N° 11, Resumen Dosificación.

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.5.- Confección de Mezclas.

Todas las mezclas de pruebas fueron elaboradas en una botonera de eje vertical según la norma Nch 1018 “Preparación de mezclas de prueba en laboratorio”.

A continuación se detallaran todos los paso seguidos en la confección de las muestras patrones.

- El día anterior a la ejecución de los mezclas se procedió a humedecer el árido, de acuerdo a lo establecido en la norma Nch 1018.
- El día de la fabricación de las muestras, antes de pesar los materiales se midió la humedad de los áridos y luego se procedió a realizar las correcciones por humedad.
- Efectuada ya las correcciones, se procede a medir los materiales, según cantidad corregida.
- Reunido todos los materiales se procedió a confeccionar la mezcla de la siguiente forma:
  - Previo a esto se humedeció la betonera, para esta no absorbiera el agua de amasado.
  - En primer lugar se introdujo la arena.
  - En seguida se adiciono el cemento, y se mezclaron con la arena hasta quedar de apariencia homogénea.



Figura N° 5.- Betonera con arena y cemento.  
Fuente: Elaboración propia

- Luego de esto se adicionó la gravilla y la grava, y se volvió a mezclar nuevamente hasta quedar de apariencia homogénea.



Figura N° 6.- Betonera con arena, cemento, gravilla y grava.  
Fuente: Elaboración propia

- Por ultimo se le agrego el agua



Figura N° 7.- Betonera con arena, cemento, gravilla, grava y agua.  
Fuente: Elaboración propia

- Terminada la mezcla de todos los materiales se procede a medir la docilidad del hormigón, lo cual se hace utilizando el cono de abrams, y siguiendo el procedimiento establecido en la Nch 1019, el cual se indica como sigue:



Figura N° 8.- Cono de Abrams.  
Fuente: Elaboración propia

- Se ubicó el molde sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos solo con agua.
- Luego se procedió a pararse sobre las pisaderas, evitando el movimiento del molde durante el llenado.
- Se llenó el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonándose cada capa con 25 golpes de la varilla-pisón, distribuidas uniformemente.

- Acabadas las tres capas se enrasa la superficie de la última capa y se limpio el hormigón que fue derramado, en la placa horizontal.



Figura N° 9.- Enrasado del Cono de Abrams.  
Fuente: Elaboración propia

- Se cargó el cono, con las manos por las asas, y posteriormente se retiró los pies de las pisaderas y se levantó el cono en la forma lo mas vertical posible.

- Seguidamente levantado el molde, se midió el descenso de altura respecto del mismo molde, aproximando a 0,5 cm. La medición se hizo en el eje central del molde en su posición original.



Figura N° 10.- Medición del Cono de Abrams.  
Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a llenar las probetas de ensayo, lo que fue realizado según la norma Nch 1017.

- En los moldes cúbicos se introdujo el vibrador en forma vertical en el centro, se hizo llegar hasta casi 2cm del fondo, una vez aparecida la lechada, se retiró lentamente el vibrador.

- En los moldes prismáticos se embutió el vibrador en cuatro partes repartidas uniformemente en el eje longitudinal central, asimismo las introducciones se hicieron hasta casi llegar a los 2cm del fondo y el vibrador fue retirado lentamente, una vez aparecida la lechada.



Figura N° 11.- Compactación con vibrador.  
Fuente: Elaboración propia.

- Luego de compactados los moldes se procedió enrasar con la varilla pisón haciendo movimientos de aserrado, y finalmente con una llana se procede a darle la terminación final.
- Las muestras, dejan en un lugar seguro, protegidas del sol y de toda contaminación, se identifican, provisoriamente hasta su desmolde, donde se hará finalmente.



Figura N° 12.- Acabado e identificación de moldes.  
Fuente: Elaboración propia.

- Luego de 48 hrs se procede a desmoldar las probetas, teniendo especial cuidado de no dañarlas. Se identifican definitivamente.
- Se trasladan las probetas hasta la piscina de curado donde se mantendrán sumergidas en agua a una temperatura controlada, entre 17 y 23°C, hasta la fecha de ensayo.



Figura N° 13.- Curado de probetas.  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO III

### ENSAYOS

#### 3.1.- Ensayo de Compresión.

Este ensayo se realizo según la norma Nch 1037 of. 77. Para efectuar este ensayo se utiliza una prensa que tendrá la rigidez suficiente para resistir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y ubicación de la carga y lectura de los resultados.

##### ● Características de la prensa.

- Poseerá un sistema de rotula que permita hacer coordinar la resultante de la carga aplicada con el eje de la probeta.

- Las superficies de aplicación de la carga serán lisas y planas, no se aceptaran desviaciones con respecto al plano superior a 0,015 mm en 100 mm medidos en cualquier dirección.

- Dos relojes marcadores de carga con una capacidad de 300 y 100 toneladas con intervalos de medición cada 1 tonelada.

- La sensibilidad de la prensa será tal que la menor división de la escala de lectura sea inferior o igual al 1% de la carga máxima.

- La exactitud de la prensa tendrá una tolerancia de +/- 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escalas de lecturas.

- Consta de un dispositivo que regula la velocidad de aplicación de la carga.



Figura N° 14.- Máquina de Ensayo.  
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente las probetas fueron retiradas de la piscina de curado, luego antes del ensayo se registran sus dimensiones y peso.

- **Ensayo**

Se limpió las superficies de contacto de la placa de carga y las caras de ensayo de las probetas. En seguida se colocó la probeta alineada y centrada en la máquina de ensayo con la cara de llenado frente al operador. Por último se aplicó la carga en forma uniforme, y se registró la carga máxima “P”, expresada en toneladas.



Figura N° 15.- Ensayo de probetas.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.- Ensayo de tracción por flexión (NCH 1038 of 77).

Este ensayo se realizó según la norma Nch 1038 of. 77. Para efectuar este ensayo se utiliza una prensa que tendrá la rigidez suficiente para resistir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y ubicación de la carga y lectura de los resultados.

#### ● Características de la prensa.

- La sensibilidad de la prensa será tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual a 1% de la carga máxima.
- La exactitud de la prensa tendrá una tolerancia de +/- 1% de la carga dentro del intervalo utilizable de las escalas de lectura.
- Sus elementos de contacto con la probeta tendrán la superficie cilíndrica (de este modo se logra un contacto rectilíneo).
- Dispondrá de un dispositivo que regula la velocidad de aplicación de la carga.
- Aplicaran la carga y sus reacciones en forma vertical, y estarán dispuestas de modo que las líneas de contacto sean paralelas entre si y perpendiculares a la luz de ensayo.
- Contaran con accesorios que permitan fijar y mantener la luz de ensayo.
- Tendrán una longitud igual o mayor al ancho, "b" de las probetas.



Figura N° 16.- Maquina de Ensayo.  
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente las probetas fueron retiradas de la piscina de curado, luego antes del ensayo se registran sus dimensiones y peso.

- **Ensayo**

Se limpió las superficies de contacto de la placa de carga y las caras de ensayo de las probetas. Luego se colocó la probeta alineada y centrada en la máquina de ensayo, procurando que la luz de ensayo sea la correcta; la cara de llenado se coloca de tal forma que mire hacia el lado contrario del motor de la prensa. Finalmente se aplicó la carga en forma uniforme, y se registró la carga máxima “P”, expresada en toneladas.



Figura N° 17.- Ensayo de probetas.  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO IV

## RESULTADOS

## 4.1.- Resultados de la medición de cono.

## ➤ H-25

Hormigon H 25	Cono (cm)	Variación del cono respecto al patrón (cm)
Patrón	8	-
5 % finos	7,5	0,5
7 % finos	7,5	0,5
10 % finos	7	1
15 % finos	5,5	2,5

Tabla N° 12, Resultados de la medición de cono, H25.

Fuente: Elaboración Propia.

## Variación docilidad hormigón H25 según dosis fino

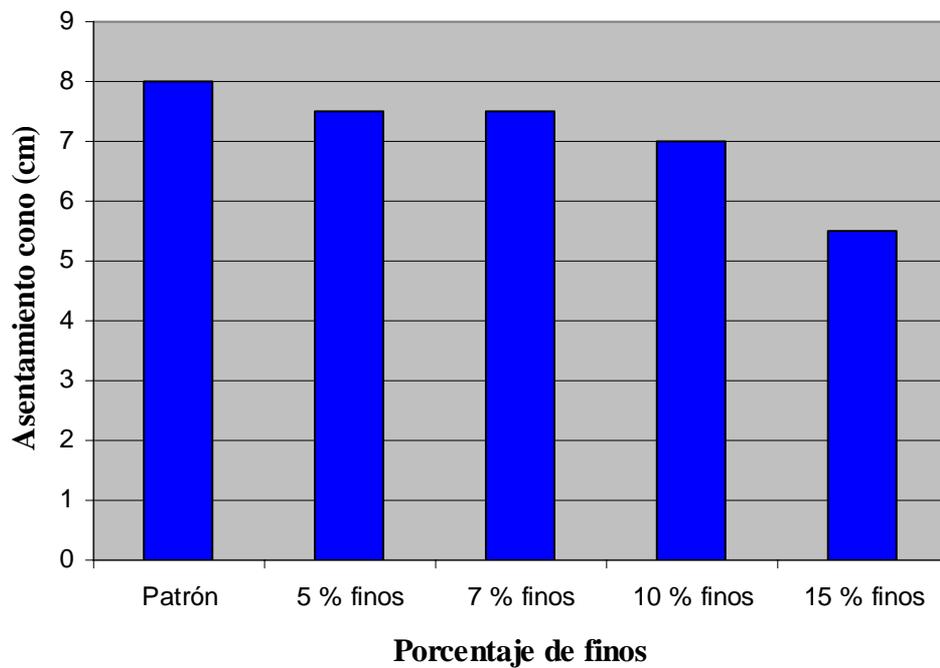


Figura N° 18.- Grafico Variación asentamiento cono H25.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **HF 3,0**

<b>Hormigon HF 3,0</b>	<b>Cono (cm)</b>	<b>Variación del cono respecto al patrón (cm)</b>
<b>Patrón</b>	5	-
<b>5 % finos</b>	4,5	0,5
<b>7 % finos</b>	4,5	0,5
<b>10 % finos</b>	4	1
<b>15 % finos</b>	3	2

Tabla N° 13, Resultados de la medición de cono, HF -3,0.

Fuente: Elaboración Propia.

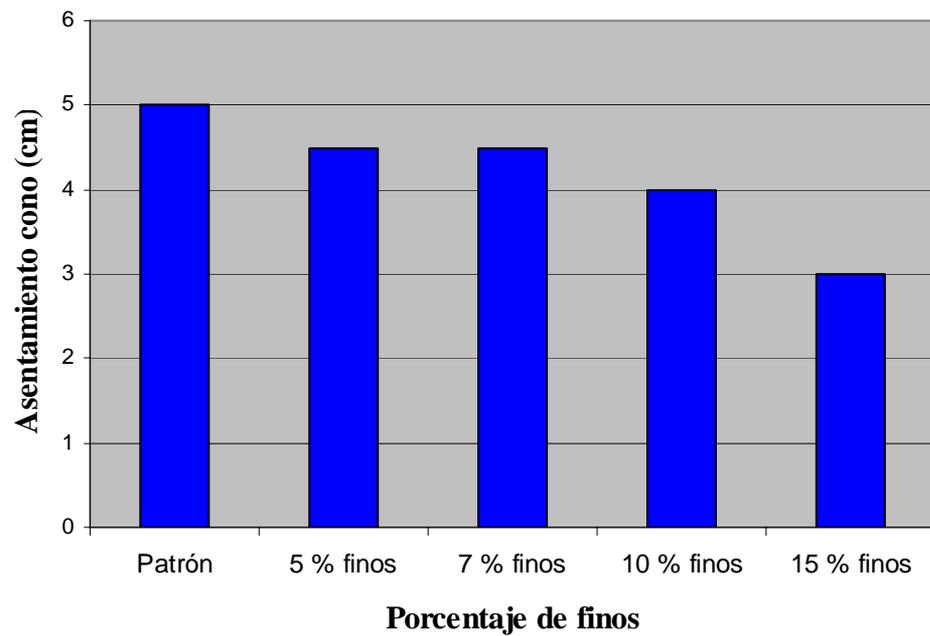
**Variación docilidad hormigon HF 3,0 segun dosis fino**

Figura N° 19.- Grafico Variación asentamiento cono H25.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los diferentes resultados obtenidos de los ensayos realizados a las probetas de hormigón.

#### 4.2.- Resistencia a la compresión.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma Nch 1037, el cual fue explicado en el capítulo anterior.

##### 4.2.1.- Resultados.

➤ **Densidades.**

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de fino, H-25.

	<b>Promedio densidades ( Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Variacion de densidad ( Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Variacion (%)</b>
<b>Patron</b>	2428	-	-
<b>5% finos</b>	2438	10	0,4
<b>7% finos</b>	2462	34	1,4
<b>10% finos</b>	2462	34	1,4
<b>15% finos</b>	2502	74	3

Tabla N° 14, Densidades Promedio H25.

Fuente: Elaboración Propia.

#### Promedio densidades H-25

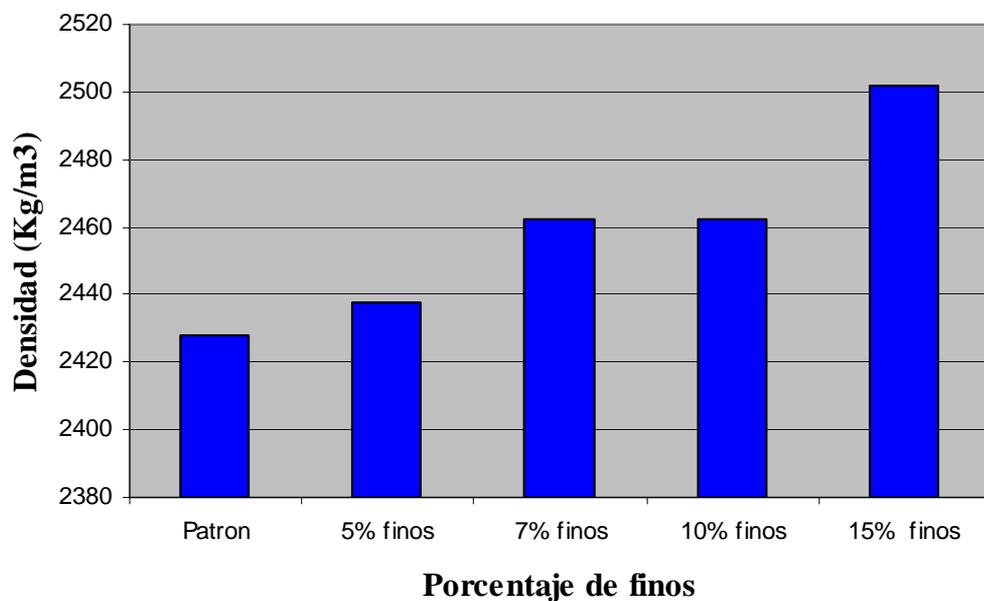


Figura N° 20.- Grafico Variación densidades H25.

Fuente: Elaboración propia.

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de fino, HF-3,0.

	<b>Promedio densidades</b> <b>( Kg/m3)</b>	<b>Variacion de densidad</b> <b>( Kg/m3)</b>	<b>Variacion</b> <b>(%)</b>
<b>Patron</b>	2416	-	-
<b>5% finos</b>	2432	16	1
<b>7% finos</b>	2443	27	1,1
<b>10% finos</b>	2459	43	1,7
<b>15% finos</b>	2472	56	2,3

Tabla N° 15, Densidades Promedio HF-3,0.  
Fuente: Elaboración Propia.

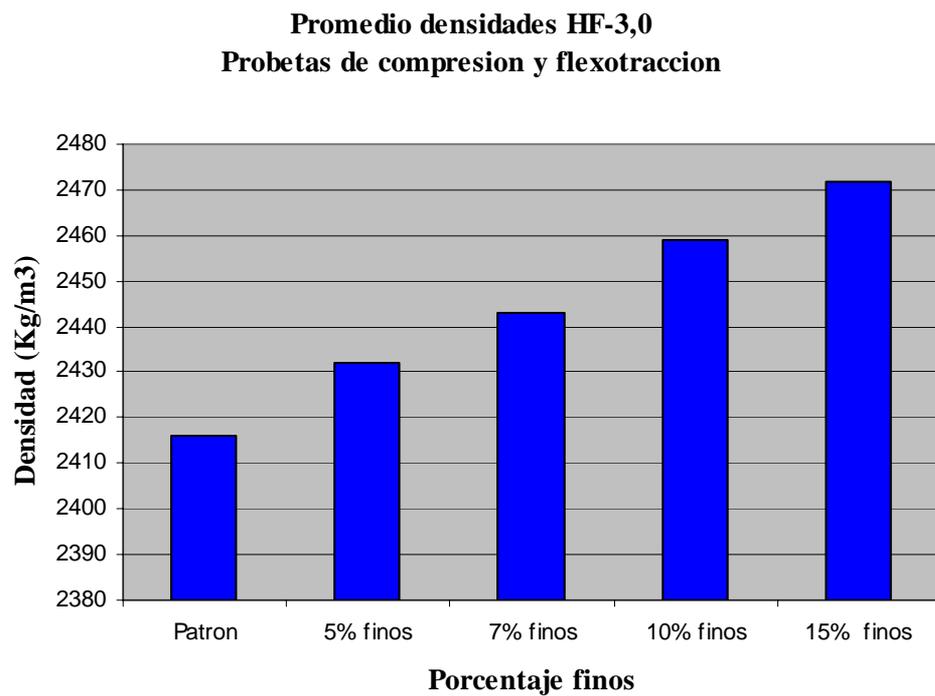


Figura N° 21.- Grafico Variación densidades HF-3,0.  
Fuente: Elaboración propia.

➤ Resistencias.

● H-25, a los 3 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,25	15	15,05	15	35.500	2,44	149,39
5%	8,4	15,1	15,1	15	36.500	2,46	152,08
7%	8,42	15	15	15	42.000	2,49	177,33
10%	8,48	15,05	15,1	15,1	43.000	2,47	179,75
15%	8,5	15	15,1	15	44.000	2,50	184,55

Tabla N° 16, Resistencia H-25 a los 3 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia a la compresion a los 3 días

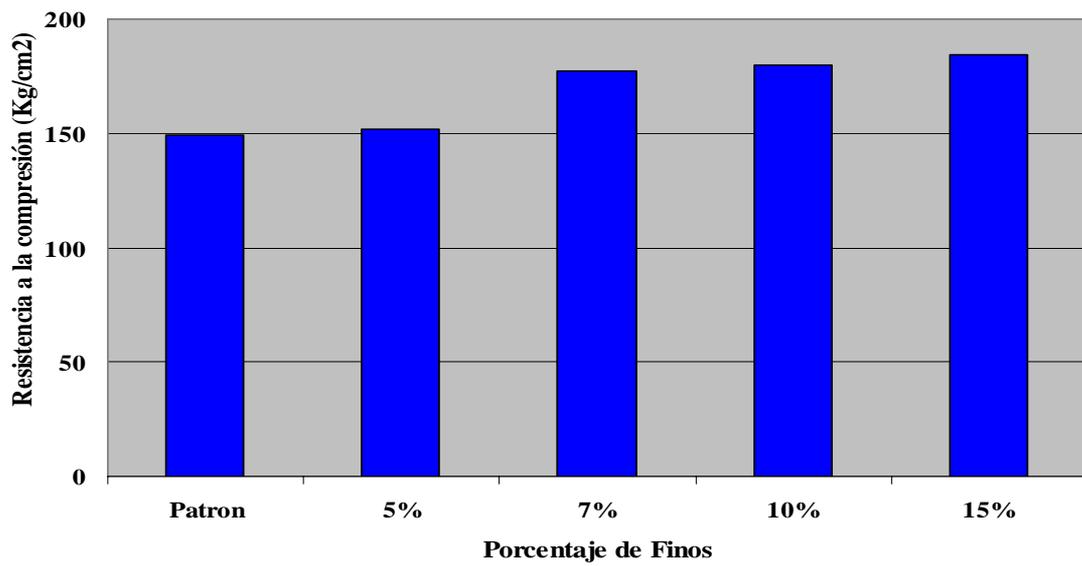


Figura N° 22.- Grafico Resistencia a la compresión a los 3 días.

Fuente: Elaboración propia.

● H-25, a los 7 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,33	15,1	15	15	48.000	2,45	201,32
5%	8,48	15	15,2	15,1	49.500	2,46	206,25
7%	8,46	15,1	15	15	50.000	2,49	209,71
10%	8,5	15	15,1	15,1	51.000	2,49	213,91
15%	8,5	15	15,05	15	51.500	2,51	216,72

Tabla N° 17, Resistencia H-25 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la compresión a los 7 días**

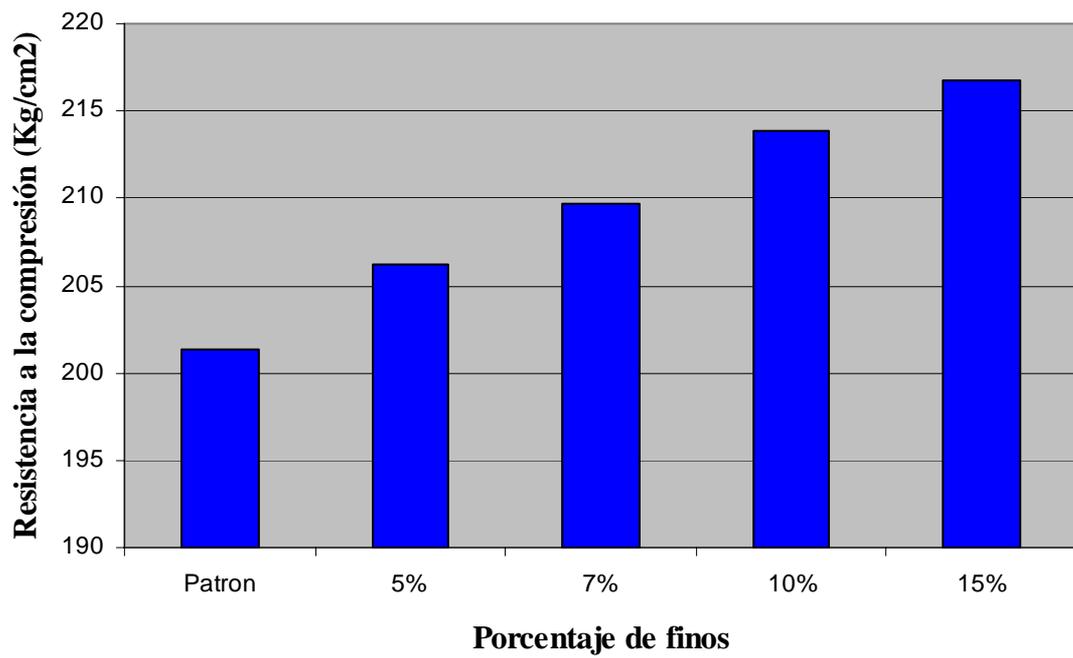


Figura N° 23.- Grafico Resistencia a la compresión a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

● H-25, a los 14 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,25	15,1	15,1	15	59.000	2,41	245,82
5%	8,25	15,05	15,1	15	60.000	2,42	250,82
7%	8,3	15	15,05	15	61.500	2,45	258,80
10%	8,35	15,1	15	15,05	63.000	2,45	264,24
15%	8,4	15	15	15	63.500	2,49	268,11

Tabla N° 18, Resistencia H-25 a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la compresión a los 14 días**

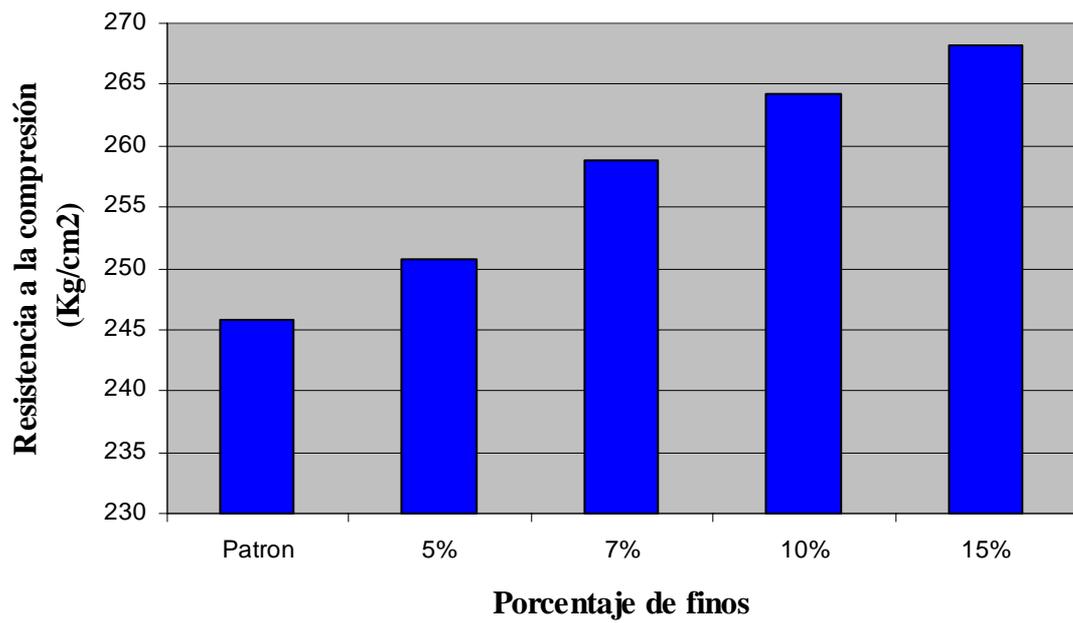


Figura N° 24.- Grafico Resistencia a la compresión a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

● H-25, a los 28 días, n° 1.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,27	15,05	15,1	15,1	71.500	2,41	298,89
5%	8,33	15,15	15,15	15	72.500	2,42	300,08
7%	8,25	15	15,15	15	73.500	2,42	307,26
10%	8,3	15	15,1	15,1	75.000	2,43	314,57
15%	8,5	15	15	15	75.500	2,52	318,78

Tabla N° 19, Resistencia H-25 a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia a la compresión a los 28 días

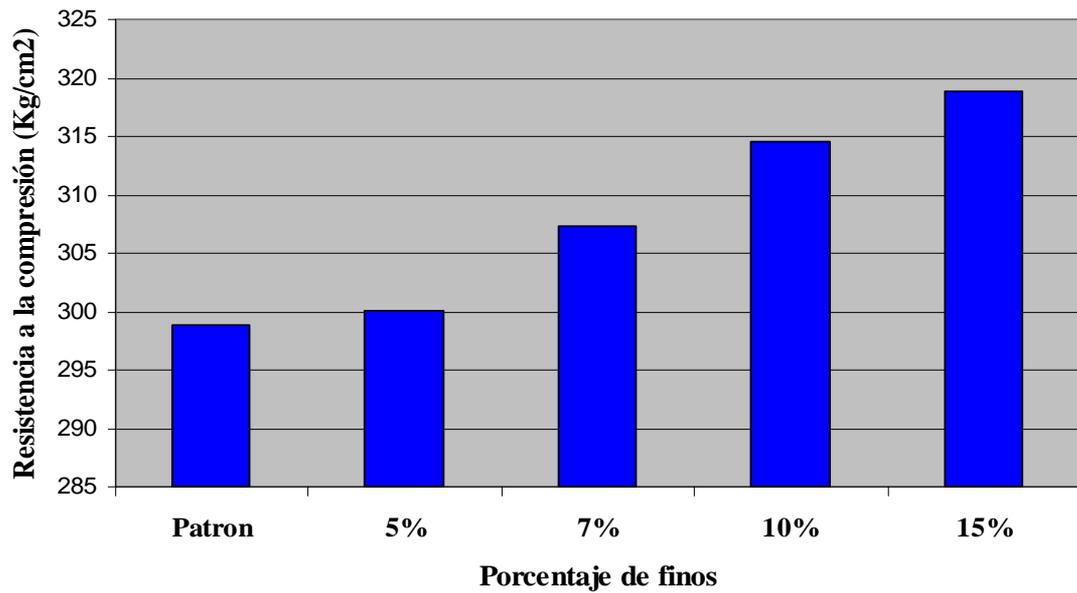


Figura N° 25.- Grafico Resistencia a la compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

● H-25, a los 28 días, n° 2.

<b>Hormigon</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>a (cm)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Densidad (Kg/dm3)</b>	<b>Resistencia (Kg/cm2)</b>
<b>Patron</b>	8,26	15,05	15,05	15	73.500	2,43	308,27
<b>5%</b>	8,3	15	15,1	15,1	74.500	2,43	312,47
<b>7%</b>	8,32	15	15,05	15	75.000	2,46	315,61
<b>10%</b>	8,4	15	15,1	15	77.000	2,47	322,96
<b>15%</b>	8,4	15	15	15	78.500	2,49	331,44

Tabla N° 20, Resistencia H-25 a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la compresión a los 28 días**

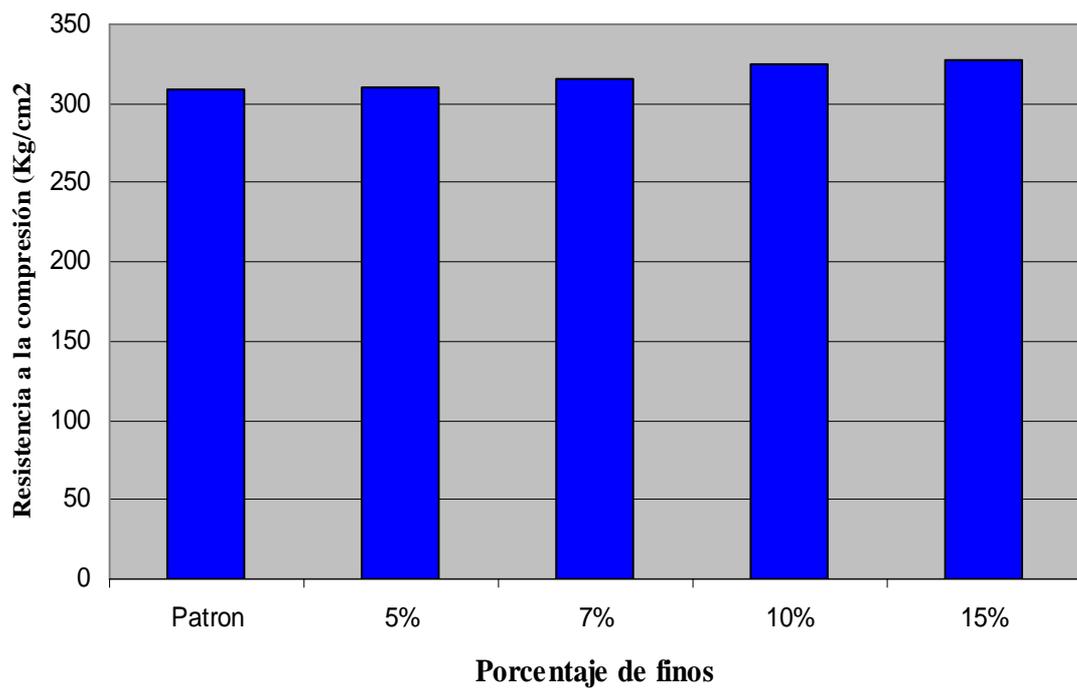


Figura N° 26.- Grafico Resistencia a la compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

**Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

	% en que vario la resistencia a los 3 dias	% en que vario la resistencia a los 7 dias	% en que vario la resistencia a los 14 dias	% en que vario la resistencia a los 28 dias	Promedio de variacion
<b>Patron</b>	-	-	-	-	-
<b>5% finos</b>	2	3	3	1	2
<b>7% finos</b>	19	5	6	3	8
<b>10% finos</b>	21	7	8	6	11
<b>15% finos</b>	24	8	10	8	13

Tabla N° 21, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-25.  
Fuente: Elaboración Propia.

**Porcentaje de resistencia alcanzado con respecto al hormigón patrón**

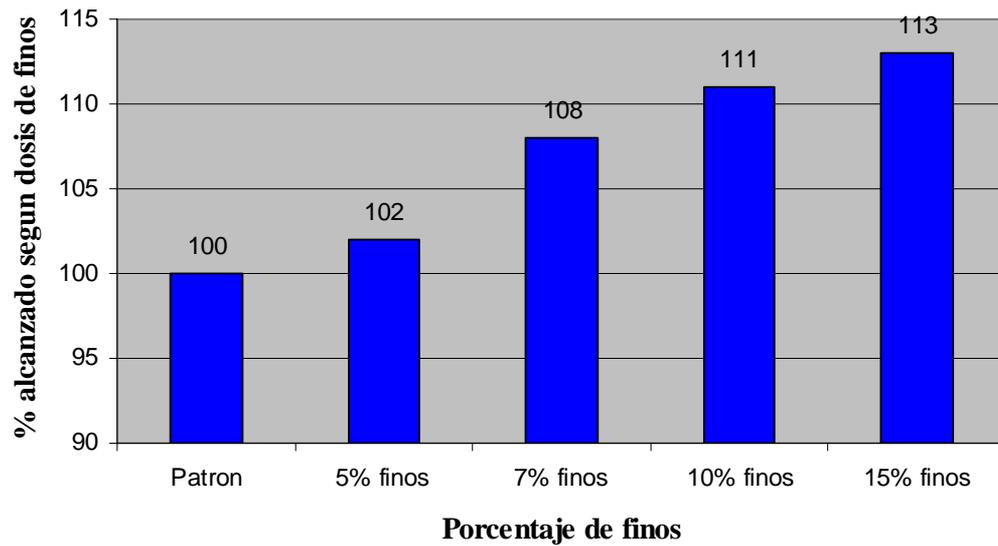


Figura N° 27.- Grafico Porcentaje alcanzado con respecto al patrón H-25.  
Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 3 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm3)	Resistencia (Kg/cm2)
Patron	8,26	15,1	15,1	15	37.000	2,42	154,16
5%	8,4	15,1	15,2	15	39.500	2,44	163,49
7%	8,3	15,05	15	15	42.500	2,45	178,85
10%	8,45	15,1	15,1	15	43.000	2,47	179,16
15%	8,5	15	15,1	15	45.000	2,50	188,74

Tabla N° 22, Resistencia HF-3,0 a los 3 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la compresión a los 3 días**

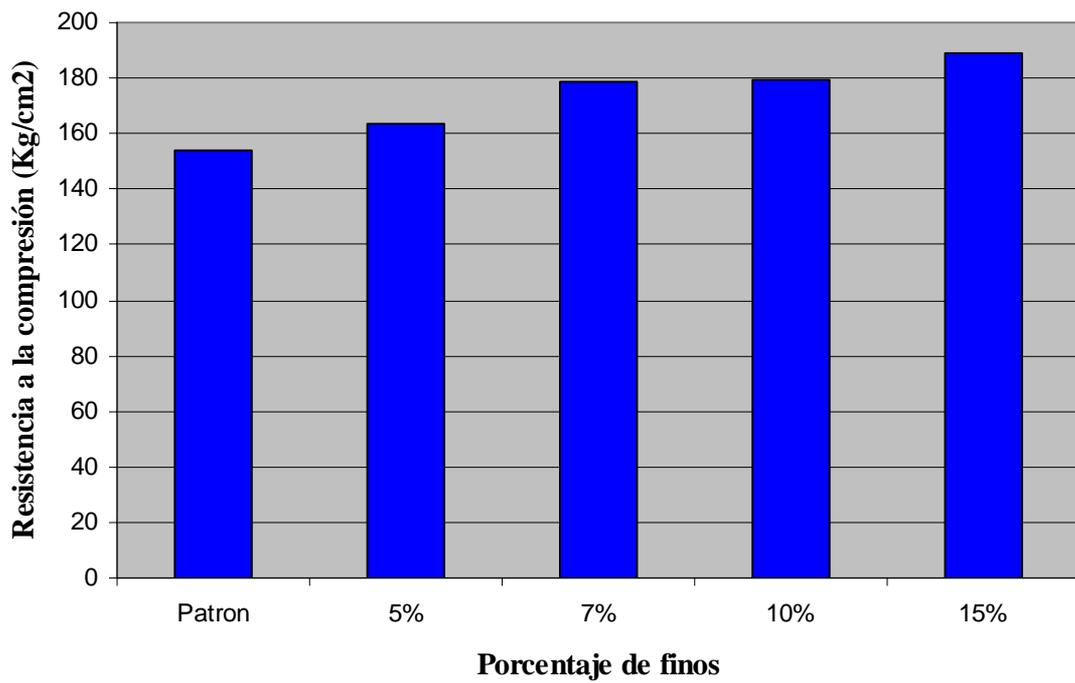


Figura N° 28.- Grafico Resistencia a la compresión a los 3 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 7 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,25	15	15,15	15	55.500	2,42	232,01
5%	8,23	15	15	15	57.000	2,44	240,67
7%	8,3	15	15	15	57.500	2,46	242,78
10%	8,32	15,05	15	15	58.000	2,46	244,08
15%	8,4	15	15,05	15	59.000	2,48	248,28

Tabla N° 23, Resistencia HF-3,0 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

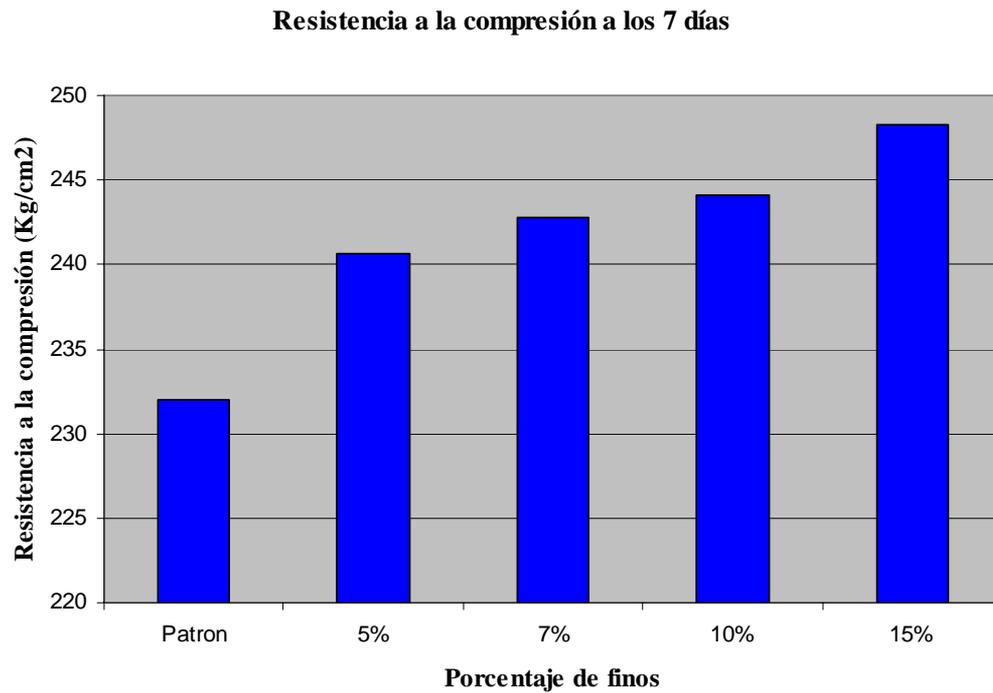


Figura N° 29.- Grafico Resistencia a la compresión a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 14 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	8,29	15	15,05	15,1	65.000	2,43	273,53
5%	8,23	15,05	15	15	65.500	2,43	275,64
7%	8,28	15,05	15	15	67.000	2,45	281,95
10%	8,33	15	15	15	67.500	2,47	285,00
15%	8,41	15	15,05	15	68.500	2,48	288,26

Tabla N° 24, Resistencia HF-3,0 a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia a la compresión a 14 días

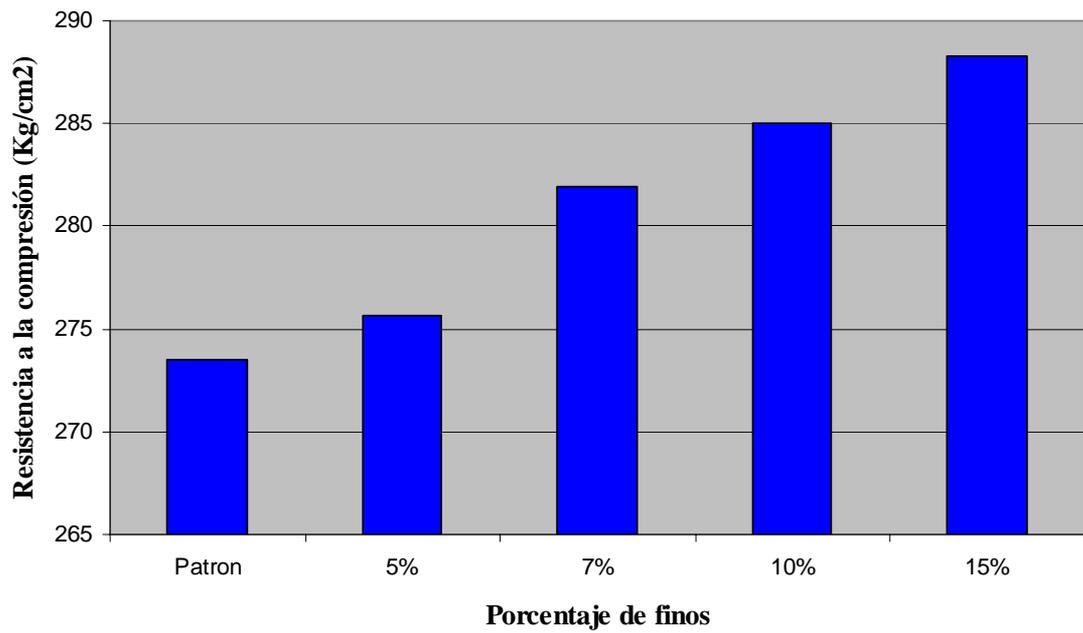


Figura N° 30.- Grafico Resistencia a la compresión a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 28 días, n° 1.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm3)	Resistencia (Kg/cm2)
Patron	8,25	15,1	15,1	15	72.500	2,41	302,07
5%	8,19	15	15	15	73.000	2,43	308,22
7%	8,27	15	15,1	15	75.000	2,43	314,57
10%	8,3	15,05	15	15	76.000	2,45	319,82
15%	8,34	15	15,05	15	76.500	2,46	321,93

Tabla N° 25, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia a la compresión a los 28 días

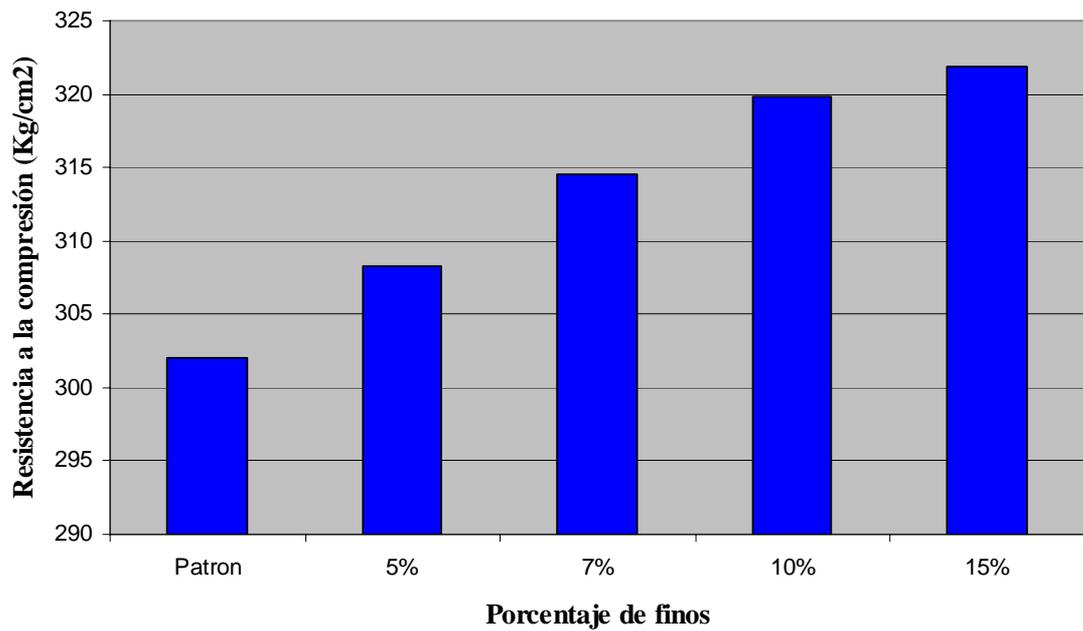


Figura N° 31.- Grafico Resistencia a la compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 28 días, n° 2.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Kg)	Densidad (Kg/dm3)	Resistencia (Kg/cm2)
Patron	8,25	15,1	15,1	15	74.500	2,41	310,40
5%	8,19	15	15	15	74.500	2,43	314,56
7%	8,27	15	15,1	15	76.000	2,43	318,76
10%	8,42	15,05	15,1	15	78.500	2,47	328,16
15%	8,4	15	15	15	80.000	2,49	337,78

Tabla N° 26, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la compresión a los 28 días**

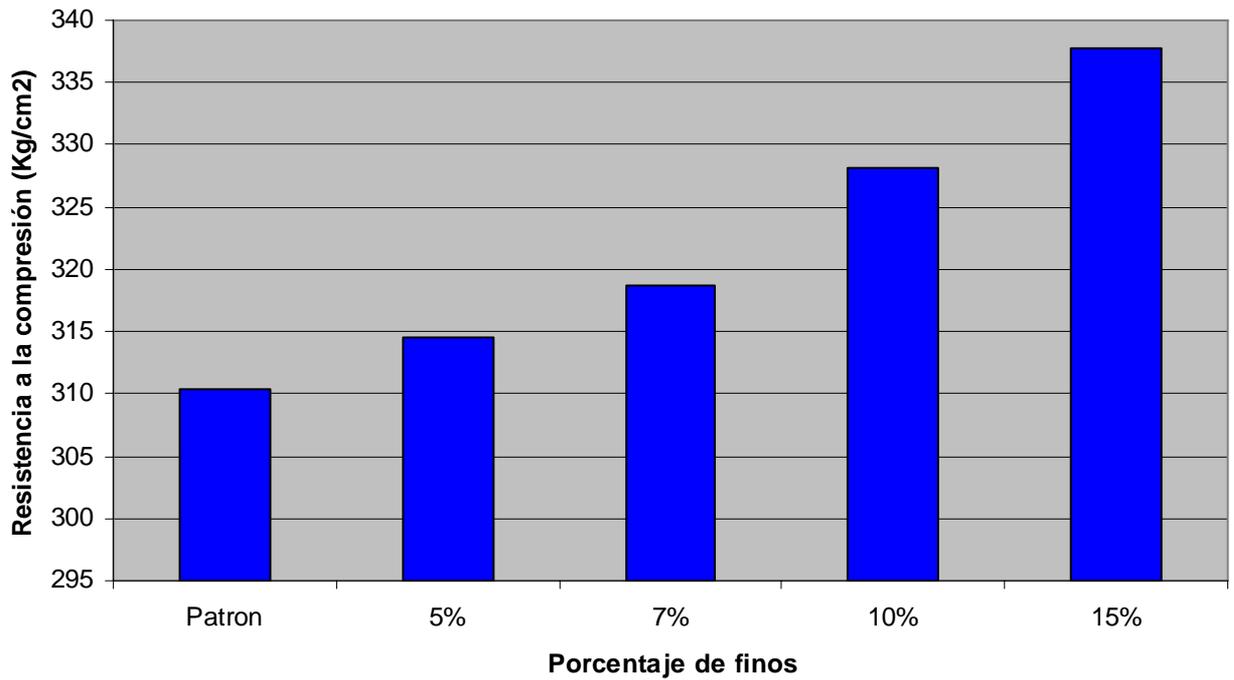


Figura N° 32.- Grafico Resistencia a la compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

**Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

	<b>% en que vario la resistencia a los 3 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 7 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 14 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 28 dias</b>	<b>Promedio de variacion</b>
<b>Patron</b>	-	-	-	-	-
<b>5% finos</b>	6	4	1	2	3
<b>7% finos</b>	16	5	4	3	7
<b>10% finos</b>	17	6	5	6	9
<b>15% finos</b>	22	7	6	8	11

Tabla N° 27, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón HF-3,0.  
Fuente: Elaboración Propia.

**Porcentaje de resistencia alcanzado con respecto al hormigon patrón**

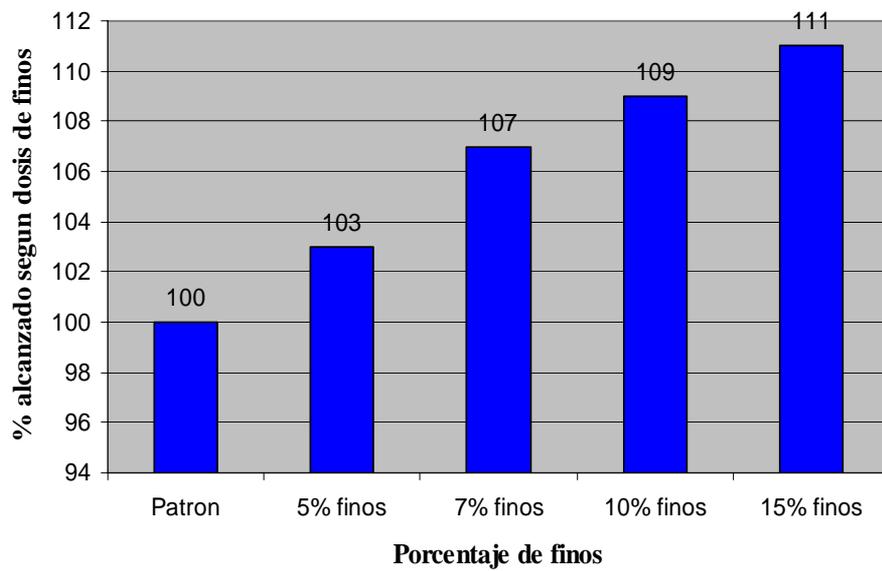


Figura N° 33.- Grafico Porcentaje alcanzado con respecto al patrón HF-3,0.  
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.- Resistencia a la flexotraccion.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma Nch 1038, el cual fue explicado en el capítulo anterior.

#### 4.3.1.- Resultados.

- HF- 3,0 a los 3 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Ton)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	29,16	53	15,2	15,1	0,9	2,40	11,69
5%	29,4	53	15	15,1	1,05	2,45	13,82
7%	29,87	53,1	15,1	15,1	1,1	2,47	14,38
10%	29,7	53	15,1	15	1	2,47	13,25
15%	29,8	53,1	15,1	15	0,9	2,48	11,92

Tabla N° 28, Resistencia HF-3,0 a los 3 días.

Fuente: Elaboración Propia.

#### Resistencia a la flexotracción a los 3 días

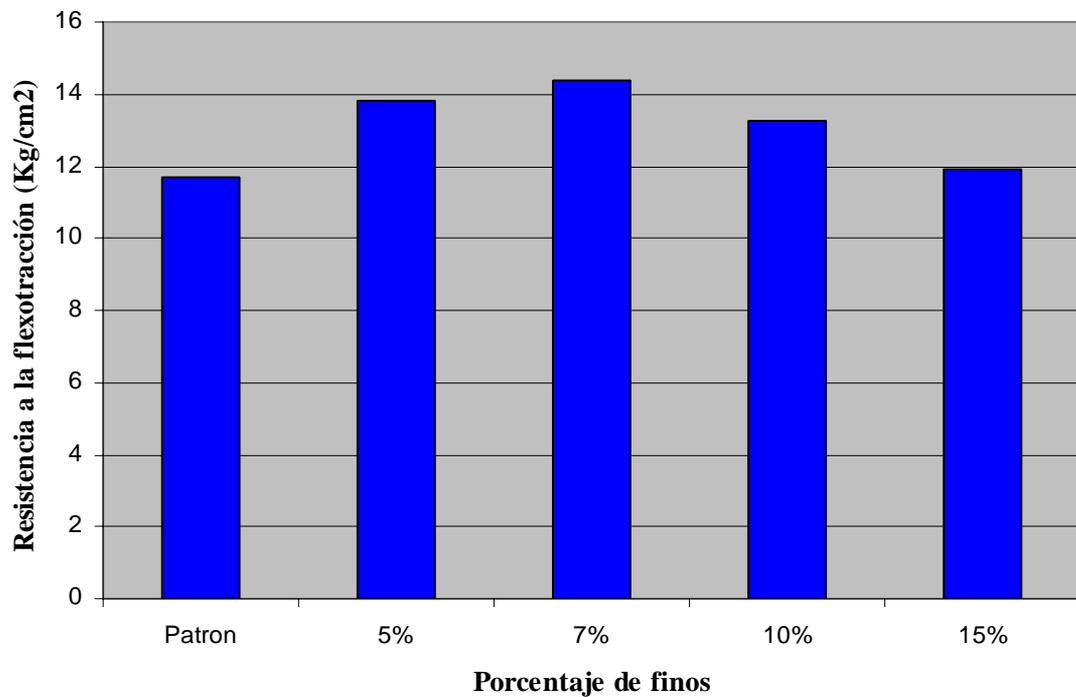


Figura N° 34.- Grafico Resistencia a la Flexotracción a los 3 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 7 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Ton)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	29,25	53	15,2	15,1	1,4	2,41	18,18
5%	29	52,9	15	15	1,55	2,44	20,67
7%	29,5	53,1	15	15,2	1,7	2,44	22,07
10%	29,4	53	15,1	15	1,5	2,45	19,87
15%	29,8	53,1	15,2	15	1,35	2,46	17,76

Tabla N° 29, Resistencia HF-3,0 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia a la flexotracción a los 7 días

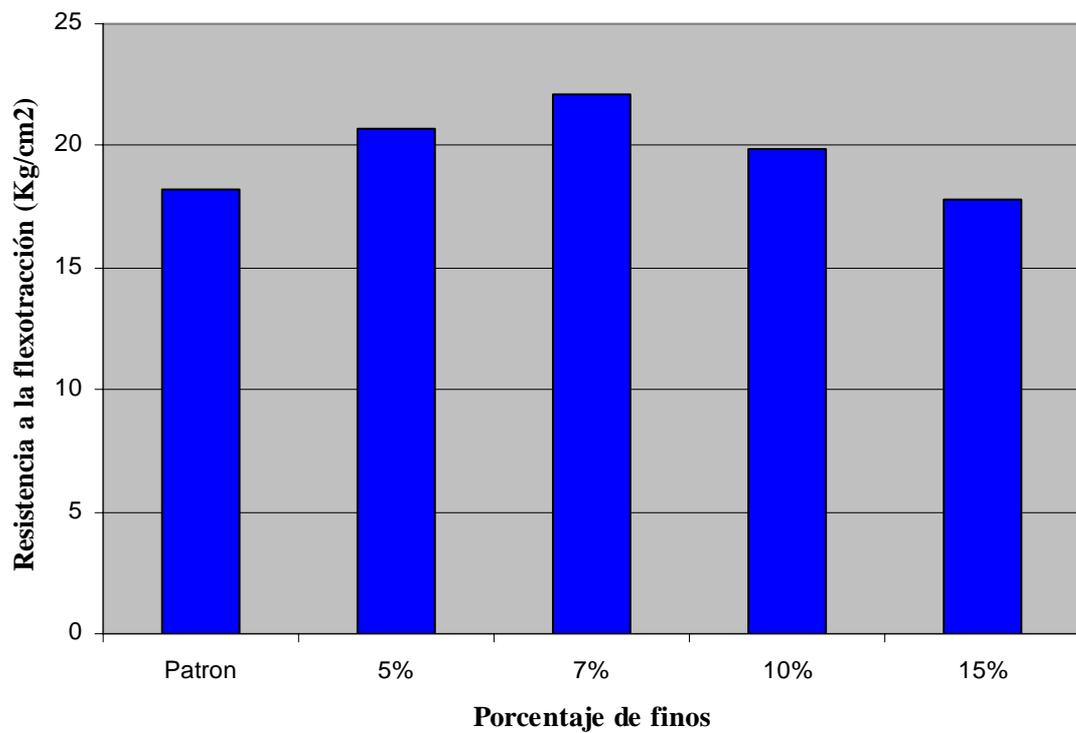


Figura N° 35.- Grafico Resistencia a la Flexotracción a los 7días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 14 días.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Ton)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	29,65	53	15,2	15,1	2,2	2,44	28,57
5%	29,56	53,1	15	15,2	2,3	2,44	29,86
7%	29,68	53	15,1	15,2	2,35	2,44	30,31
10%	29,5	53,1	15	14,9	2,15	2,49	29,05
15%	29,9	53	15,1	15	2,1	2,49	27,81

Tabla N° 30, Resistencia HF-3,0 a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

**Resistencia a la flexotracción a los 14 días**

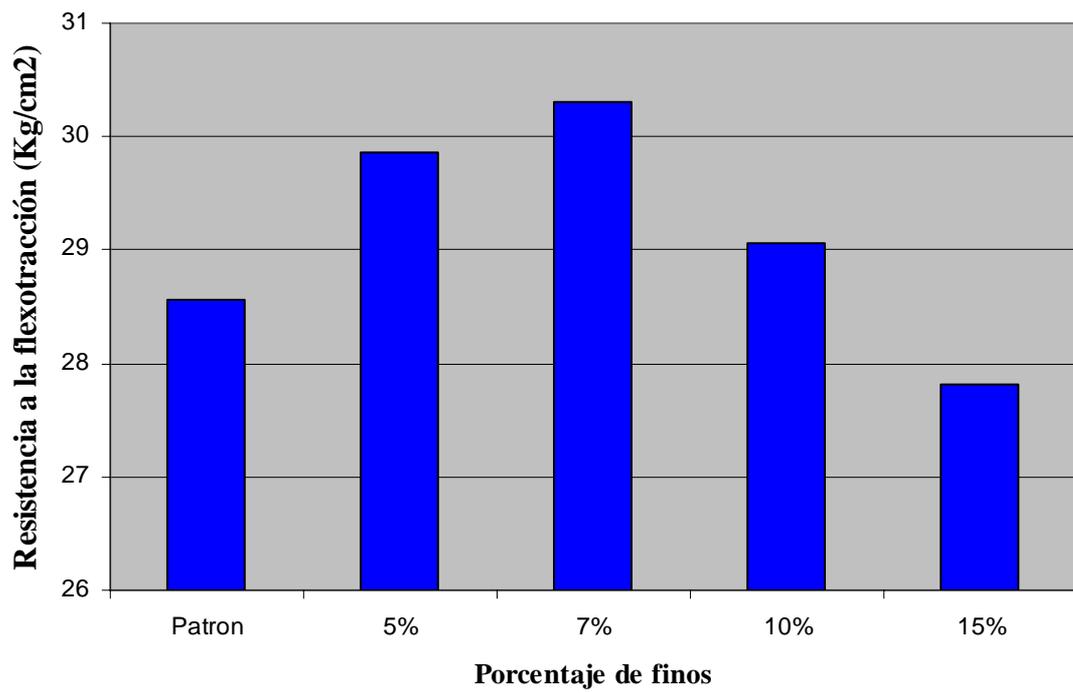


Figura N° 36.- Grafico Resistencia a la Flexotracción a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 28 días, n° 1.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Ton)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	29,18	53	15,1	15,1	2,8	2,41	36,60
5%	29,07	53	15	15,2	2,85	2,41	37,01
7%	29,27	53,1	15,1	15	2,85	2,43	37,75
10%	28,92	53	15	15	2,7	2,43	36,00
15%	29,5	53	15,1	15,1	2,6	2,44	33,98

Tabla N° 31, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

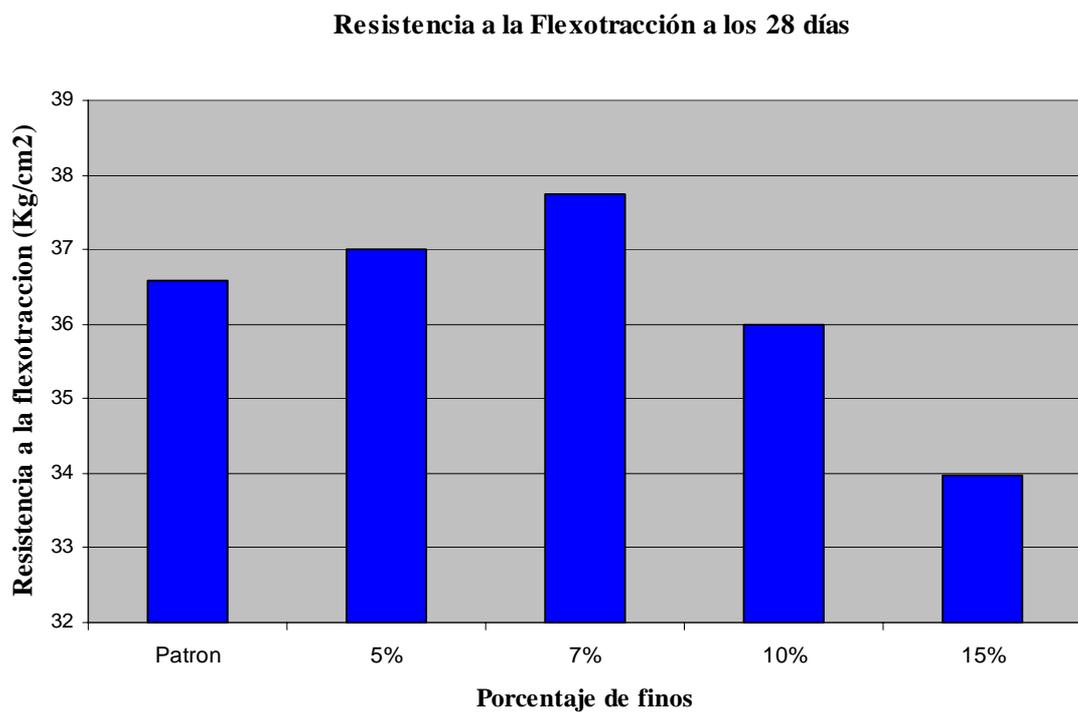


Figura N° 37.- Grafico Resistencia a la Flexotracción a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

● HF- 3,0 a los 28 días, n° 2.

Hormigon	Peso (Kg)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	Carga (Ton)	Densidad (Kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
Patron	29,18	53	15,1	15,1	2,6	2,41	33,98
5%	29,07	53	15	15,2	2,65	2,41	34,41
7%	29,27	53,1	15,1	15	2,7	2,43	35,76
10%	28,92	53	15	15	2,5	2,43	33,33
15%	29,5	53	15	15,2	2,35	2,44	30,51

Tabla N° 32, Resistencia HF-3,0 a los 28 días.  
Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la flexotracción a los 28 días

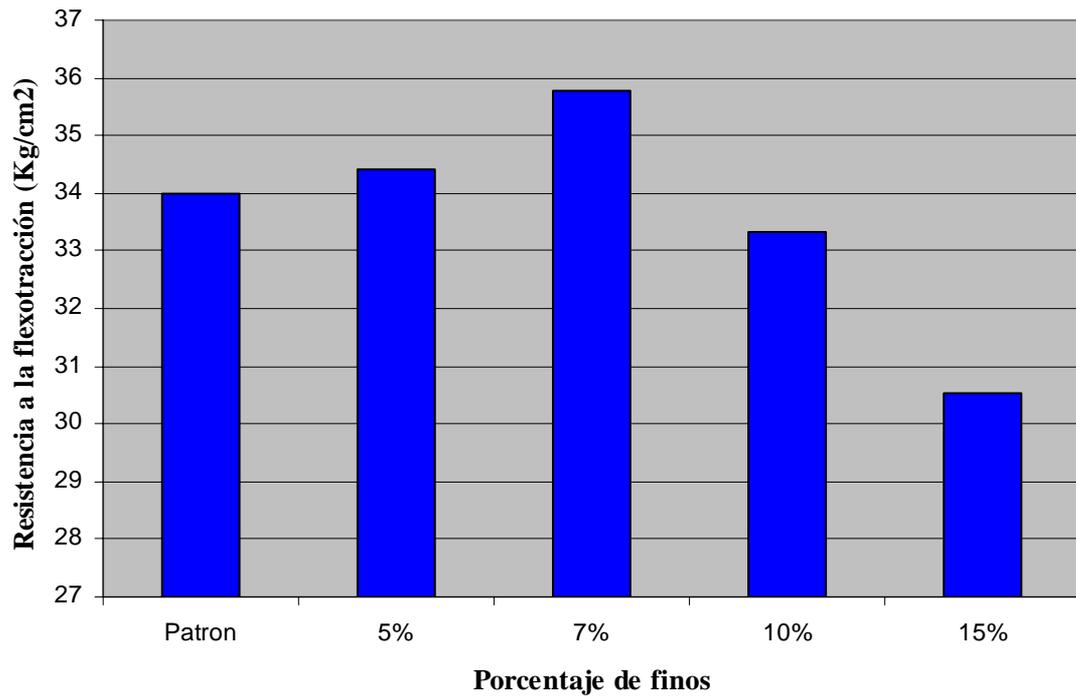


Figura N° 38- Grafico Resistencia a la Flexotracción a los 28 días.  
Fuente: Elaboración propia.

**Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

	<b>% en que vario la resistencia a los 3 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 7 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 14 dias</b>	<b>% en que vario la resistencia a los 28 dias</b>	<b>Promedio de variacion</b>
<b>Patron</b>	-	-	-	-	-
<b>5% finos</b>	18	14	5	1	10
<b>7% finos</b>	23	21	6	4	14
<b>10% finos</b>	13	9	2	-1	6
<b>15% finos</b>	2	-2	-3	-9	-3

Tabla N° 33, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón HF-3,0.  
Fuente: Elaboración Propia.

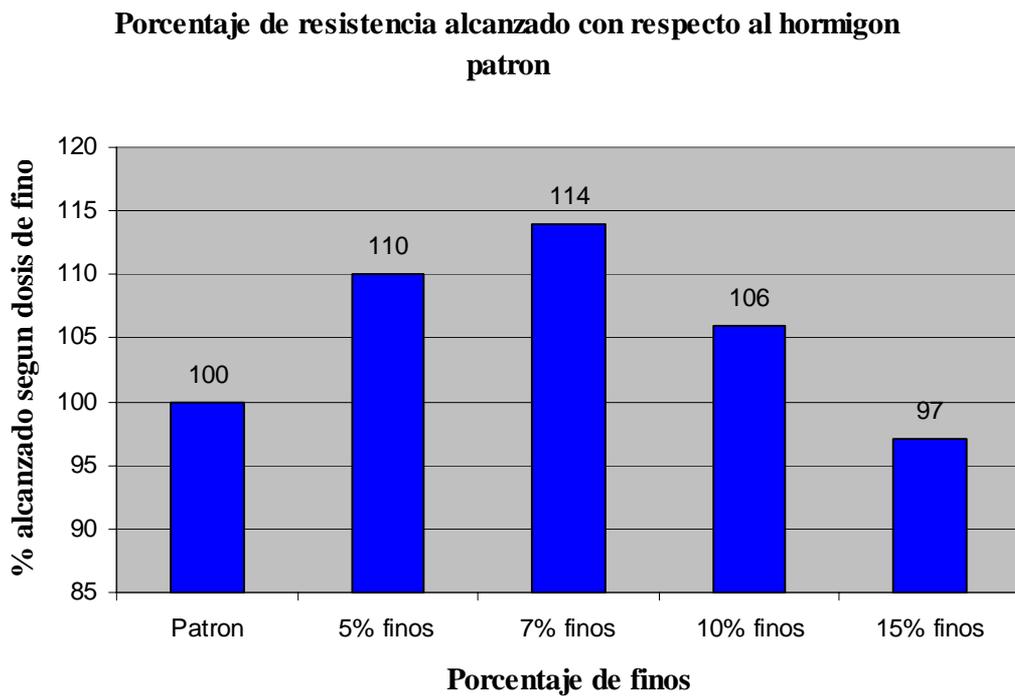


Figura N°39.- Grafico Porcentaje alcanzado con respecto al patrón HF-3,0.  
Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES**

El estudio permitió conocer la influencia del fino sobre la resistencia del hormigón variando su porcentaje de incorporación en 0,9 % (en el caso del hormigón patrón), 5 %, 7 %, 10 % y 15 % de la arena utilizada en el hormigón, donde los resultados fueron los siguientes:

➤ **Resistencia a la compresión:**

La resistencia a compresión aumenta a medida que se acrecienta la dosis de fino obteniéndose la resistencia más alta con la dosis máxima de fino utilizada, debido supuestamente a que al contener más finos estos ocuparon los espacios vacíos, con ello disminuyó la cantidad de aire y por ende aumento la densidad mejorando con esto la resistencia a la compresión.

Para el hormigón H-25, la variación de la resistencia es de 1 % con 5 % de finos, llegando a 8% con 15% de finos.

Para el hormigón HF-3,0, la variación de la resistencia es de 2% con 5% de finos llegando a 8% con 15 % de finos.

➤ **Resistencia a la flexotracción:**

La resistencia a la flexotracción tuvo un comportamiento distinto a la resistencia a la compresión, ya que esta fue creciendo hasta llegar a su máximo valor con un 7 % de finos, luego con un 10% de finos empieza a disminuir presentando una resistencia menor a la del hormigón patrón, alcanzando su menor valor con un 15% de finos, esto debido a que los finos no tienen un buen comportamiento a la tracción.

El aumento de la resistencia es de 4% con 7% de finos, y una disminución de un 1% para 10% de finos y de 9 % para 15% de finos.

Se ve una diferencia clara entre un hormigón especificado a la compresión y a la flexotracción, lo que nos lleva a concluir que el porcentaje óptimo de finos para obtener mayores resistencias tanto a la compresión como a la flexotracción de hormigones es de 7%.

➤ **Densidad:**

El fino produce un leve aumento de la densidad en los hormigones fabricados con él, la que va aumentando a medida que se acrecienta la cantidad de finos.

Todas las densidades determinadas están dentro del rango que se recomienda para un hormigón normal (2,55 – 2,35 kg/dm<sup>3</sup>).

Para el hormigón H-25, con un 5 % de finos la densidad tuvo una variación de un 0,4% llegando a un 3% con 15% de finos.

Para el hormigón HF-3,0, con un 5 % de finos la densidad tuvo una variación de un 1% llegando a un 2,3% con 15% de finos.

➤ **Docilidad:**

Se pudo observar que el fino no tiene un efecto importante en la docilidad de los hormigones.

La docilidad disminuye en todos los tipos de hormigones estudiados a mayor dosis de finos, esto debido a que al aplicar mas fino hubo una mayor absorción de agua.

Para el hormigón H-25, con la dosis mínima de finos (5%) el asentamiento del cono varió de 8 cm. a 7,5 cm. siendo la disminución de 0, 5cm, con la dosis máxima de finos (15%) varió de 8 a 5,5 cm. siendo la disminución de 2,5 cm.

Para el hormigón HF-3,0, con la dosis mínima de finos (5%) el asentamiento del cono varió de 5 cm. a 4,5 cm. siendo la disminución de 0, 5cm, con la dosis máxima de finos (15%) varió de 5 a 3 cm. siendo la disminución de 2 cm.

Debido a los resultados obtenidos parece conveniente revisar el criterio de la norma para el contenido de material fino menor a 0,080 mm, ya que en la actualidad esta acepta como máximo un 5% de finos en las arenas sea cual sea su naturaleza (orgánico e inorgánico) y según los resultados obtenidos hasta un 7 % de finos inorgánicos en las arenas favorecen la resistencia de los hormigones.

## BIBLIOGRAFIA

- Instituto chileno del hormigón. Manual del hormigón.
- Revista Bit, edición Julio 2005 – Microfinos en el hormigón.
- NCh 163. Of. 1979, “Áridos para Morteros y Hormigones – Requisitos Generales”.
- NCh 164. Of. 1976, “Áridos para Morteros y Hormigones – Extracción y Preparación de Muestras”.
- NCh 165. Of. 1977, “Áridos para Morteros y Hormigones – Tamizado y Determinación de la Granulometría”.
- NCh. 166 Of. 1952. Determinación calorimétrica de la presencia de impurezas orgánicas en las arenas para hormigones.
- NCh 170. Of. 1985, “Hormigón – Requisitos Generales”.
- NCh 171. EOf. 1975, “Hormigón – Extracción de Muestras del Hormigón”.
- NCh 1017. EOf. 1975, “Hormigón – Confección y Curado en obra de probetas para Ensayos de Compresión y Tracción”.
- NCh. 1018 Of. 1977. Preparación de mezclas de hormigón en laboratorio.
- NCh 1019. EOf. 1974, “Hormigón – Determinación de la Docilidad. Método del Asentamiento del Cono de Abrams”.
- NCh 1037. Of. 1977, “Hormigón – Ensayo de Compresión de Probetas Cúbicas y Cilíndricas”.
- NCh 1038. Of. 1977, “Hormigón – Ensayo de Tracción por Flexión”.
- NCh 1116. Of. 1977, “Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Aparente”.
- NCh 1117. Of. 1977, “Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Real y Neta, y la Absorción de agua de las Gravas”.
- NCh 1223. Of. 1977, “Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación del Material fino menor que 0.080 mm”.

- NCh 1239. Of. 1977, “Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Real y Neta de agua en las arenas”.