



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil.

“COMPORTAMIENTO DE JUNTAS DE HORMIGONADO A LOS ESFUERZOS DE COMPRESION Y FLEXOTRACCION EN HORMIGONES H30, H25 Y H20”

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.

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

**GUILLERMO ANDRÉS CASTILLO FERNÁNDEZ
VALDIVIA - CHILE
2008**

DEDICATORIA

A mis Padres.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres Manuel y Coralia, a mis hermanos Manuel y Daniel, a mi hermana Viviana y sobrino Bastian, por acompañarme en esta etapa de formación como profesional.

A mi amor Anita por su compañía, por animarme en esta última etapa de formación como profesional.

También a mis amigos, amigas y futuros colegas Feña, José, Alex, Andrés, Rubén, Juan, Gustavo, Juan Pablo.

A mi profesor guía Sr. José Arrey y a todo el personal del LEMCO, por su disposición a ayudarme para la realización de esta memoria de tesis.

Que Dios Bendiga a todos quienes estuvieron involucrados en mi formación como profesional y en la realización de mi memoria de tesis.

INDICE DE CONTENIDOS.

CONTENIDO	PÁGINA.
INDICES	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	
<u>CAPITULO I: ANTECEDENTES PRELIMINARES</u>	01
1.1 <u>Marco Teórico.</u>	01
1.1.1 Juntas de Hormigonado.	01
1.1.2 Alcance y Campo de Aplicación.	02
1.1.2.1 Las Predeterminadas.	02
1.1.2.2 Las Imprevistas.	02
1.1.3 Ubicación de las Juntas de Hormigonado.	02
1.1.3.1 En Muros y Pilares.	03
1.1.3.2 En Losas y Vigas.	04
1.1.3.3 En Vano de Muros.	04
1.1.3.4 En cruce y encuentro de Vigas.	05
1.1.4 Ejecución de las Juntas de Hormigonado.	06
1.1.4.1 Formación de Junta.	06
1.1.4.2 Preparación de la Junta.	07
1.1.4.2.1 Tratamiento de Juntas de Hormigón Joven.	07
1.1.4.2.2 Tratamiento de Juntas de Hormigón envejecido.	07
1.1.4.2.3 Tratamiento de la junta con epóxico.	08
1.1.5 Continuación del Hormigonado.	08
1.1.5.1 Capa de Mortero.	08
1.1.5.2 Capa de Hormigón especial.	09

1.1.6	Prohibiciones.	09
<u>CAPITULO II: DESARROLLO DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO</u>		10
2.1	<u>GENERALIDADES.</u>	10
2.2	<u>VARIABLES A ESTUDIAR EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL.</u>	11
2.3	<u>PROGRAMA DE ENSAYOS.</u>	12
2.4	<u>DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS.</u>	13
2.4.1	Ensayo a Compresión.	13
2.4.1.1	Procedimiento.	14
2.4.1.1.1	Medición de la probeta.	16
2.4.1.1.2	Ensayo.	17
2.4.1.1.3	Expresión de resultados.	18
2.4.2	Ensayo Flexotracción.	19
2.4.2.1	Procedimiento.	19
2.4.2.1.1	Medición de la Probeta.	21
2.4.2.1.2	Ensayo.	21
2.4.2.1.3	Expresión de Resultados.	22
2.4.3	Ensayo de consistencia de morteros.	24
2.4.4	Ensayo de flexión y compresión de morteros.	25
2.4.4.1	Preparación y conservación de probetas.	25
2.4.4.2	Procedimiento ensayo flexión y compresión.	27
<u>CAPITULO III: DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL</u>		30
3.1	<u>MATERIALES</u>	30
3.1.1	Áridos.	30
3.1.1.1	Determinación Densidad Aparente, Densidad Real y Absorción.	30

3.1.1.2	Determinación de Granulometría.	31
3.1.1.3	Determinación de Impurezas en las arenas para Hormigones.	33
3.1.2	Cemento.	33
3.1.3	Agua.	33
<u>3.2 DOSIFICACIÓN Y CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN</u>		33
3.2.1	Dosificación de los Hormigones.	33
3.2.1.1	Porcentaje de los áridos necesarios para la Mezcla.	34
3.2.1.2	Resistencia media requerida (fr).	36
3.2.1.3	Razón Agua- Cemento.	37
3.2.1.4	Determinación del Agua de Amasado.	37
3.2.1.5	Determinación de la Cantidad de Cemento.	38
3.2.1.6	Determinación de la Cantidad de Aire.	38
3.2.1.7	Determinación de Volumen de Áridos.	39
3.2.1.8	Determinación de Peso de Áridos.	39
3.2.1.9	Determinación de Agua Total.	41
3.2.1.10	Resumen.	42
3.2.2	Confección de Mezclas de Prueba.	43
<u>CAPITULO IV: INTERPRETACION DE RESULTADOS</u>		61
4.1	Ensayo de compresión.	61
4.2	Ensayo de flexotracción.	72
<u>CAPITULO V: CONCLUSIONES</u>		83
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS		88

INDICE DE FIGURAS.

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA.</u>
Nº 1: Ubicación de juntas en muros y pilares.	03
Nº 2: Ubicación de juntas en muros y pilares.	03
Nº 3: Ubicación de juntas en losas y vigas.	04
Nº 4: Ubicación de juntas en vanos de muros.	05
Nº 5: Ubicación de juntas en cruces y encuentro de vigas.	05
Nº 6: Ubicación de juntas en cruces y encuentro de vigas.	06
Nº 7: Molde cúbico 20*20*20 cm ³ .	15
Nº8: Piscina de curado.	16
Nº9: Probeta en máquina de compresión.	17
Nº10: Prensa de ensayo.	18
Nº11: Ensayo de tracción por flexotracción con carga P/2.	21
Nº12: Ensayo a flexotracción.	22
Nº 13: Ensayo a flexión de morteros.	28
Nº 14: Ensayo a compresión de morteros.	29
Nº 15: Triangulo de Feret.	35
Nº 16: Probeta a compresión modificada.	44
Nº 17: Probeta a flexotracción modificada.	45
Nº 18: Betonera para confeccionar las mezclas.	45
Nº 19: Asentamiento de cono.	49
Nº 20: Probeta a compresión y flexotracción terminada.	50
Nº 21: Desmolde probetas.	51
Nº 22: Piscina de curado.	51
Nº 23: Remoción de la capa de lechada superficial.	52
Nº 24: Determinación de la consistencia de mortero	56
Nº 25: Capa de mortero sobre probeta modificada.	58

Nº 26: Compactado de probeta cúbica.	59
Nº 27: Probetas terminadas.	59
Nº 28: Desmolde de probetas cúbicas y prismáticas.	60
Nº 29: Probetas en piscina de curado.	60
Nº 30: Posición y manera de ensayar probeta a compresión.	61
Nº 31: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H20 y mortero.	64
Nº 32: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H25 y mortero.	67
Nº 33: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H30 y mortero.	70
Nº 34: Rotura de probetas a compresión con junta de hormigonado a distintas edades.	71
Nº 35: Posición y manera de ensayar probeta a flexotracción.	72
Nº 36: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H20 y mortero.	75
Nº 37: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H25 y mortero.	78
Nº 38: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones, probetas con junta de hormigonado H30 y mortero.	81
Nº 39: Rotura de probetas a flexotracción con junta de hormigonado a distintas edades.	82
Nº 40: Rotura de probeta a flexotracción con junta de hormigonado a los 28 días.	82

INDICE DE TABLAS.

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA.</u>
Nº 1: Resultado propiedad de los Áridos.	30
Nº 2: Resultado granulometría de la arena.	31
Nº3: Resultado granulometría de la gravilla.	32
Nº4: Resultado granulometría de la grava.	32
Nº5: Datos según la banda de especificación.	34
Nº6: Datos según los áridos.	34
Nº 7: Ajuste de porcentajes de grava, gravilla y arena a bandas granulométricas.	36
Nº 8: Dosificación para un m3 de hormigón.	42
Nº 9: Dosificación para 75 litros.	43
Nº 10: Corrección por humedad para H-20.	46
Nº 11: Corrección por humedad para H-25.	47
Nº 12: Corrección por humedad para H-30.	47
Nº 13: Corrección por humedad para H-20.	54
Nº 14: Corrección por humedad para H-25.	54
Nº 15: Corrección por humedad para H-30.	55
Nº 16: Dosificación de morteros para juntas de hormigonado	56
Nº 17: Equivalencia de los límites de la consistencia por extendido en la mesa de sacudidas.	57
Nº 18: Resultado ensayo probetas patrones a compresión de hormigón H20.	62
Nº 19: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a compresión de hormigón H20.	62
Nº 20: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H20.	63
Nº 21: Resistencia a compresión alcanzada por las probetas de mortero.	63

Nº 22: Porcentaje de variación de la resistencia a compresión de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H20.	64
Nº 23: Resultado ensayo probetas patrones a compresión de hormigón H25.	65
Nº 24: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a compresión de hormigón H25.	65
Nº 25: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H25.	66
Nº 26: Resistencia a compresión alcanzada por las probetas de mortero.	66
Nº 27: Porcentaje de variación de la resistencia a compresión de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H25.	67
Nº 28: Resultado ensayo probetas patrones a compresión de hormigón H30.	68
Nº 29: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a compresión de hormigón H30.	68
Nº 30: Resumen del promedio de las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H30.	69
Nº 31: Resistencia a compresión alcanzada por las probetas de mortero.	69
Nº 32: Porcentaje de variación de la resistencia a compresión de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H30.	70
Nº 33: Resultado ensayo probetas patrones a flexotracción de hormigón H20.	73
Nº 34: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a flexotracción de hormigón H20.	73
Nº 35: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H20.	74
Nº 36: Resistencia a flexión alcanzada por las probetas de mortero.	74
Nº 37: Porcentaje de variación de la resistencia a flexotracción de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H20.	75
Nº 38: Resultado ensayo probetas patrones a flexotracción de hormigón H25.	76

Nº 39: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a flexotracción de hormigón H25.	76
Nº 40: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H25.	77
Nº 41: Resistencia a flexión alcanzada por las probetas de mortero.	77
Nº 42: Porcentaje de variación de la resistencia a flexotracción de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H25.	78
Nº 43: Resultado ensayo probetas patrones a flexotracción de hormigón H30.	79
Nº 44: Resultado ensayo probetas con junta de hormigonado a flexotracción de hormigón H30.	79
Nº 45: Resumen del promedio de las resistencias a flexotracción alcanzadas por las probetas patrones y probetas con junta de hormigonado H30.	80
Nº 46: Resistencia a flexión alcanzada por las probetas de mortero.	80
Nº 47: Porcentaje de variación de la resistencia a flexotracción de la junta de hormigonado con respecto al promedio de hormigones patrones H30.	81

RESUMEN

En esta memoria de tesis, se estudia el comportamiento de las juntas de hormigonados a los esfuerzos de compresión y flexotracción en hormigones H30, H20 y H25. Para lograr estudiar este comportamiento se llevan a cabo probetas que asemejen esta condición, a través de una metodología lo más apegada a las recomendaciones de la Norma NCh 170 Of.85; estableciendo un comportamiento mediante la comparación de estas últimas frente a hormigones de las mismas características, pero con un hormigonado continuo, a distintas edades.

SUMMARY

In this memory of thesis, studies the behaviour of the joints of concreting to the efforts of compression and flexotraccion in concretes H30, H20 and H25. To attain study this behaviour carry out test that asemejen this condition, through a methodology the more nearby to the recommendations of the Norm NCh 170 Of.85; establishing a behaviour by means of the comparison of these last front to concretes of the same characteristics, but with a concreting continuous, to distinct ages.

INTRODUCCION

En cualquier obra de construcción en que esté involucrado el hormigón como material estructural se debe tener presente innumerables requisitos para que este cumpla la función para la cual es destinada, entre las que se pueden nombrar como la resistencia, docilidad, trabajabilidad, etc. Cumpliendo estos requisitos y siguiendo las recomendaciones de la norma en la correcta colocación del hormigón en obra se obtienen estructuras que satisfagan las solicitudes para las cuales se han diseñado. Sin embargo existen situaciones que hacen que el hormigón se vea interrumpido, dado que hormigonar una estructura de una sola vez se hace imposible y se deben recurrir a las denominadas juntas de hormigonado, lo cual rompe la continuidad del hormigón y por ende la estructura se verá afectada por dicha interrupción, es por ello que se analizará el comportamiento de las juntas de hormigonado, concluyendo el efecto que produce una de estas en los esfuerzos a compresión y flexotracción.

Planteamiento general del problema

La presente memoria de tesis intentará esclarecer el comportamiento que tiene el hormigón en su principal característica, que es la resistencia a compresión y flexotracción, cuando ha sido interrumpido y se ha tenido que llevar a cabo una junta de hormigonado, así a la hora de realizar la práctica de esta se tenga un mayor cuidado en su buena ejecución y ser conscientes del comportamiento de una estructura ejecutada con una junta de hormigonado.

Justificación de la Investigación:

La importancia que tiene dicha investigación es significativa para los calculistas los cuales tendrán presente los efectos de las interrupciones en el hormigón en las estructuras diseñadas, como también para los ingenieros de terrenos los cuales deben supervisar la buena ejecución de ellas y ser conscientes del efecto que conlleva paralizar una faena de hormigonado y continuar con él sin tomar en cuenta el efecto de la interrupción del hormigón en la estructura y por ende en su resistencia.

La investigación se llevó a cabo en Laboratorio de Ensaye de Materiales de Construcción LEMCO de la Universidad Austral de Valdivia, el cual esta dotado de todas las herramientas normalizadas para los ensayos de hormigón.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

- Analizar el comportamiento de juntas de hormigonado a los esfuerzos de Compresión y Flexotracción en hormigones H30, H25 y H20.

Objetivos Específicos.

- Diseño y confección de mezclas de prueba para hormigones H30, H25, H20.
- Confeccionar probetas a Compresión y Flexotracción que representen la condición de una junta de hormigonado, para hormigones H30, H25 y H20.
- Determinar la resistencia a la Compresión y Flexotracción de las probetas.
- Comparar las resistencias alcanzadas por las probetas de juntas de hormigonado versus probetas de hormigones monolíticos.

CAPÍTULO I:

ANTECEDENTES PRELIMINARES

1.1 Marco Teórico

La estabilidad de una estructura está condicionada, además de la calidad del hormigón (resistencia, impermeabilidad, etc.) al monolitismo o continuidad permanente que debe tener todo elemento en sí y su unión con los otros elementos que conforman la estructura.

Para este efecto, las operaciones del hormigonado deben proyectarse para evitar la formación de separaciones entre secciones y cuando ellas se produzcan deben tratarse de acuerdo a las recomendaciones que da la Norma Chilena NCH 170 Of.85, el no cumplimiento de ellas o su ejecución incorrecta dan origen a un punto débil en la estructura, quedando vulnerable a los ataques químicos, a las filtraciones, a los sismos, etc.

1.1.1 Juntas de hormigonado

Se entiende por junta de hormigonado, a la unión que se debe realizar durante el hormigonado para mantener la continuidad monolítica de dos secciones contiguas cuando se ha producido una interrupción que supera el período plástico del hormigón.

1.1.2 Alcance y campo de aplicación

Estas recomendaciones son aplicables a cualquier junta de hormigonado, sean:

1.1.2.1 Las predeterminadas

Fijadas según las exigencias del cálculo estructural, la estética y las condiciones de ejecución. Estas juntas corresponden a las previstas para finalizar el hormigonado de algún elemento o para terminar una jornada de trabajo.

1.1.2.2 Las imprevistas

Provocadas por eventuales e insubsanables desperfectos en maquinarias o equipos o por cambios no previsibles en el clima. En estos casos el constructor debe agotar todos los medios tratando de llegar a las juntas predeterminadas, cuando ello no sea posible debe:

- a) dar aviso de inmediato al proyectista;
- b) registrar en el libro de obras las causales y motivos de la interrupción;
- c) aplicar estrictamente las recomendaciones de la Norma NCh 170 Of.85.

1.1.3 Ubicación de las juntas de hormigonado

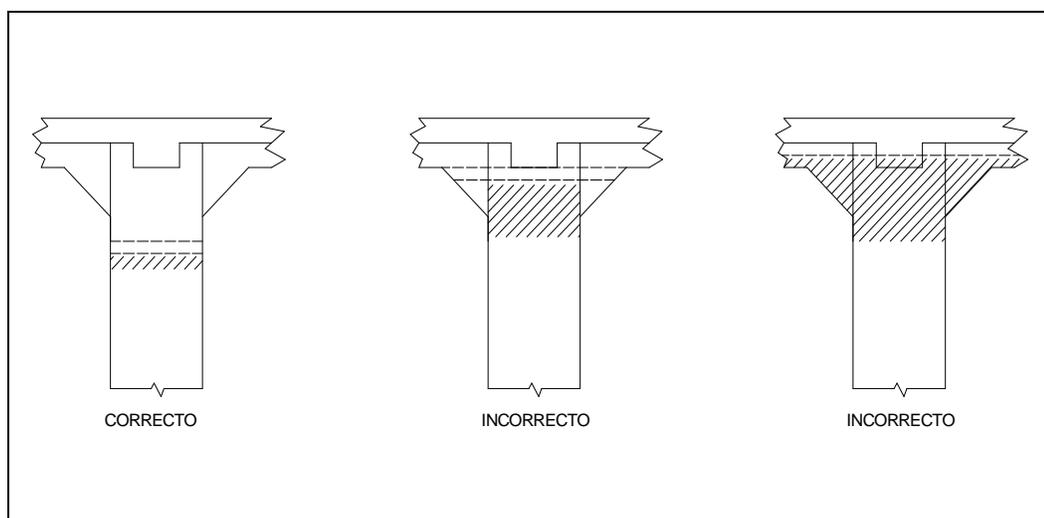
Las juntas de hormigonado se ubican, en general, perpendicularmente a las tensiones principales de compresión y en las zonas en que las tensiones de tracción o de corte son nulas o las menores posibles.

1.1.3.1 En muros y pilares

La junta de trabajo debe ser horizontal y ubicarse 0,2 ó 0,3 m más abajo del nivel inferior de los elementos horizontales o inclinados en que éstos se apoyan. Ver Figuras 1 y 2.

Figura N°: 1

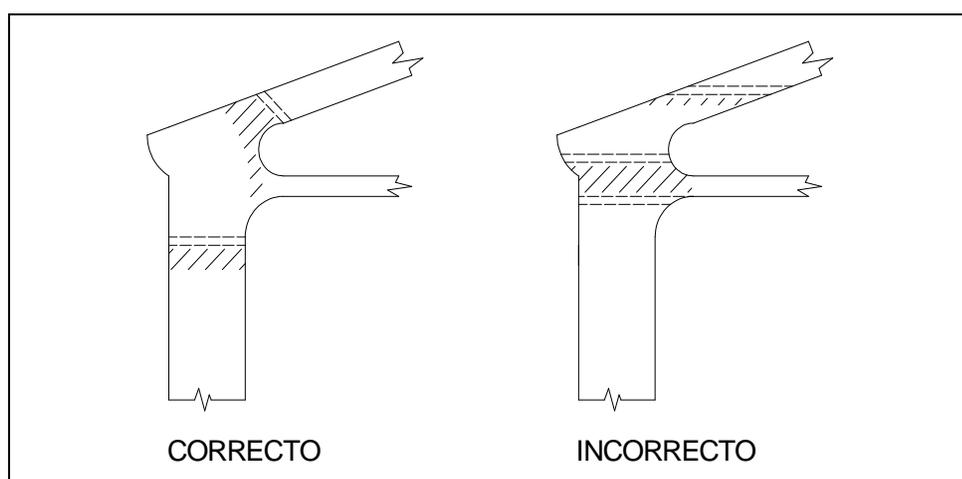
UBICACIÓN DE JUNTAS EN MUROS Y PILARES.



Fuente: NCh 170 Of.85

Figura N°: 2

UBICACIÓN DE JUNTAS EN MUROS Y PILARES



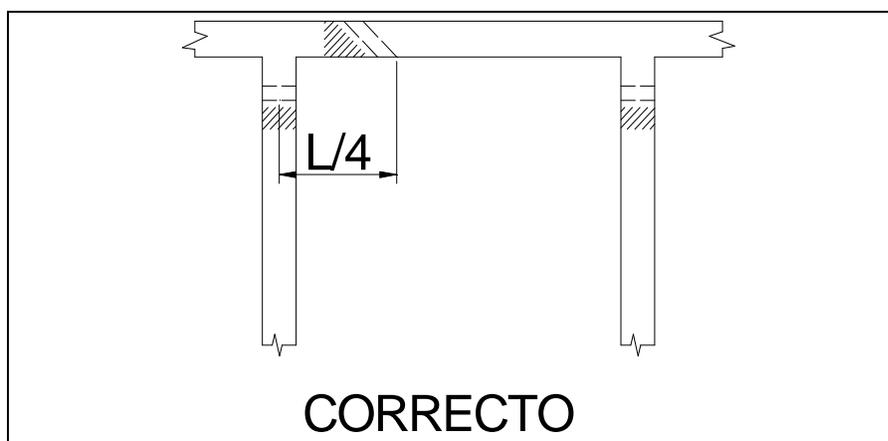
Fuente: NCh 170 Of.85

1.1.3.2 En losas y vigas

Las juntas de hormigonado deben ubicarse aproximadamente a una distancia de un cuarto de la luz, pasado el apoyo, y su dirección inclinada a 45°. Ver figura 3.

Figura N°: 3

UBICACIÓN DE JUNTAS EN LOSAS Y VIGAS



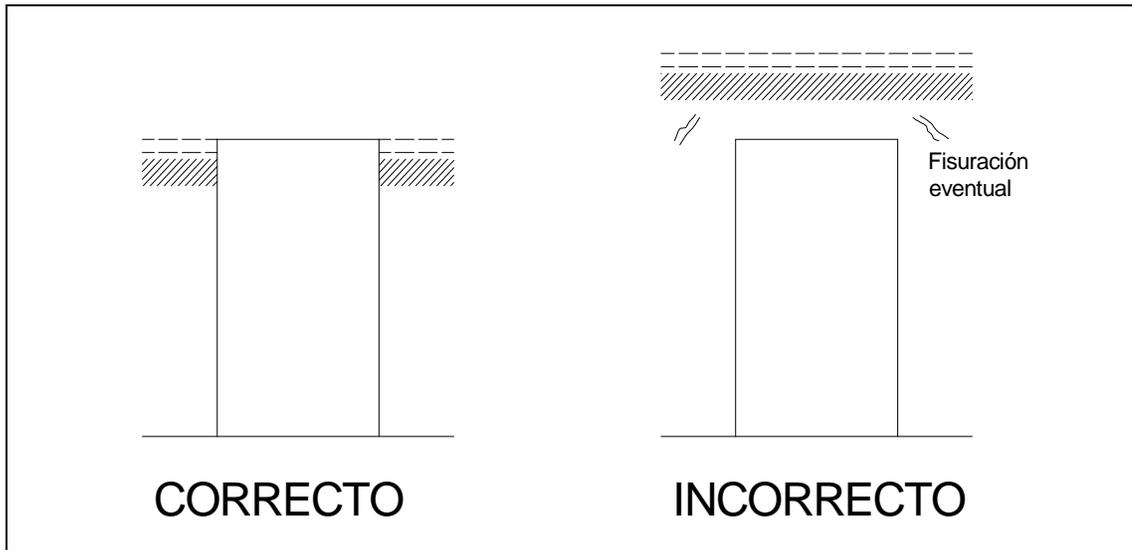
Fuente: NCh 170 Of.85

1.1.3.3 En vano de muros

La junta de hormigonado debe ser horizontal y quedar mínimo 0,1 m más abajo del nivel superior del vano. Ver figura 4.

Figura N°: 4

UBICACIÓN DE JUNTAS EN VANOS DE MUROS



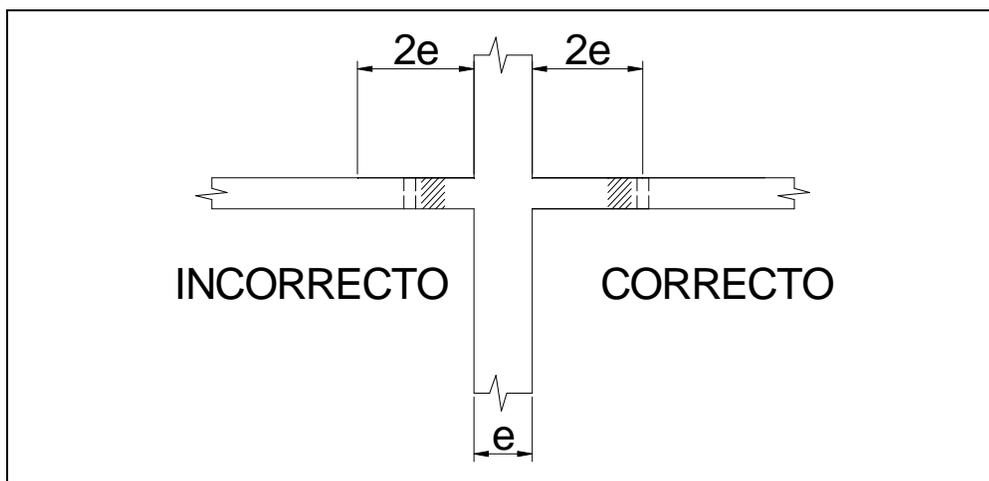
Fuente: NCh 170 Of.85

1.1.3.4 En cruces y encuentro de vigas

La junta debe ubicarse en la viga que se hormigonará posteriormente, a una distancia igual al doble del ancho de la viga que se está hormigonando. Ver figuras 5 y 6.

Figura N°: 5

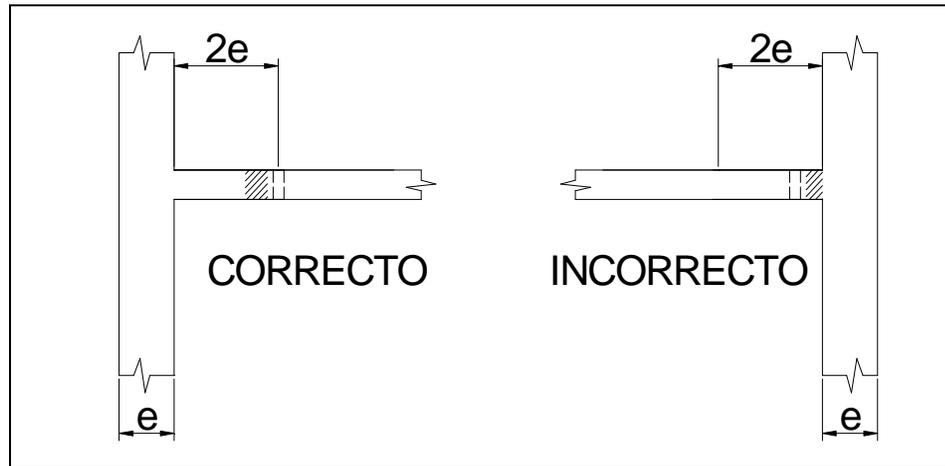
UBICACIÓN DE JUNTAS EN CRUCES Y ENCUENTRO DE VIGAS



Fuente: NCh 170 Of.85.

Figura N°: 6

UBICACIÓN DE JUNTAS EN CRUCES Y ENCUENTRO DE VIGAS



Fuente: NCh 170 Of.85

1.1.4 Ejecución de las juntas de hormigonado

1.1.4.1 Formación de la junta

El hormigonado de la capa o zona final que da origen a una junta de hormigonado debe ser realizado teniendo en cuenta lo siguiente:

- El hormigón debe ser colocado con el menor asentamiento de cono que sea posible.
- La compactación debe realizarse hasta el extremo final.
- La superficie de terminación debe ser lo más regular posible, evitando los excesos de lechada y mortero en los casos de juntas de corte horizontal.

1.1.4.2 Preparación de la junta

1.1.4.2.1 Tratamiento de juntas de hormigón joven.

Una junta de hormigón joven se realiza cuando se une el nuevo hormigón con una capa de hormigón que tiene entre 4 y 12 horas de colocación, o de 12 a 24 horas si se ha trabajado con algún aditivo retardador de fraguado.

La preparación de esta junta consiste en someter a la superficie de unión al siguiente tratamiento:

- a) Raspar, escobillar o picar para eliminar la capa de lechada o de mortero relativamente blando.
- b) Lavar con chorro de agua a presión.
- c) Aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado.

1.1.4.2.2 Tratamiento de juntas de hormigón envejecido

El tratamiento de preparación de la junta es el siguiente:

- a) Picar la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión.
- b) Lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicia el hormigonado.
- c) Aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado.

1.1.4.2.3 Tratamiento de la junta con epóxico

- a) Dar el tratamiento de preparación de limpieza y lavado de la junta según corresponda.
- b) Recubrir con algún adhesivo epóxico aprobado, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las instrucciones del proyectista.
- c) Aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado.

1.1.5 Continuación del hormigonado

Sobre las superficies preparadas se prosigue el hormigonado aplicando previamente cualquiera de las siguientes capas de base:

1.1.5.1 Capa de mortero

- a) Extender una capa de mortero plástico seco de espesor 1 a 2 cm en juntas horizontales y, al menos, de 20 mm en juntas verticales; La composición del mortero debe ser la misma que tiene el mortero del hormigón a usar.
- b) Colocar la primera capa del nuevo hormigón de espesor de 30 a 40 cm antes que endurezca la capa de mortero. Si la colocación del hormigón es difícil, se puede aumentar el asentamiento del cono, pero manteniendo la razón agua-cemento y/o abrir ventanillas en el moldaje para asegurar un perfecto llenado.
- c) Compactar, introduciendo el vibrador hasta la capa de mortero para que éste refluya hacia la capa del hormigón.
- d) Proseguir el hormigonado de acuerdo al sistema establecido en la obra.

1.1.5.2 Capa de hormigón especial

- a) Extender una capa de hormigón de unos 5 a 10 cm del hormigón en uso al que se le ha eliminado aproximadamente el 50% de la grava de la dosificación;
- b) Proseguir según los puntos b), c) y d), indicados en 1.1.5.1 Capa de mortero

1.1.6 Prohibiciones

- a) Se prohíbe la limpieza y tratamiento de la superficie de la junta con ácidos o productos corrosivos para el hormigón o para el acero de las armaduras.
- b) No está permitido el empleo de lechadas de cemento como capa de base sobre la junta.
- c) En juntas de hormigón joven no deben emplearse hormigones fabricados con cemento de distintos orígenes.
- d) El cemento del nuevo hormigón no debe ser incompatible con el cemento empleado en el hormigón ya colocado, como es el caso de cementos portland y cementos aluminosos.

CAPÍTULO II.

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 GENERALIDADES

Si bien existe una definición muy clara por parte de la norma chilena de como se deben ejecutar las juntas de hormigonado, sus distintos tratamientos a seguir y las prohibiciones de este tipo de práctica, queda un vacío en lo que respecta al comportamiento de la junta frente a los esfuerzo de Compresión y Flexotracción a la que se ven solicitadas. Por ende como una forma de cuantificar lo que sucede en estas zonas y poner en conocimiento a los profesionales, quienes deben diseñar y ejecutar este tipo de tratamiento, será de gran importancia investigar lo que ocurre en este tipo de situaciones, muy corriente en cualquier obra de construcción en que se ve involucrado el hormigón como material principal en las estructuras. Para responder a esta inquietud se diseñaron probetas que asemejen una junta de hormigonado y se ensayaron de acuerdo a los lineamientos que fija la norma chilena en cuanto a los ensayos para el hormigón.

Para efectuar los ensayos se tomaron hormigones de resistencia H30, H25, y H20, puesto que son los grados habitualmente usados en muros, pilares y losas, donde normalmente se producen las juntas de hormigonado.

Para la preparación de las juntas de hormigonado se realizó una primera masada que corresponde al hormigón Patrón 1, llenando los moldes cúbicos y prismático de manera de lograr reflejar una interrupción en la probeta, una vez que este adquirió su resistencia máxima que corresponde a los 28 días, se continuo con el hormigonado, hormigón Patrón 2, el cual es similar en grado y de iguales características al hormigón Patrón 1, reflejando la condición de una junta de

hormigonado, por supuesto siguiendo las sugerencias de la norma para la confección de una junta de hormigón.

Una vez ensayadas según los procedimientos de la norma NCh 1037 Of.77, para las probetas cúbicas y norma NCh 1038 Of.77 para las probetas prismáticas, se obtuvieron los resultados para diferentes edades y grados.

Con los resultados en mano se procedió a realizar las conclusiones del comportamiento de las juntas de hormigonado para los distintos grados estructurales y así se cuantifico el efecto que se obtiene de la realización de un tratamiento de este tipo, en comparación con un hormigón monolítico.

De esta manera se demuestra, si la realización de una junta de hormigonado afecta la resistencia del hormigón.

2.2 VARIABLES A ESTUDIAR EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL.

En esta memoria se estudiará el comportamiento de las juntas de hormigonado a los esfuerzos de compresión y flexotracción en hormigones H30, H25 y H20, se determinó a partir de la confección de probetas que reflejen dicha condición.

Para obtener resultados veraces se tratará de extrapolar las sugerencias de la norma, para la realización de las probetas de ensayos, dado que no existe información o recomendaciones en lo que respecta a ensayos de este tipo.

La investigación y desarrollo de los ensayos serán realizadas en LEMCO perteneciente a la Universidad Austral de Valdivia, donde existen todas las herramientas normalizadas para la confección de buena manera de las probetas de muestras, además de la ejecución de los ensayos de estas mismas.

2.3 PROGRAMA DE ENSAYOS

Para Analizar el comportamiento de juntas de hormigonado a los esfuerzos de compresión y flexotracción en hormigones H30, H25 y H20. Se efectuaron ensayos comparativos entre hormigón Patrón (Sin junta de hormigonado) y hormigón con junta de hormigonado para los distintos grados.

En cuanto a las características del hormigón patrón y el hormigón utilizado para confeccionar las juntas de hormigonado se utilizaron los mismos áridos, cemento y las mismas dosificaciones en cada grado de hormigón.

Los ensayos a Compresión y Flexotracción se realizaron a los 7, 14 y 28 días para el hormigón patrón y a las mismas edades se ensayaron los hormigones con juntas de hormigonado.

Se debe señalar que las probetas con junta de hormigonado se confeccionaron de manera tal que el hormigón que recibió el nuevo alcanzo su resistencia máxima, y el concreto que dio la continuidad al hormigonado se ensayo a las edades anteriormente señaladas.

Para la ejecución de las juntas de hormigón se tomaran las sugerencias que da la norma NCh 170.

Para este estudio la *preparación de la junta* de hormigonado se realizó tomando la sugerencia para el tratamiento de juntas de hormigón envejecido, descartando el tratamiento de la junta con adhesivo epóxico, dado que las características de estos productos logran una mejor adherencia entre hormigón fresco y el endurecido, buscando en esta investigación caracterizar la situación un poco más desfavorable siempre siguiendo los lineamientos de la norma. Y en cuanto a la continuidad del hormigonado se efectuó colocando una capa de mortero, desechando la opción de una capa de hormigón especial, dado que las exigencias

que requiere esta opción son difíciles de cumplir dada las dimensiones de nuestras probetas y lo dificultoso que es apartar el 50% de la grava del hormigón en uso.

Esta preparación de probeta es para ambas sollicitaciones de compresión y flexotracción.

Una vez realizados los ensayos y con los resultados se procede hacer el análisis de como se comportaron los hormigones con junta de hormigonado, enfrentándolo con los resultados de los patrones monolíticos.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

2.4.1 Ensayo a Compresión.

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del hormigón, siendo también el factor que se emplea frecuentemente para definir su calidad.

El procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión está establecido en la norma chilena NCh 1037.

El valor de la resistencia obtenido en el ensayo no es absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado. Entre estas condiciones, las de mayor influencia son analizadas a continuación:

a) Forma y dimensiones de la probeta:

- Probetas Cúbica: de 15 y 20 cm de arista.

b) Condiciones de ejecución del ensayo:

- Velocidad de aplicación de la carga de ensayo.
- Estado de las superficies de aplicación de la carga.

- Centrado de la carga de ensayo.

c) Características del hormigón:

- Tipo de cemento.
- Relación agua / cemento.
- Edad del hormigón.

d) Condiciones ambientales:

- Temperatura.
- Humedad.

Además de todas estas condiciones debemos considerar la forma en que hemos confeccionados las probetas con junta de hormigonado.

2.4.1.1 Procedimiento

Por cada masada realizada en la betonera del laboratorio, se llenaron 4 cubos de 15 cm de aristas que corresponden a las probetas patrón 1, las cuales serán ensayadas de acuerdo a la norma NCH 1037, y a la vez se llenaron 7 cubos de 20 cm de arista hasta la mitad de estos, asemejando una interrupción en el hormigonado, para así transcurridos 28 días en que el hormigón alcanzó su resistencia máxima, se rellenaron con el nuevo hormigón (patrón 2) con lo que obtendremos probetas con junta de hormigonado, y así ensayarlas de acuerdo a la norma NCH 1037.

Figura N°: 7

MOLDE CÚBICO 20*20*20 CM³.



Fuente: Elaboración Propia.

Las probetas se retiran de la piscina de curado inmediatamente antes del ensayo y se protegen con arpilleras mojadas hasta el momento en que se colocan en la máquina de ensayo.

Se debe tener cuidado, especialmente con las probetas ensayadas a los 7 días, con las aristas de estas al momento de sacarlas de la piscina de curado, ya que aún su resistencia no es la de diseño y por lo tanto podemos afectar el área de aplicación de la carga.

Figura N°: 8

PISCINA DE CURADO



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1.1.1 Medición de la probeta

La medición de las probetas se llevará a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla.

- Se coloca el cubo con la cara de llenado en un plano vertical frente al realizador del ensayo.
- Se miden los anchos de las cuatro caras laterales del cubo (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) aproximadamente en el eje horizontal de cada cara.
- Se mide las alturas de las cuatro caras laterales (h_1 , h_2 , h_3 y h_4) aproximadamente en el eje vertical de cada cara.
- Estas medias se expresan con aproximación a mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 50 grs. en balanza Electrónica.

2.4.1.1.2 Ensayo

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas de carga.

a) Posición de las probetas

Se coloca la probeta cúbica con su cara de llenado en un plano perpendicular a la placa inferior de la prensa.

Figura N°: 9

PROBETA EN MÁQUINA DE COMPRESIÓN.



Fuente: Elaboración Propia.

b) Aplicación de la carga

La carga se deberá aplicar en forma continua y sin choques, de tal manera que la rotura de la probeta se alcance en tiempo igual o superior a 100 segundos, sin sobrepasar una velocidad de 0.35 Mpa/s (3.5 Kgf/cm²/s).

Luego se registra la carga máxima P, expresada en Mpas.

Figura Nº: 10

PRENSA DE ENSAYO.



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1.1.3 Expresión de resultados

Se calcula la resistencia a la compresión del hormigón mediante la siguiente

Fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S} * K$$

S

Donde:

S = Superficie de carga

P = Carga Máxima

K= Factor de transformación Rc₁₅ a Rc₂₀

2.4.2 Ensayo Flexotracción.

Se ha considerado de interés el caracterizar los hormigones del presente estudio en cuanto a su resistencia a la flexotracción, debido principalmente a que en losas la realización de una junta de hormigonado no es para nada beneficioso y por ende profundizar en el comportamiento en este tipo de situaciones es de vital importancia.

El ensayo se basa en la norma chilena NCh 1038 y consiste en someter a una vigueta de hormigón simplemente apoyada, a una sollicitación de flexión mediante la acción de dos cargas concentradas en los límites del tercio central de la luz de ensayo.

2.4.2.1 Procedimiento

Por cada masada realizada en la betonera del laboratorio, se llenaron 4 prismas de 15 x 15 x 53 cm que corresponden a las probetas patrones las cuales serán ensayadas de acuerdo a la norma NCH 1038, y a la vez se llenaron 7 probetas hasta la mitad asemejando la condición de una interrupción en el hormigonado, para así transcurrido 28 días en que el hormigón alcanza su resistencia máxima, estas

rellenarla con el nuevo hormigón (patrón 2) con lo que obtendremos probetas con junta de hormigonado, y así ensayarlas de acuerdo a la norma NCH 1038.

Se confeccionaron hormigones según la dosificación correspondiente para los distintos tipos de hormigón (H20, H25 y H30). Así las probetas patrones fueron ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días, igualmente que las probetas con junta de hormigonado.

Las probetas se retiraron de la piscina de curado según NCh1017 inmediatamente antes de ensayar, protegiéndolas con arpilleras húmedas hasta el momento en que se coloquen en la máquina de ensayo, para evitar el secamiento especialmente en la cara apoyada, la cual recibe la máxima tracción. La luz de ensayo cumplió con las siguientes condiciones, según la forma de aplicación de la carga:

Cargas $P/2$ aplicadas en los límites del tercio central.

$L > 3 h$

En que:

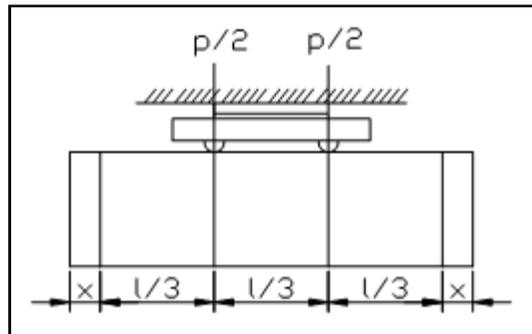
L = luz de ensayo;

h = altura de la probeta.

La distancia entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta será igual o mayor a 2,5cm.

Figura N°: 11

ENSAYO DE TRACCIÓN POR FLEXOTRACCIÓN CON CARGA $P/2$.



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.2.1.1 Medición de la probeta

- Trazar rectas finas sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo y de carga en forma indeleble y que no alteren el tamaño, forma o características estructurales de las probetas.
- Al realizar el trazado se recomienda verificar la rectitud de los contactos con la regla rectificadora. No debe pasar luz entre la cara de la probeta y la regla.
- Verificar y registrar la luz de ensayo, expresándola en milímetros con aproximación a 1mm, medida en la cara inferior de la probeta en su posición de ensayo.
- Limpiar la superficie de las piezas de apoyo y de carga y las zonas de contacto de la probeta.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 50 grs. en balanza Electrónica.

2.4.2.1.2 Ensayo

- Colocar la probeta en la prensa de ensayo, dejando la cara de llenado en un plano vertical, y haciendo coincidir las líneas de trazado con las piezas de apoyo y de carga correspondientes.

- El contacto entre la probeta y cada pieza de apoyo o de carga deberá ser total, con las tolerancias y condiciones siguientes:
- Se aceptará una separación igual o menor a 0,05 mm.

Figura N°: 12

ENSAYO A FLEXOTRACCIÓN



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.2.1.3 Expresión de resultados

i) Si la fractura de la probeta se produce en el tercio central de la luz de ensayo, se calcula la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{(P * L)}{(b * h^2)}$$

Donde:

R = Tensión de rotura, (Kgf/Cm²)

P = Carga máxima aplicada, (kgf);

L = Luz de ensayo de la probeta, (cm)

b = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura, (cm);

h = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura, (cm).

ii) Si la fractura de la probeta se produce fuera del tercio central de la luz de ensayo, en la zona comprendida entre la línea de aplicación de la carga y una distancia de 0,005L de esta línea, se calcula la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

$$a \geq 12,75 \text{ cm}$$

Donde:

R = Tensión de rotura, (Kgf/Cm²)

P = Carga máxima aplicada, (kgf);

a = Distancia entre la sección de rotura y el apoyo mas próximo, (cm)

b = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura, (cm);

h = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura, (cm).

En cuanto al mortero utilizado en la junta de hormigonado, si bien el único requerimiento que exige la norma NCh 170 es que el mortero sea de la misma composición del hormigón a usar y que sea un mortero plástico seco, se busco caracterizar el mortero, además de su consistencia, también se definió su resistencia mecánica a Flexión y Compresión a los 7 y 28 días, cuya descripción es la siguiente:

2.4.3 Ensayo de consistencia de Mortero.

Este se llevó a cabo debido a que como exigencia de la norma NCh 170 el mortero debe ser caracterizado como plástico seco, por esta razón se justificaba realizar este ensayo, además de contar en el laboratorio con los implementos necesarios para su ejecución. Este ensayo fue realizado en el momento previo al llenado de las probetas siguiendo el procedimiento establecido en la NCh 2257/3, el cual se detalla a continuación:

- 1) Limpiar y humedecer la placa de apoyo y la superficie interior del cono.
- 2) Colocar el cono sobre la placa de modo que permanezca inmóvil durante el llenado.
- 3) Colocar el mortero en el cono, en dos capas de aproximadamente igual volumen y compactar con 20 golpes de la varilla pisón.
- 4) Enrasar con la varilla pisón, sin compactar la superficie.
- 5) Levantar lenta y cuidadosamente el molde en dirección vertical.
- 6) Una vez levantado el molde, medir inmediatamente la disminución de altura del mortero moldeado respecto al molde, con aproximación de 1 mm. Hacer esta medición en el eje central del molde en su posición primitiva.
- 7) El llenado, el enrase y la medición deben realizarse en un tiempo menor que 3 min.

Cabe señalar que este procedimiento de ensayo se siguió para cada uno de los tres morteros preparados. El asentamiento en milímetros que arrojó cada mortero debió ser expresado según la equivalencia con el ensayo en la mesa de sacudidas como lo indica la NCh 2258.

2.4.4 Ensayo de flexión y compresión de morteros.

A modo de caracterizar de mejor manera el mortero utilizado en la unión se realizó el ensayo de resistencia mecánica a flexión y compresión según NCh 158, el cual se detalla a continuación:

2.4.4.1 Preparación y conservación de probetas.

- 1) El molde se cubrirá interiormente con una delgada capa de aceite. Las uniones exteriores deberán sellarse.
- 2) El molde y el marco se fijarán sobre la mesa de compactación.
- 3) Se introducirá en cada uno de los compartimentos una primera capa de alrededor de 320 g de mortero, directamente desde el mezclador. Esta capa se nivelará por medio de una espátula plana con dos movimientos de ida y vuelta apoyándose sobre el borde superior del dispositivo superpuesto.
- 4) Se hará funcionar la mesa de golpes dando 60 caídas en 60 s. En la práctica este procedimiento descrito en la norma debe adaptarse a las condiciones del laboratorio en cuanto al uso de la mesa de compactación. Este proceso se realizó manualmente, pero siempre respetando los 60 golpes en un minuto establecidos en la norma.
- 5) Se colocará una segunda capa de mortero igual aproximadamente a la anterior, la cual se enrasará y compactará en la misma forma.

- 6) Se retirará el marco. Se enrasará el mortero con la arista de una regla metálica, mantenida en posición casi vertical, que se desplazará con un movimiento de sierra, perpendicularmente a la longitud del molde.
- 7) Se emparejará la superficie alisándola con la regla que se mantendrá débilmente inclinada sobre la horizontal.
- 8) Se identificarán las probetas.
- 9) Los moldes se cubrirán con una plancha de material no absorbente, para evitar la evaporación de agua.
- 10) Los moldes se trasladarán a la cámara húmeda que se mantendrá en las condiciones descritas.
- 11) Las probetas se desmoldarán entre 20 y 24 h después de haberlas moldeado. Si el mortero no ha adquirido suficiente resistencia para desmoldarlo sin peligro de deterioro, el desmolde puede postergarse 24 h, pero debe anotarse en el informe.
- 12) Las probetas desmoldadas se limpiarán suavemente y se pesarán.
- 13) Las probetas desmoldadas se sumergirán en posición vertical, en agua detenida, saturada en cal, a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta el momento del ensayo. El agua deberá tener libre acceso sobre todas las caras de las probetas. El agua deberá renovarse por mitades cada 30 días. El volumen del agua de conservación será por lo menos 4 veces el del total de las probetas contenidas.
- 14) Las probetas se sacarán del agua menos de 15 min antes del ensayo. Si es necesario para satisfacer esta condición, las probetas se transportan a las máquinas de ensayo en un recipiente lleno de agua.

2.4.4.2 Procedimiento ensayo flexión y compresión.

- 1) La probeta se apoyará, en una de las caras laterales del moldaje, sobre los rodillos de apoyo de la máquina a flexión.
- 2) La carga se aplicará a través del rodillo superior con una velocidad de carga de 5 ± 1 kg/s.
- 3) Los trozos de las probetas rotas a flexión, se conservarán húmedos hasta el momento en que cada uno de ellos se someta al ensayo de compresión.
- 4) Cada trozo obtenido del ensayo a flexión se ensayará a la compresión en una sección de 40x40 mm, aplicándose la carga a las dos caras provenientes de las laterales del moldaje, colocándose entre las placas de la máquina de compresión.
- 5) La velocidad de carga será tal que la presión sobre la probeta aumente entre 10 y 20 kg/cm²/s. Hasta la mitad de la carga de ruptura la carga podrá aumentar a mayor velocidad, pero en todo caso la duración de cada ensayo será menor o igual en 10 s.

El ensayo de las probetas rílem se realizó en dos etapas. Para cada muestra de mortero se ensayaron tres probetas, una a los 7 días, y las otras dos restantes a los 28 días.

La expresión de estos resultados debe hacerse según la NCh 158 en Kg/cm², para lo cual debe realizarse el siguiente cálculo:

$$\text{Resistencia a la Flexión (Kg/cm}^2\text{)} = 0,243 \cdot P$$

Donde:

0,234 = Constante de conversión para distancia de 10 cm entre apoyos.

P = Carga total de ruptura en Kg.

Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) = C/16

Donde:

C = Carga total de ruptura en Kg.

16 = Sección de 40*40 mm, área de aplicación de la carga en cm².

Figura Nº: 13

ENSAYO A FLEXIÓN DE MORTEROS



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 14

ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III:

DESARROLLO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL.

3.1 Materiales

3.1.1 Áridos

3.1.1.1 Determinación Densidad Aparente, Densidad Real y Absorción.

Los áridos empleados tienen un tamaño máximo 40mm, y corresponden a una arena, gravilla y grava cuya procedencia es de la planta de Áridos Valdicor Empresas. Las propiedades de los áridos se muestran en la Tabla 1.

Para determinar las propiedades de los áridos, tales como densidad aparente compactada, densidad neta y absorción, tanto de la arena como de las gravas, se siguieron los procedimientos establecidos por las normas chilenas NCh 1116, NCh 1117 y NCh 1239.

Tabla N° 1

RESULTADO PROPIEDAD DE LOS ARIDOS.

Propiedades	Unidad	Arena	Gravilla	Grava
Densidad Aparente	Kg./ dm ³	1,74	1,69	1,67
Densidad Real	Kg./ dm ³	2,57	2,64	2,64
Absorción	Kg./ dm ³	2,49	1,67	1,34

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.1.2 Determinación de Granulometría.

Para determinar la granulometría de los áridos se procedió a tamizar los áridos, de acuerdo con la norma chilena NCh 165.

Tabla N°: 2

RESULTADO GRANULOMETRÍA DE LA ARENA.

Tamiz	Mat. Ret	% Ret.	% Que Pasa
3/8"	4	0	100
n° 4	149	17	83
n° 8	113	13	70
n° 16	115	13	57
n° 30	220	25	32
n° 50	211	24	8
n° 100	43	5	3
n° 200	27	3	0
Residuo	4	0	0
Total	886		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 3

RESULTADO GRANULOMETRÍA DE LA GRAVILLA.

Tamiz	Mat. Ret	% Ret.	% Que Pasa
3/4"	0	0	100
1/2"	2017	70	30
3/8"	737	26	4
n° 4	104	4	0
Residuo	10	0	0
Total	2868		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 4

RESULTADO GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA.

Tamiz	Mat. Ret	% Ret.	% Que Pasa
1 1/2"	0	0	100
1"	2095	42	58
3/4"	2416	48	11
1/2"	521	10	0
3/8"	9	0	0
n° 4	3	0	0
Residuo	2	0	0
Total	5046		

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.1.3 Determinación de Impurezas en las Arenas para Hormigones

Ensayo realizado a la arena según la norma NCh 166. Obteniéndose como resultado Nivel 2.

3.1.2 Cemento

Para la fabricación de las mezclas se utilizó **Cemento Polpaico Especial**, que es un conglomerante hidráulico que se fabrica bajo norma NCh 148, mediante la molienda conjunta de clínquer, yeso y puzolana volcánica. Clasifica como un cemento "Puzolánico Grado Corriente".

3.1.3 Agua

Para la confección de los hormigones se utiliza agua potable tomada directamente desde la red de suministro de la ciudad de Valdivia.

3.2 Dosificación y Confección del Hormigón

3.2.1 Dosificación de los Hormigones.

Para efectuar los ensayos de las juntas de hormigonado se confeccionaron hormigones con tres grados diferentes, los cuales fueron ensayados a compresión y flexotracción. Debemos dejar claro que los áridos utilizados en todas las mezclas es el mismo.

El grado de los hormigones son: H20, H25, H30.

3.2.1.1 Porcentaje de los áridos necesarios para la mezcla.

Cumpliendo los requisitos de la norma NCh 163 se obtuvieron los porcentajes de arena, gravilla y grava que fueron utilizados para la confección en las diferentes mezclas. Para determinar los porcentajes de cada uno de los áridos que agregamos a la mezcla usamos el triangulo de Feret.

Tabla N°: 5

DATOS SEGÚN LA BANDA DE ESPECIFICACIÓN.

	X	Y
G	40	20
M	36	32
F	24	48

Fuente: Elaboración Propia.

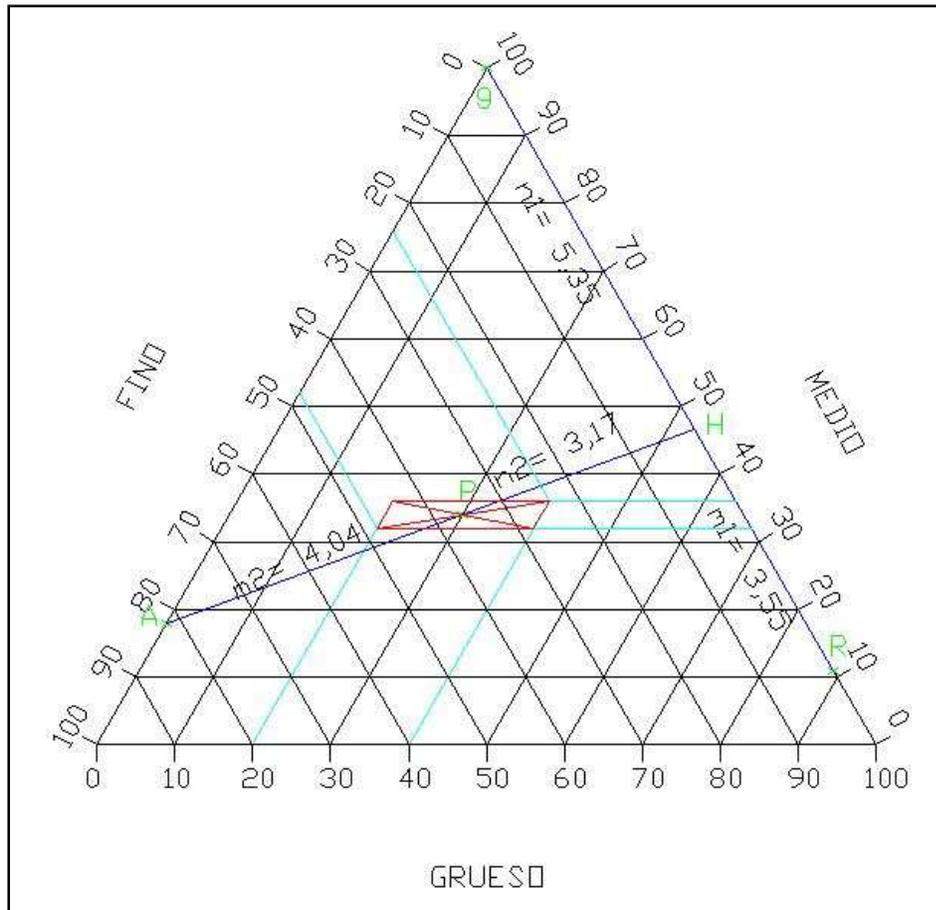
Tabla N°: 6

DATOS SEGÚN LOS ÁRIDOS.

	G	M	F
Grava	89	11	0
Gravilla	0	100	0
Arena	0	18	82

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°: 15
TRIANGULO DE FERET.



Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

N1= 5,35 Cm.

M1= 3,55 Cm.

N2 = 3,17 Cm.

M2 = 4,04 Cm.

Por lo tanto:

$$\% \text{ Grava} = (M2 / (M2 + N2)) * (N1 / (M1 + N1)) * 100\% = 34\%$$

$$\% \text{ Gravilla} = (M2 / (M2 + N2)) * (M1 / (M1 + N1)) * 100\% = 22\%$$

$$\% \text{ Arena} = (N2 / (N2 + M2)) * 100\% = 44\%$$

Tabla N°: 7

AJUSTE DE PORCENTAJES DE GRAVA, GRAVILLA Y ARENA A BANDAS GRANULOMÉTRICAS

Malla	Grava	Gravilla	Arena	Grava 34%	Gravilla 22%	Arena 44%	Comp.	Especif. x - y
1 1/2"	100%	100%	100%	34%	22%	44%	100%	100
1"	58%	100%	100%	20%	22%	44%	86%	-
3/4"	11%	100%	100%	4%	22%	44%	70%	60 - 80
1/2"	0%	30%	100%	0%	7%	44%	51%	-
3/8"	0%	4%	100%	0%	1%	44%	45%	40 - 61
n° 4	0%	0%	83%	0%	0%	36%	36%	24 - 48
n° 8			70%	0%	0%	31%	31%	15 - 37
n° 16			57%	0%	0%	25%	25%	10 - 28
n° 30			32%	0%	0%	14%	14%	6 - 19
n° 50			8%	0%	0%	4%	4%	3 - 11
n° 100			3%	0%	0%	2%	2%	2 - 5
n° 200			0%	0%	0%	0%	0%	

Fuente: Elaboración Propia.

De estos requisitos se obtuvo que para el tipo de material que se utilizó en la confección del hormigón, la proporción que mejor se adapta a las bandas granulométricas es la de 44% de arena, 34% de grava y 22% gravilla.

3.2.1.2 Resistencia media requerida (fr).

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

Para nuestro diseño utilizamos:

- Un nivel de confianza de 90%, lo que nos entrega un factor estadístico (t) de 1,282.
- Una desviación estándar (s) de 47,6 Kg/cm².
- La resistencia a compresión a 28 días solicitada (Rc), en Kg/cm².

$$f_r = R_c + s * t$$

Entonces para:

- Dosificación H-20 $f_r = 261$ [Kgf/m²].
- Dosificación H-25 $f_r = 311$ [Kgf/m²].
- Dosificación H-30 $f_r = 361$ [Kgf/m²].

3.2.1.3 Razón Agua-Cemento.

La razón agua-cemento es extraída de la tabla nº 3 de la NCh 170. Depende del tipo de cemento a utilizar, de la resistencia media requerida calculada anteriormente.

Para $f_r = 261$ Kgf/m². **A/C= 0,54**

Para $f_r = 311$ Kgf/m². **A/C= 0,48**

Para $f_r = 361$ Kgf/m². **A/C= 0,43**

3.2.1.4 Determinación del Agua de amasado.

La cantidad de agua está condicionada por la docilidad (cono de abrams) que debe tener el hormigón. Y se obtiene de la tabla nº 22 de la NCh 170. El cono que se le exigió a las mezclas de los hormigones H20, H25 y H30 es 6-9. Entonces para este cono, según tabla, la cantidad de agua a introducir es de **170 Lts**. Para un metro cúbico.

3.2.1.5 Determinación de la Cantidad de Cemento.

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

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

Tenemos entonces que las cantidades de cemento (C) para un metro cúbico de hormigón serán:

Para H-20 = **315** Kg de Cemento.

Para H-25 = **354** Kg de Cemento.

Para H-30 = **395** Kg de Cemento.

3.2.1.6 Determinación de la cantidad de Aire.

La cantidad de aire considerada en la mezcla, se obtuvo, según el tamaño máximo nominal del árido, de la tabla nº 23 de la norma NCh 170. Entonces para el tamaño máximo nominal, de 40mm, que es el que posee el árido a utilizar en las mezclas, la cantidad de aire a considerar es de **10 Lts.** Esta cantidad es utilizada para las tres dosificaciones ya que el material será el mismo para todos los casos.

3.2.1.7 Determinación de Volumen de Áridos.

El Volumen de los áridos para un metro cubico se calcula de la siguiente forma:

$$V = 1000 - (A + C/3 + Aire)$$

Donde:

V: Volumen que ocuparan los áridos.

A: Dosis de agua, calculada anteriormente.

C: Cantidad de cemento, calculado anteriormente.

Aire: Cantidad de aire, Calculado anteriormente.

- Dosificación H-20. V = **715** Lts.
- Dosificación H-25. V = **702** Lts.
- Dosificación H-30. V = **688** Lts.

3.2.1.8 Determinación de Peso de Áridos.

Obtenido el volumen de los áridos, se calcula el peso de los áridos, lo que se realiza utilizando la siguiente formula:

$$P = V * \frac{DrG * Drg * DrA}{(% G * Drg * DrA) + (% g * DrA * DrG) + (% A * Drg * DrG)}$$

Donde:

P: Peso total de los áridos.

DrA: Densidad real arena.

DrG: Densidad real grava.

Drg: Densidad real gravilla.

% A: Porcentaje de arena.

% G: Porcentaje de grava.

% g: Porcentaje de gravilla.

- **Dosificación H-20.** P = 1865

Arena: $1865 * 0,44 = 821$ (KG).

Gravilla: $1865 * 0,22 = 410$ (KG).

Grava: $1865 * 0,34 = 634$ (KG).

- **Dosificación H-25.** P = 1831

Arena: $1831 * 0,44 = 806$ (KG).

Gravilla: $1831 * 0,22 = 403$ (KG).

Grava: $1831 * 0,34 = 622$ (KG).

- **Dosificación H-30** P = 1795

Arena: $1795 * 0,44 = 790$ (KG).

Gravilla: $1795 * 0,22 = 395$ (KG).

Grava: $1795 * 0,34 = 610$ (KG).

3.2.1.9 Determinación de Agua Total.

Esta determinada por la suma del agua de amasado más el agua de absorción de los áridos.

- **Dosificación H20.**

Peso Arena * % Absorción Arena: 821 Kg * 2,49% = 20,44 Lts.

Peso Gravilla * % Absorción Gravilla: 410 Kg * 1,67%= 6,85 Lts.

Peso Grava * % Absorción Grava: 634 Kg * 1,34%= 8,50 Lts.

Total Agua Absorción: 36 Lts.

Agua Total: 206 Lts.

- **Dosificación H25.**

Peso Arena * % Absorción Arena: 806 Kg * 2,49%= 20,07 Lts.

Peso Gravilla * % Absorción Gravilla: 403 Kg * 1,67%= 6,73 Lts.

Peso Grava * % Absorción Grava: 622 Kg * 1,34%= 8,33 Lts.

Total Agua Absorción: 35 Lts.

Agua Total: 205 Lts.

- **Dosificación H30.**

Peso Arena * % Absorción Arena: 790 Kg * 2,49%= 19,67 Lts.

Peso Gravilla * % Absorción Gravilla: 395 Kg * 1,67%= 6,60 Lts.

Peso Grava * % Absorción Grava: 610 Kg * 1,34%= 8,17 Lts.

Total Agua Absorción: 34 Lts.

Agua Total: 204 Lts.

3.2.1.10 Resumen

El siguiente resumen se hará para un metro cúbico de hormigón y además se incluirá la cantidad utilizada para hacer los hormigones.

Tabla N°: 8

DOSIFICACIÓN PARA UN M3 DE HORMIGON

		H - 20	H - 25	H - 30
Fr	Kgf/cm ²	261	311	361
Razón A/C	-	0,54	0,48	0,43
Dosis Agua	Lts.	170+36	170+35	170+34
Cemento	Kg	315	354	395
V. Árido	Lts.	715	702	688
Peso Árido	Kg	1865	1831	1795
Peso Grava	Kg	634	622	610
Peso Gravilla	Kg	410	403	395
Peso Arena	Kg	821	806	790

Fuente. Elaboración Propia

Tabla N°: 9

DOSIFICACIÓN PARA 75 LITROS.

		H - 20	H - 25	H - 30
Dosis Agua	Lts.	15,45	15,38	15,30
Cemento	Kg	23,63	26,55	29,63
Peso Grava	Kg	47,55	46,65	45,75
Peso Gravilla	Kg	30,75	30,23	29,63
Peso Arena	Kg	61,58	60,45	59,25

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2 Confección de Mezclas de Prueba.

La confección de las probetas de ensayo, que asemejan la junta de hormigonado, se desarrollo en tres etapas: La primera corresponde al hormigonado de los moldajes modificados, luego la segunda etapa corresponde al picado y limpieza de la cara del hormigón ya endurecido, la cual recibirá el nuevo hormigón, finalmente la ultima etapa correspondiente a la continuación del hormigonado para completar las probetas modificadas, obteniendo juntas de hormigonado para ser ensayadas. A continuación se detalla cada una de las etapas.

- *Primera Etapa: Hormigonado de los Moldajes modificados*

Los moldajes para probetas a compresión de arista de 20cm se modificaron dejando el espacio para el vaciado del hormigón patrón 1 en tan solo la mitad de este, mediante la colocación de una placa separadora no absorbente, para que una

vez obtenida su resistencia máxima se realice el tratamiento de junta de hormigonado y se concluya el hormigonado con el hormigón patrón 2.

Figura Nº: 16

PROBETA A COMPRESIÓN MODIFICADA



Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a las probetas para ser ensayadas a flexotracción se utilizó el mismo sistema, sin embargo el espacio para el vaciado del hormigón que se dejó fue realizado en forma transversal dejando un ángulo que se aproxime a los 45° , semejando una junta de hormigón en losa.

Figura N°: 17

PROBETA A FLEXOTRACCIÓN MODIFICADA



Fuente: Elaboración Propia.

Todas las mezclas de pruebas fueron confeccionadas en una betonera según la norma NCh 1018 "Preparación de mezclas de prueba en laboratorio".

Figura N°: 18

BETONERA PARA CONFECCIONAR LAS MEZCLAS



Fuente: Elaboración Propia.

Se determinó el volumen considerando un 20% más del necesario para llenar los moldes que se utilizaron. A continuación detallaremos todos los pasos seguidos, en cada una de las muestras.

1º El día anterior a la realización de los hormigones se procedió a mojar el árido, de acuerdo a lo establecido en la norma NCh 1018.

2º El día de la confección 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.

A continuación se entregan resúmenes de las tablas de corrección.

Tabla N°: 10
CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-20

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
Cemento	23,63	0	23,63
Agua	12,75	-2,36	10,39
Grava	47,55	+0,76	48,31
Gravilla	30,75	+0,81	31,56
Arena	61,58	+3,49	65,07
A. Absorción	2,70	0	0
	178,96		178,96

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 11

CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-25

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
Cemento	26,55	0	26,55
Agua	12,75	-6,96	5,79
Grava	46,65	+1,03	47,68
Gravilla	30,23	+1,05	31,28
Arena	60,45	+7,51	67,96
A. Absorción	2,63	0	0
	179,26		179,26

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 12

CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-30

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
<i>Cemento</i>	29,63	0	29,63
<i>Agua</i>	12,75	-3,79	8,96
<i>Grava</i>	45,75	+0,95	46,7
<i>Gravilla</i>	29,63	+0,89	30,52
<i>Arena</i>	59,25	+4,5	63,75
<i>A. Absorción</i>	2,55	0	0
	179,56		179,56

Fuente: Elaboración Propia.

3º Realizada ya las correcciones, se procedió a medir los materiales, según las cantidades corregidas.

4º Reunido todos los materiales se procedió a ejecutar la mezcla de la siguiente forma:

- En primer lugar se procede a introducir el 75 % del agua.

- Luego se agrega la grava.
- Posteriormente se agrega la gravilla, arena y el cemento, se mezclan hasta formar una masa homogénea y se va ingresando el resto del agua mientras la maquina esta en funcionamiento.

5º 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.

- Se colocó el molde sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos solo con agua.
- Luego se procedió a pararse sobre las pisaderas, no produciéndose ningún movimiento del molde mientras se llenaba.
- El molde se lleno en tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonándose cada capa con 25 golpes de la varilla-pisón, distribuidos uniformemente.
- Terminadas las tres capas se enrasa la superficie de la última capa y se limpio el hormigón que fue derramado, en la placa horizontal.
- Se cargo el cono, con las manos por las asas, y posteriormente se retiro los pies de las pisaderas.
- Se levanto el cono en la forma lo mas vertical posible.
- Inmediatamente levantado el molde, se mide el descenso de altura respecto del mismo molde, aproximando a 0,5 cm.

Figura N°: 19

ASENTAMIENTO DE CONO.



Fuente: Elaboración Propia.

6° Se procede a llenar las probetas de ensayo que reflejan la interrupción del proceso de hormigonado, junto con las probetas patrones que serán nuestros puntos de comparación, siguiendo las recomendaciones de la norma NCh 170 y extrapolando esta misma para las probetas con la interrupción del hormigonado.

- Se llenaron los moldes en una sola capa, tanto los cúbicos como los prismáticos.
- En los moldes cúbicos se introdujo el vibrador en forma vertical en el centro, se hizo llegar hasta casi 2 cm del fondo, una vez aparecida la lechada, se retiró lentamente el vibrador.
- En los moldes prismáticos se introdujo el vibrador en dos partes repartidas uniformemente en el eje longitudinal central, también las inserciones se hicieron hasta casi llegar a los 2 cm del fondo y el vibrador fue retirado lentamente, una vez aparecida la lechada.

7º 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.

8º Las muestras, se dejan en un lugar seguro, protegidas del sol y de toda contaminación.

Figura N°: 20

PROBETA A COMPRESION Y FLEXOTRACCIÓN TERMINADA



Fuente: Elaboración Propia

9º Luego de 48 hrs. se procede a desmoldar las probetas, teniendo especial cuidado de no dañarlas. Se identifican.

Figura N°: 21

DESMOLDE PROBETAS



Fuente: Elaboración Propia

10° 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 para los hormigones patrones y hasta el picado y limpieza de la cara del hormigón ya endurecido para las probetas modificadas.

Figura N°:22

PISCINA DE CURADO



Fuente: Elaboración Propia

Segunda Etapa: Limpieza y Picado del Hormigón ya endurecido.

Una vez con nuestras probetas modificadas para la recepción del nuevo hormigón y así dar la continuidad al hormigonado, se realizó el tratamiento de preparación de junta de la siguiente manera:

- Se picó la capa superficial endurecida de la probeta preparada y se usó cepillo de alambre para remover la capa de lechada superficial y así dejar ligeramente expuesto el árido grueso.
- Se lavó con chorro de agua a presión y se conservó saturada la superficie de contacto durante 24 horas, suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se efectuó el llenado de la probeta con el nuevo hormigón.
- Luego se aplicó el procedimiento indicado para la continuación del Hormigonado.

Figura Nº: 23

REMOCIÓN DE LA CAPA DE LECHADA SUPERFICIAL



Fuente: Elaboración Propia.

Tercera Etapa: Continuación del Hormigonado.

Suspendida la saturación de la superficie de la probeta, el día anterior al hormigonado, se llevó a cabo la continuación del hormigonado de las probetas modificadas y la obtención de probetas que se ajusten a las exigencias de la norma en cuanto a las dimensiones de las probetas.

Para ello se depositaron las probetas modificadas en los moldes y se procedió a llenar estas con un hormigón de las mismas características, para la confección de este nuevo hormigón se realizó lo siguiente:

Las mezclas de pruebas fueron confeccionadas en una betonera según la norma NCh 1018 "Preparación de mezclas de prueba en laboratorio".

Se determinó el volumen considerando un 20% más del necesario para rellenar los moldes que se utilizaron. A continuación detallaremos todos los pasos seguidos, en cada una de las muestras.

1º El día anterior a la realización de los hormigones se procedió a mojar el árido, de acuerdo a lo establecido en la norma NCh 1018.

2º El día de la confección 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.

A continuación se entregan resúmenes de las tablas de corrección.

Tabla N°: 13

CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-20

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
Cemento	23,63	0	23,63
Agua	12,75	-3,53	9,22
Grava	47,55	+0,74	48,29
Gravilla	30,75	+0,85	31,6
Arena	61,58	+4,64	66,22
A. Absorción	2,70	0	0
	178,96		178,96

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 14

CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-25

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
Cemento	26,55	0	26,55
Agua	12,75	-4,52	8,23
Grava	46,65	+0,81	47,46
Gravilla	30,23	+0,84	31,07
Arena	60,45	+5,50	65,95
A. Absorción	2,63	0	0
	179,26		179,26

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°: 15

CORRECCIÓN POR HUMEDAD PARA H-30

Materiales Componentes	Dosificación en Peso	Aporte Humedad	Dosificación en peso corregido por humedad para 75 Lts.
<i>Cemento</i>	29,63	0	29,63
<i>Agua</i>	12,75	-2,37	10,38
<i>Grava</i>	45,75	+0,75	46,5
<i>Gravilla</i>	29,63	+0,66	30,29
<i>Arena</i>	59,25	+3,51	62,76
<i>A. Absorción</i>	2,55	0	0
	179,56		179,56

Fuente: Elaboración Propia.

3º Realizada ya las correcciones, se procedió a medir los materiales, según las cantidades corregidas.

4º Reunido todos los materiales se procedió a ejecutar la mezcla de la siguiente forma:

- En primer lugar se procede a introducir el 75 % del agua.
- Luego se agrega la grava.
- Posteriormente se agrega la gravilla, arena y el cemento, se mezclan hasta formar una masa homogénea y se va ingresando el resto del agua mientras la máquina está en funcionamiento.

5º 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, ya mencionado en la primera etapa.

6º Una vez con el hormigón mezclado y con la docilidad estimada. Se procede a realizar un mortero con la misma composición que tiene el mortero del hormigón a usar y con la consistencia requerida según lo exige la norma NCh 170.

Para ello se utilizo las siguientes dosificaciones de mortero para los distintos grados estructurales ver tabla Nº: 16, la cual se desprendió de las dosificaciones del hormigón a usar en el llenado de las probetas.

Tabla Nº: 16

DOSIFICACIÓN DE MORTEROS PARA JUNTAS DE HORMIGONADO.

Materiales Componentes	Dosificación en Peso para H20	Dosificación en Peso para H25	Dosificación en Peso para H30
Cemento	5,67	6,37	7,11
Agua	2,31	2,10	2,57
Arena	15,89	15,83	15,06

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la consistencia del mortero se realizo según el detalle de la norma NCh 2257/3. Of96, descrito en 2.4.3 *Ensayo de consistencia de mortero*.

Figura Nº 24

DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE MORTERO.



Fuente: Elaboración propia.

Establecida la consistencia y realizada la equivalencia con el ensayo de extendido en la mesa de sacudido según la norma NCh 2258. C94 que se detalla a continuación en tabla N°:17.

Tabla N°: 17

EQUIVALENCIA DE LOS LIMITES DE LA CONSISTENCIA POR EXTENDIDO EN LA MESA DE SACUDIDAS.

Consistencia	Ø mm	Cono 150 cm
Seca	110	0 - 0,5
Plástica	130	0,5 - 1
Blanda	180	3 - 4,5
Fluida	220	8 - 9,5
Líquida	250	-

Fuente: NCh 2258.c94

Las tres mezclas de mortero se comportaron de consistencia plástica. Obteniendo un descenso del cono para H20 de 10mm, para H25 de 10mm y para H30 un descenso de 8mm.

A modo de caracterizar el mortero de mejor manera se estimó su resistencia a compresión y flexión según NCh 158.Of67.

Con el mortero confeccionado se procedió a extender una capa de espesor 1 a 2 cm en las juntas horizontales (probeta a compresión) y, al menos, de 2 cm en juntas verticales (Probeta a Flexotracción).

Figura N°: 25

CAPA DE MORTERO SOBRE PROBETA MODIFICADA



Fuente: Elaboración Propia

7º Luego se llenaron con el nuevo hormigón las probetas en una sola capa, tanto los cúbicos como los prismáticos, antes que endureciera la capa de mortero y se compactó, introduciendo el vibrador hasta la capa de mortero para que éste refluya hacia la capa del hormigón. Además para las probetas cúbicas se introdujo el vibrador en forma vertical en el centro de la nueva mezcla haciéndolo llegar hasta casi 2 cm del fondo, una vez aparecida la lechada se retiró lentamente el vibrador. Y en lo que respecta a las probetas prismáticas se introdujo el vibrador en dos partes repartidas uniformemente en el eje longitudinal central, también las inserciones se hicieron hasta casi llegar a los 2 cm del fondo y el vibrador fue retirado lentamente, una vez aparecida la lechada.

Figura N°: 26

COMPACTADO DE PROBETA CÚBICA



Fuente: Elaboración Propia

8º 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.

Figura N°: 27

PROBETAS TERMINADAS



Fuente: Elaboración Propia.

9º Las muestras, se dejan en un lugar seguro, protegidas del sol y de toda contaminación.

10º Luego de 48 hrs. se procede a desmoldar las probetas, teniendo especial cuidado de no dañarlas. Se identifican.

Figura Nº: 28

DESMOLDE DE PROBETAS CÚBICAS Y PRISMÁTICAS



Fuente: Elaboración propia

11º 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 Nº: 29

PROBETAS EN PISCINA DE CURADO



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV:

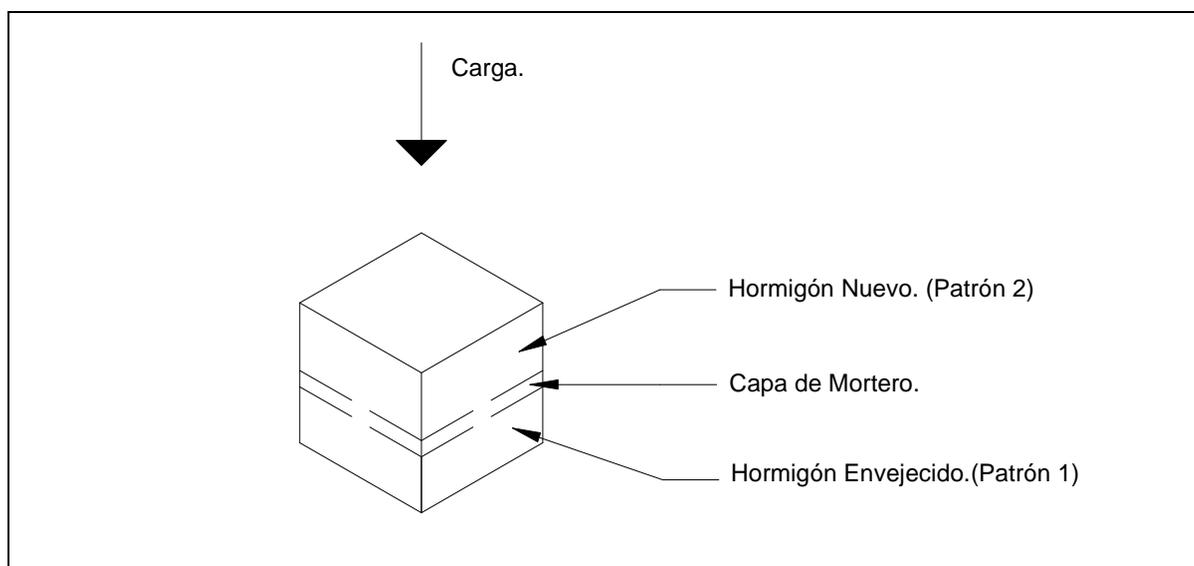
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Ensayos de compresión.

Este ensayo se realizó siguiendo lo establecido en la norma NCh 1037. Para el ensayo de las probetas con junta de hormigonado, la posición de la probeta en la prensa de ensayo fue asimilando la realidad de cómo actuaría las sollicitaciones frente a la junta de hormigonado ver Figura N°: 30.

Figura N°: 30

POSICIÓN Y MANERA DE ENSAYAR PROBETA A COMPRESIÓN



Fuente: Elaboración propia.

- Resistencia alcanzada por probetas H20.

Tabla N°: 18

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A COMPRESIÓN DE
HORMIGON H20.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2
		Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	178	172
2	14	219	216
3	28	255	248
4	28	252	253

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 19

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
COMPRESION DE HORMIGON H20.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	172
2	7	170
3	14	208
4	14	212
5	28	242
6	28	245
7	28	235

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 20

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON
JUNTA DE HORMIGONADO H20.**

	Patrón 1	Patrón 2	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2
7	178	172	171
14	219	216	210
28	253	250	241

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 21

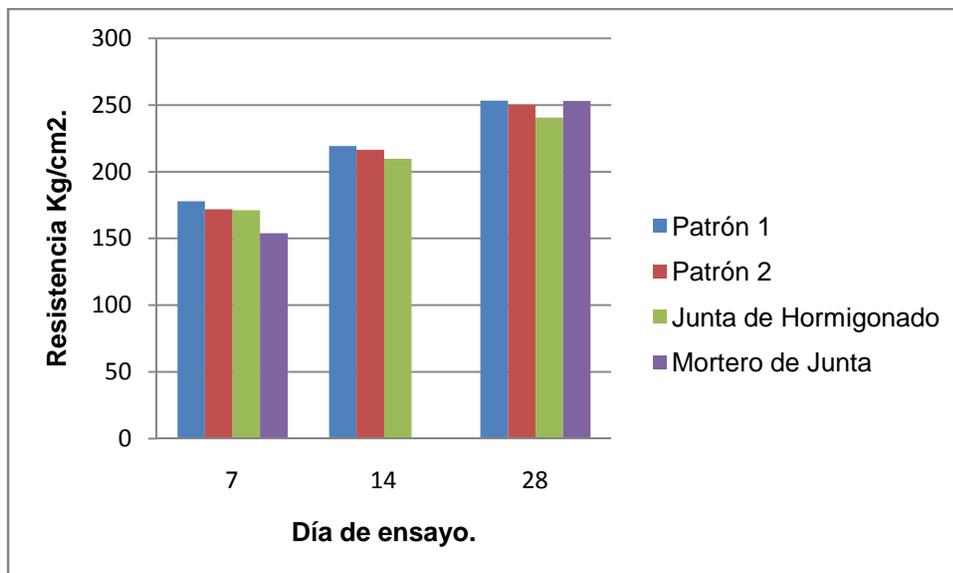
**RESISTENCIAS A COMPRESION ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm2)		Promedio de Resistencia
1	7	156	153	154
2	28	258	252	255
3	28	247	253	250

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 31

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H20 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 22

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H20.**

Día de Ensayo	Promedio Patrones	Junta de Hormigonado	% Variación
	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2	
7	175	171	-2,10%
14	218	210	-3,71%
28	252	241	-4,48%

Fuente: Elaboración propia

- Resistencia alcanzada por probetas H25.

Tabla N°: 23

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A COMPRESIÓN DE
HORMIGON H25.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2
		Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)
1	7	210	203
2	14	263	256
3	28	301	303
4	28	306	295

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 24

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
COMPRESION DE HORMIGON H25.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm²)
1	7	205
2	7	201
3	14	256
4	14	254
5	28	288
6	28	297
7	28	295

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°: 25

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H25.**

	Patrón 1	Patrón 2	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia (kg/cm2)
7	210	203	203
14	263	256	255
28	303	299	293

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 26

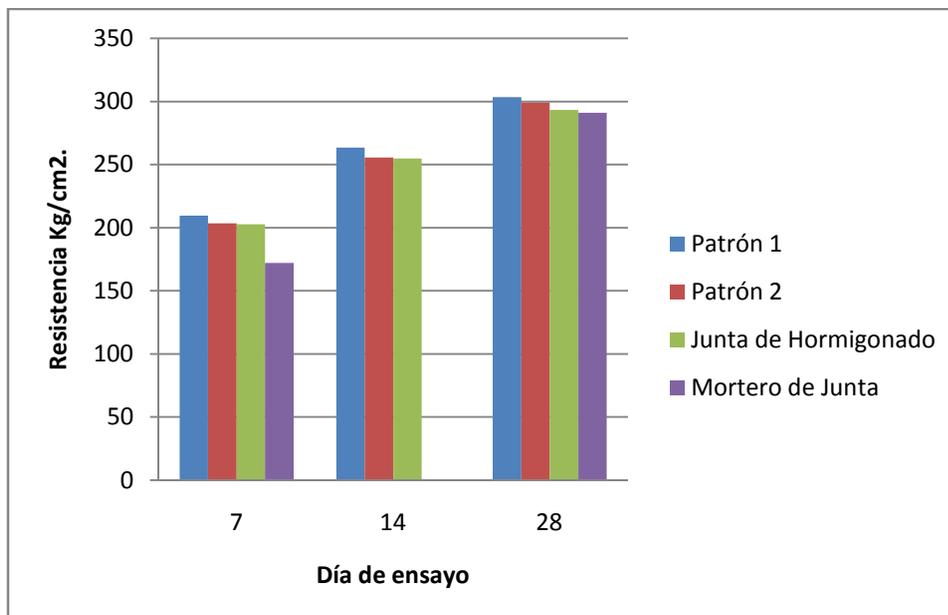
**RESISTENCIAS A COMPRESION ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm2)		Promedio de Resistencia
1	7	170	175	172
2	28	276	276	276
3	28	306	306	306

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 32

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H25 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 27

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H25.**

	Promedio Patrones	Junta de Hormigonado	% Variación
Día de Ensayo	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2	
7	206	203	-1,79%
14	260	255	-1,81%
28	301	293	-2,68%

Fuente: Elaboración propia.

- Resistencia alcanzada por probetas H30.

Tabla N°: 28

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A COMPRESIÓN DE
HORMIGON H30.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2.
		Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	229	220
2	14	299	299
3	28	347	349
4	28	356	353

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 29

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
COMPRESION DE HORMIGON H30.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	226
2	7	220
3	14	294
4	14	296
5	28	344
6	28	347
7	28	348

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°: 30

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H30.**

	Patrón 1	Patrón 2	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)
7	229	220	223
14	299	299	295
28	352	351	346

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 31

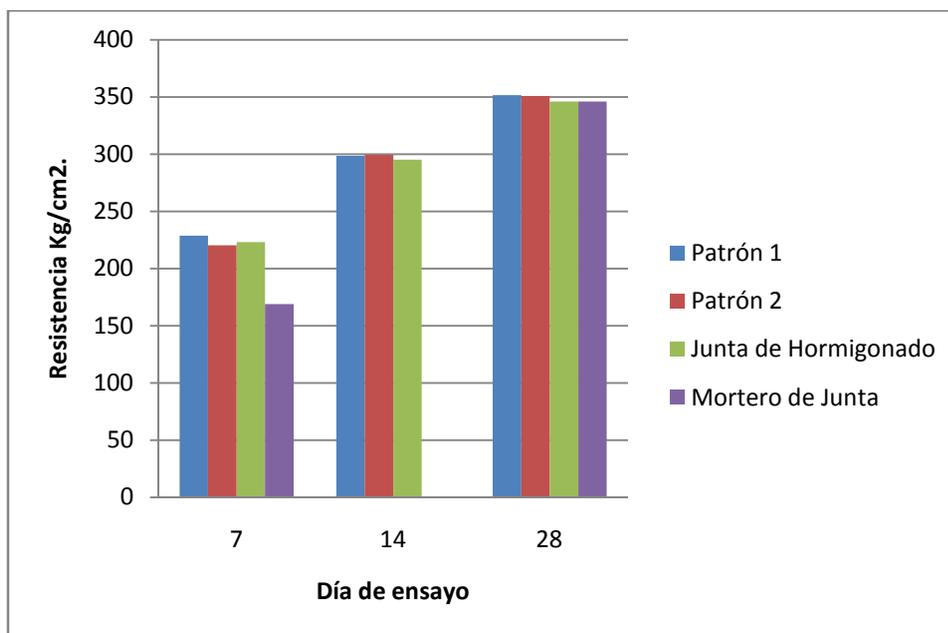
**RESISTENCIAS A COMPRESION ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm²)		Promedio de Resistencia
1	7	173	165	169
2	28	338	350	344
3	28	380	316	348

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 33

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H30 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 32

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H30.**

Día de Ensayo	Promedio Patrones Resistencia Kg/cm2	Junta de Hormigonado Resistencia Kg/cm2	% Variación
7	225	223	-0,69%
14	299	295	-1,32%
28	351	346	-1,45%

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura N°: 34 se muestra a modo de ejemplificación la forma en que fallaron la totalidad de las probetas para los distintos grados estructurales, tomando como ejemplo la rotura de las probetas de grado H20.

Figura N°: 34

**ROTURA DE PROBETAS A COMPRESIÓN CON JUNTA DE HORMIGONADO A
DISTINTAS EDADES.**



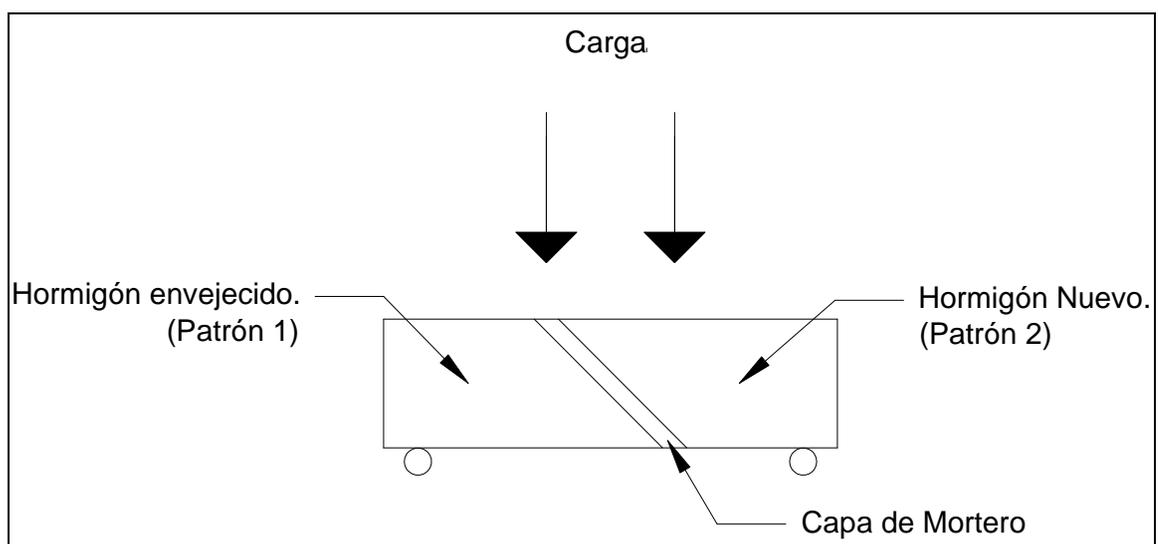
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Ensayos de Flexotracción.

Este ensayo se realizó siguiendo o establecido en la norma NCh 1038. Para el ensayo de las probetas con junta de hormigonado, la posición de la probeta en la prensa de ensayo fue asimilando la realidad de cómo actuaría las solicitaciones frente a la junta de hormigonado ver Figura N°: 35.

Figura N°: 35

POSICIÓN Y MANERA DE ENSAYAR PROBETA A FLEXOTRACCIÓN



Fuente: Elaboración propia

- Resistencia alcanzada por probetas H20.

Tabla N°: 33

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A FLEXOTRACCIÓN DE
HORMIGON H20.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2
		Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	20,2	19,3
2	14	25,1	25,2
3	28	29,8	28,1
4	28	30,8	29,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 34

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
FLEXOTRACCIÓN DE HORMIGON H20.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	12,6
2	7	12,0
3	14	19,9
4	14	21,4
5	28	25,5
6	28	25,2
7	28	26,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 35

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H20.**

	Patrón 1.	Patrón 2.	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2	Resistencia Kg/cm2
7	20,2	19,3	12,3
14	25,1	25,2	20,7
28	30,3	28,6	25,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 36

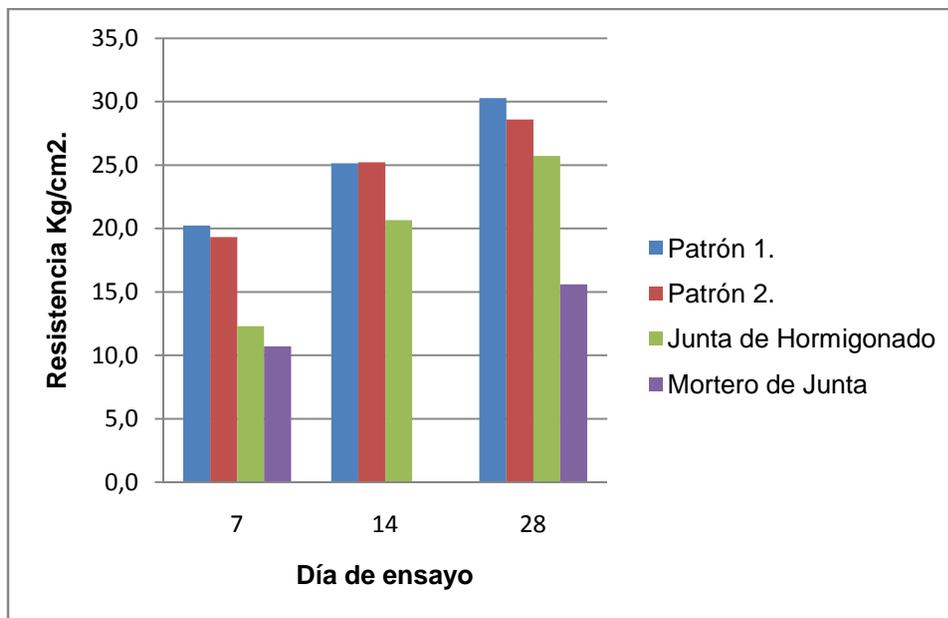
**RESISTENCIAS A FLEXIÓN ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm2)
1	7	10,7
2	28	15,2
3	28	16,0

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 36

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H20 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 37

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H20.**

Día de Ensayo	Promedio Patrones Resistencia kg/cm2	Junta de Hormigonado Resistencia Kg/cm2	% Variación
7	20	12	-37,80%
14	25	21	-17,96%
28	29	26	-12,65%

Fuente: Elaboración propia

- Resistencia alcanzada por probetas H25.

Tabla N°: 38

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A FLEXOTRACCIÓN DE
HORMIGON H25.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2
		Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	24,9	24,3
2	14	29,8	28,5
3	28	34,5	35,2
4	28	33,6	34,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 39

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
FLEXOTRACCIÓN DE HORMIGON H25.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	17,4
2	7	14,9
3	14	25,3
4	14	24,0
5	28	30,3
6	28	30,3
7	28	29,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 40

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H25.**

	Patrón 1	Patrón 2	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)
7	24,9	24,3	16,2
14	29,8	28,5	24,6
28	34,0	34,7	30,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 41

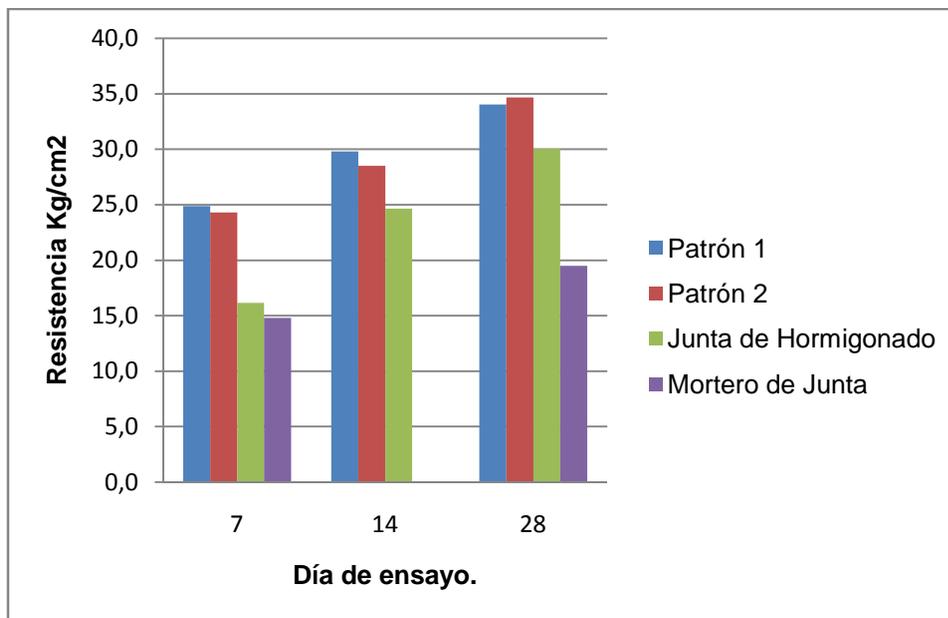
**RESISTENCIAS A FLEXIÓN ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm²)
1	7	14,8
2	28	19,1
3	28	19,9

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°: 37

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H25 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 42

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H25.**

	Promedio Patrones	Junta de Hormigonado	% Variación
Día de Ensayo	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia Kg/cm ²	
7	25	16	-34,28%
14	29	25	-15,52%
28	34	30	-12,57%

Fuente: Elaboración propia

- Resistencia alcanzada por probetas H30.

Tabla N°: 43

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS PATRONES A FLEXOTRACCIÓN DE
HORMIGON H30.**

Probeta	Día de Ensayo	Patrón 1	Patrón 2
		Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	28,2	27,8
2	14	35,5	33,9
3	28	38,7	39,1
4	28	39,7	39,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 44

**RESULTADO ENSAYO PROBETAS CON JUNTA DE HORMIGONADO A
FLEXOTRACCIÓN DE HORMIGON H30.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm ²)
1	7	18,7
2	7	17,6
3	14	29,1
4	14	30,1
5	28	35,5
6	28	35,4
7	28	35,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 45

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES Y PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H30.**

	Patrón 1	Patrón 2	Junta de Hormigonado
Día de Ensayo	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (kg/cm²)
7	28,2	27,8	18,1
14	35,5	33,9	29,6
28	39,2	39,1	35,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 46

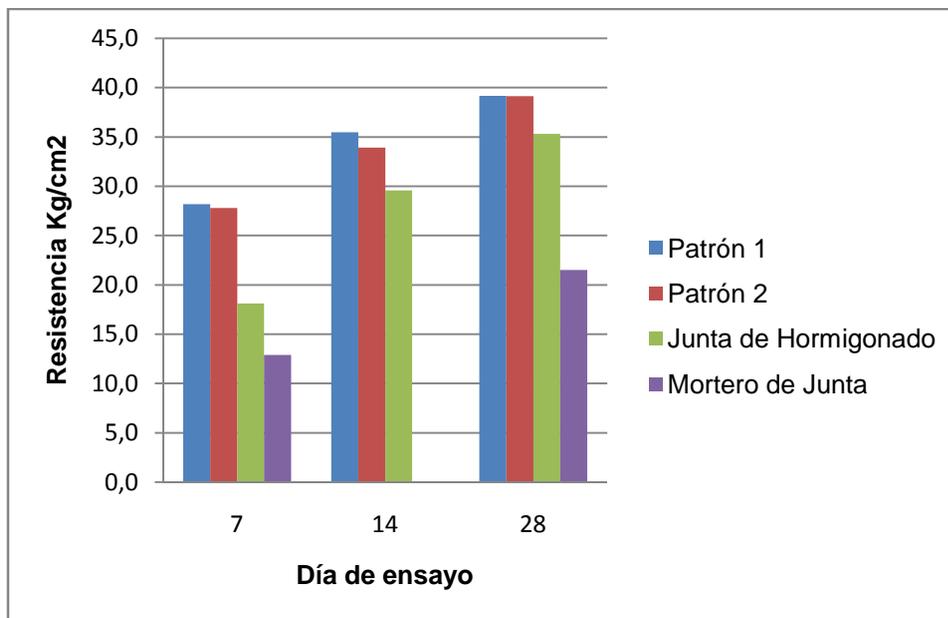
**RESISTENCIAS A FLEXIÓN ALCANZADAS POR LAS PROBETAS DE
MORTERO.**

Probeta	Día de Ensayo	Resistencia (Kg/cm²)
1	7	12,9
2	28	21,4
3	28	21,6

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°: 38

**RESUMEN DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A FLEXOTRACCIÓN
ALCANZADAS POR LAS PROBETAS PATRONES, PROBETAS CON JUNTA DE
HORMIGONADO H30 Y MORTERO.**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°: 47

**PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN DE LA
JUNTA DE HORMIGONADO CON RESPECTO AL PROMEDIO DE HORMIGONES
PATRONES H30.**

Día de Ensayo	Patrones	Junta de Hormigonado	% Variación
	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia Kg/cm ²	
7	28	18	-35,23%
14	35	30	-14,76%
28	39	35	-9,82%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura N°: 39 se muestra a modo de ejemplificación la forma en que fallaron la totalidad de las probetas para los distintos grados estructurales, tomando como ejemplo la rotura de las probetas de grado H20.

Figura N°: 39

**ROTURA DE PROBETAS A FLEXOTRACCIÓN CON JUNTA DE HORMIGONADO
A DISTINTAS EDADES.**



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°: 40

**ROTURA DE PROBETAS A FLEXOTRACCIÓN CON JUNTA DE HORMIGONADO
A LOS 28 DIAS.**



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V:

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en las experiencias desarrolladas en laboratorio se pueden deducir las siguientes conclusiones:

Resistencia a Compresión.

En hormigones H20, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 2,10%, a los 14 días disminuyó en 3,71%, hasta alcanzar una disminución de la resistencia de un 4,48% a los 28 días, comparadas con sus respectivos patrones.

En Hormigones H25, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 1,79%, a los 14 días disminuyó en 1,81% y a los 28 días disminuyó la resistencia en un 2,68%, comparadas con sus respectivos patrones.

En hormigones H30, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 0,69%, a los 14 días disminuyó en 1,32%, hasta alcanzar una disminución de la resistencia de un 1,45% a los 28 días, comparadas con sus respectivos patrones.

Si bien es cierto que a las edades tempranas el porcentaje de disminución es menor que a la edad donde el hormigón ya ha alcanzado su resistencia de trabajo, esto puede deberse a que el hormigón envejecido (patrón 1), que ya alcanzó su resistencia de trabajo, en conjunto con el nuevo hormigón (patrón 2), que aun no esta con su resistencia de trabajo, trabajan en conjunto de manera tal que la resistencia que opone el patrón 1 es más significativa, alcanzando una disminución menor de la resistencia en la edades temprana en comparación con los hormigones patrones, además otro antecedente que se adhiere a este comportamiento es la manera en

que falló la probeta de hormigón con junta de hormigonado, observando a edades temprana un rompimiento mas evidente en la zona del hormigón nuevo (patrón 2), no ocurriendo lo mismo con las probetas a edades con su resistencia de trabajo ya adquiridas, donde la falla de la probeta es de una forma mas generalizada, siendo la falla en toda la probeta y no focalizada en el hormigón patrón 2 que da la continuidad al hormigonado, como se observa en figura N° 34.

Otro factor importante en las juntas de hormigonado estudiadas es el mortero utilizado para dar la continuidad al hormigonado, si observamos las resistencia alcanzadas por el mortero a la edad de los 7 días en los distintos grados para hormigón, este alcanza resistencias menores, sin embargo no se ve una influencia clara en la disminución de la resistencia de la junta de hormigonado con respecto a las resistencia de los hormigones patrones, en tanto a la edad de los 28 días, el mortero alcanza resistencias cercanas a las juntas de hormigonado en los grados H25 y H30, lo que podría marcar una tendencia, sin embargo el hormigón de grado H20 se sale de esta regla dado que el mortero alcanza resistencia mayor a la junta.

Por ende la disminución de la resistencia de las juntas de hormigonado frente a los esfuerzos de compresión, se le es atribuido al quiebre de la continuidad del hormigón, que sin lugar a duda los cuidados que se deben tener en la preparación de la junta deben ser lo más estrictos posibles y lo más fiel a las recomendaciones que indica la norma. Y más aun si esta experiencia es realizada en una obra de construcción, donde quizás no existe tanto control de todos los preparativos para la realización de una junta, como en esta experiencia realizada en laboratorio con un grado alto de seguridad.

Resistencia Flexotracción.

En hormigones H20, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 37,80%, a los 14 días disminuyó en 17,96%, hasta alcanzar una disminución de la resistencia de un 12,65% a los 28 días, comparados con sus respectivos patrones.

En Hormigones H25, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 34,28%, a los 14 días disminuyó en 15,52% y a los 28 días disminuyó la resistencia en un 12,57%, comparados con sus respectivos patrones.

En hormigones H30, la resistencia en las juntas de hormigonado a los 7 días disminuyó en un 35,23%, a los 14 días disminuyó en 14,76%, hasta alcanzar una disminución de la resistencia de un 9,82% a los 28 días, comparados con sus respectivos patrones.

Si observamos detenidamente la disminución de la resistencia para los 3 tipos de hormigón, en edades temprana es bastante notable, sin embargo alcanzando la resistencia de trabajo del hormigón patrón 2, el cual da continuidad al hormigonado, se estrecha esta diferencia, sin embargo esta disminución es más bien un porcentaje considerable si pensamos a las sollicitaciones que se vera expuesta, por ende tomar las recomendaciones que da la norma en cuanto a la ubicación de la junta es de vital importancia dado que en estas zonas son donde se producen la menores sollicitaciones.

A la rotura de las probetas con el antecedente de la disminución de su resistencia, se le debe agregar que todas las probetas fallaron en la zona de la junta (ver figura N° 39) lo que deja en evidencia que aun siguiendo las recomendaciones de la norma en cuanto a los cuidados para la confección de una junta de hormigonado esta zona se ve debilitada.

Las causas que pudieron llevar a estos resultados pueden ser atribuir a las bajas resistencias alcanzadas por el mortero utilizado en la unión del hormigón envejecido con el nuevo, sin embargo dada la forma en que fallan las probetas, se observa que el mortero se ve homogenizado con el nuevo hormigón, quedando en forma muy clara el dibujo de los áridos en la capa de mortero ver figura N° 40, siendo el factor de la resistencia del mortero desechada.

Por ende el comportamiento de las juntas de hormigonado frente a los esfuerzos de flexotracción, sin lugar a duda esta ligado al quiebre de la continuidad del hormigón, a la limpieza de la superficie de contacto, la forma de terminar y continuar el hormigonado. Es por ello que la ejecución del tratamiento de la preparación de la junta, que en esta experiencia se llevó a cabo según la recomendación de la norma, no se debe descartar una posible falta de desprolijidad a la hora de llevar a cabo el picado de la superficie endurecida, retiro de lechada y dejar mayormente expuesto el árido grueso, quizás también fue necesario completar el tratamiento con chorro de arena a presión, lo cual la norma lo establece de tal manera si es que este fuese necesario, por ende tratar de agotar todas las recomendaciones de la norma es una de las mejores medidas que se pueden tomar a la hora de ejecutar una junta de hormigonado, para así lograr la continuidad que se requiere entre el hormigón envejecido y el hormigón nuevo.

Es por ello que el uso de adhesivos epóxico, si bien no estudiados en esta memoria de tesis, es muy recomendado para este tipo de uniones, sin lugar a dudas se lograrían resistencias mayores, dada las altas resistencias y adherencias que logran estos productos.

Respecto a la experiencia en laboratorio y a los resultados obtenidos, tanto para las juntas de hormigonado a compresión y flexotracción, extrapolar estos resultados a lo que ocurre en una obra de construcción, intenta marcar una tendencia a lo que ocurre en terreno, dado que la forma en que se trabajo en esta memoria fue

en condiciones ideales, con un mayor control en la realización de las juntas de hormigonado, por ende la práctica de éstas en las obras de construcción es una faena crítica que requiere de todo el cuidado que la norma recomienda.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1985. Hormigón – Requisitos Generales. Norma Chilena Oficial NCh 170.Of85. 65 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas. Norma Chilena Oficial NCh 1037.Of77. 11 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Hormigón – Ensayo de tracción por flexión. Norma Chilena Oficial NCh 1038.Of77. 13 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1975. Hormigón – Confección y curado en obra de probetas para ensayo de compresión y tracción. Norma Chilena Oficial NCh 1017.EOf75. 15 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Áridos para morteros y hormigones – Determinación de la densidad aparente. Norma Chilena Oficial NCh 1116.EOf77. 11 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Áridos para morteros y hormigones – Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las gravas. Norma Chilena Oficial NCh 1117.EOf77. 9 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Áridos para morteros y hormigones – Determinación de las densidades real y neta de la absorción de agua de las arenas. Norma Chilena Oficial NCh 1239.Of77. 11 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Áridos para morteros y hormigones – Tamizado y determinación de la granulometría. Norma Chilena Oficial NCh 165.Of77. 25 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1952. Determinación colorimétrica de la presencia de impurezas orgánicas en las arenas para hormigones. Norma Chilena Oficial NCh 166.Of52. 7 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1968. Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales. Norma Chilena Oficial NCh 148.Of68. 13 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1979. Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales. Norma Chilena Oficial NCh163.Of79. 29 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1977. Hormigón – Preparación de mezclas de prueba en laboratorio. Norma Chilena Oficial NCh 1018.Of77. 11 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1974. Construcción - Hormigón – Determinación de la docilidad – Método del asentamiento del cono Abrams. Norma Chilena Oficial NCh 1019.EOf74. 11 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1996. Morteros – Determinación de la consistencia – Parte 3: Método del asentamiento del cono. Norma Chilena Oficial NCh 2257/3. Of96 .6 p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1967. Cementos – Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento. Norma Chilena Oficial NCh 158.Of 67 .13p.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 1994. Morteros – Determinación de la consistencia medida en la obra. Norma Chilena Oficial NCh2258.c94.7p.