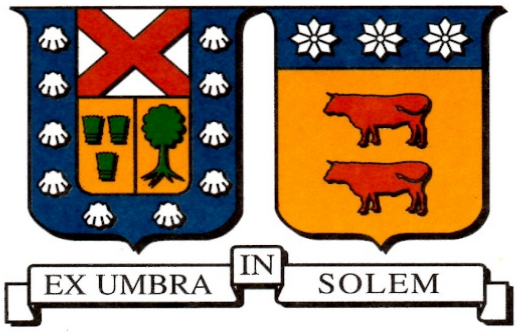


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

"INNOVAR EN EL DESARROLLO DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE VERMICULITA PARA MEJORAR SU RESISTENCIA TERMICA, LOGRANDO SER UTILIZADO EN ZONA TERMICA Nº4"

MATIAS IGNACIO ALEGRIA PAVEZ

2018

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION
"REY BALDUINO DE BELGICA"

"INNOVAR EN EL DESARROLLO DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE VERMICULITA PARA MEJORAR SU RESISTENCIA TERMICA, LOGRANDO SER UTILIZADO EN ZONA TERMICA Nº4"

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno: Matías Alegría Pavez
Profesor Guía: Sr. Sergio Monroy Morales

2018

Resumen

La presente investigación consiste en estudiar la variación de las propiedades térmicas y resistentes que experimenta un bloque de hormigón al reemplazar en distintos porcentajes de volumen al árido fino (arena) con un material liviano. Dicho material de complemento será la Vermiculita expandida, la cual posee variadas cualidades entre las que destacan su baja conductividad térmica y baja densidad, siendo posible incorporar estas propiedades en el desarrollo de este nuevo tipo de hormigón. Ahora bien, se realizarán adiciones de distintos porcentajes de Vermiculita expandida a la mezcla, siendo estos: 5% y 10% del volumen total del árido fino.

Se considerará para la realización, una muestra de bloque de hormigón tipo, el cual cumplirá con una dosificación de bloque comercial, además de bloques de hormigón con los porcentajes de Vermiculita expandida mencionados, los cuales serán sometidos a ensayes de resistencia a la compresión según NCh 182 Of.2006 y de transmitancia térmica, por cámara de guarda NCh 851 Of.2008.

Índice

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I. ENUNCIADO DE LA INVESTIGACIÓN 2

1.1. JUSTIFICACIÓN 3
1.2. OBJETIVO GENERAL. 4
1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS. 4
1.4. METODOLOGIA 5
1.5. MARCO NORMATIVO 6

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO. 7

2.1. VERMICULITA 8
2.1.1. Definición 8
2.1.2. Composicion de la vermiculita 9
2.1.3. Propiedades y características de la Vermiculita 10
2.1.3.1. Propiedades físicas 10
2.1.3.2. Propiedades Térmicas 11
2.1.3.3. Propiedades químicas 12
2.1.3.4. Propiedades acústicas 14
2.1.3.5. Propiedades de resistencia al fuego. 14
2.1.4. Usos de la vermiculita en la construcción 15
2.1.4.1. Tableros de construcción 15
2.1.4.2. Tableros encuadernados con silicato de potasio o silicato de sodio 16
2.1.4.3. Tableros de silicato de calcio 17
2.1.4.4. Enlucidos de construcción general 17
2.1.4.5. Yesos especiales 17
2.1.4.6. Rejas de techo y piso y hormigones aislantes 17
2.1.4.7. Uso de aislamiento de relleno suelto 18
2.1.4.8. En metalurgia. 18
2.1.5. Vermiculita expandida 19
2.1.5.1. definicion. 19
2.1.5.2. Propiedades de la Vermiculita Expandida. 19
2.1.6. Vermiculita en el mundo 21

CAPITULO III. BLOQUE DE HORMIGON CON VERMICULITA. 22

3.1. BLOQUES DE HORMIGÓN. 23
3.1.1. Definición 23
3.1.2. Componentes de un Bloque de Hormigón. 24
3.1.2.1. Cemento 24
3.1.2.2. Áridos 26

3.1.2.3. Agua de amasado 26
3.1.3. Albañilería de bloques de hormigón. *27*
3.1.4. Propiedades y Características. *27*
3.1.4.1. Resistencia a la compresión 28
3.1.4.2. Absorción y humedad. 28
3.1.4.3. Transmitancia térmica. 29
3.1.5. Tipos de bloques utilizados actualmente *29*
3.1.6. Diseño de un bloque de hormigon *30*
3.1.6.1. Dosificación del hormigón. 30
3.1.6.2. Elección y clasificación del hormigón: 30
3.1.6.3. Resistencia media de dosificación 31
3.1.6.4. Razón A/C 33
3.1.6.5. Elección de trabajabilidad 33
3.1.6.6. Dosis Tentativa de agua 34
3.1.6.7. Dosis de cemento. 34
3.1.6.8. Determinación dosis de la grava 36
3.1.6.9. Determinación dosis de arena 37
3.1.6.10. Dosificación final. 37
3.1.7. Bloques de Hormigón Con Vermiculita *38*
3.1.8. Elementos empleados en la confección del Bloque *41*

CAPITULLO IV. ENSAYOS 42
4.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA Y TÉRMICA. 43
4.1.1. Confección de muestras. *43*
4.1.2. Dosificacion para la realizacion de las muestras. *44*
4.1.3. Nch 181 Of. 2006. ..... *45*
4.1.3.1. Clasificación de los bloques de Hormigón. 45
4.1.3.2. Requisitos físicos 46
4.1.3.2.1. Dimensiones 46
4.1.3.2.2. Espesores. 47
4.1.4. Nch 182 Of.2007. ..... *47*
4.1.4.1.Resistencia a la compresión. 48
4.1.4.1.1. Equipos utilizados 48
4.1.4.1.2. Metodología de ensayo 49
4.1.4.1.3. Calculo de resistencia a la compresión Bloques de Hormigon 50
4.1.5. Nch 853 of 2008. ..... *52*
4.1.5.1. Conductividad y resistencia mecánica. 52
4.1.5.1.1. Equipos utilizados 52
4.1.5.1.2. Acondicionamiento de los moldes. 54
4.1.5.1.3. Llenado y compactación de las muestras. 54
4.1.5.1.4. Desmolde y curado de las probetas. 55

CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS 56
5.1. Resultados Obtenidos de Ensayos. 57
5.1.1. Resistencias a la compresión obtenidas 57
5.1.2. Conductividad y Resistencia térmica Obtenida 57
5.2.Análisis de Resultados 58
5.2.1. Resultados de ensayos de compresion 58
5.2.2. Resultados de ensayos de propiedades termicas. 60
5.3. CONCLUSIÓNES 62
BIBLIOGRAFIA 63

Índice de tablas

Tabla 2.1.- Composición de la Vermiculita……..10
Tabla 2.2.- Propiedades típicas de la vermiculita……..……10
Tabla 2.3.- Conductividad térmica de la vermiculita exfoliada a diferentes densidades..……..……..……..……..11
Tabla 2.4.- Valores extremos y promedios de vermiculita expandida. ……..……..…12
Tabla 2.5.- Composiciones químicas medias de vermiculitas comerciales a nivel mundial...……..……..……..……..13
Tabla 2.6.- Aplicaciones de la Vermiculita……..……..15
Tabla 2.7.- Propiedades de vermiculita expandida. ……..……..…20
Tabla 3.1.- Clase y Composición del Cemento. ……..……..…24
Tabla 3.2.- Resistencia Mínima a la Compresión en Bloques Huecos de hormigón...28
Tabla 3.3.- Elección del grado de hormigón……..……..…..30
Tabla 3.4.- Actor estadístico Resistencia Media……..……..…..31
Tabla 3.5.- Valor s estimado para resistencia a la compresión……..……32
Tabla 3.6.- Razón agua /cemento……..……..…..33
Tabla 3.7.- Asentamiento de cono recomendado, según tipo de estructura y técnica de construcción……..……..……..……33
Tabla 3.8.- Cantidad de Agua ……..……..……..34
Tabla 3.9.- Dosis de cemento por grado de exposición. ……35
Tabla 3.10.- Tamaño Maximo del Arido……..……..36
Tabla 4.1.- Dosificación obtenida según diseño para un m3 de Hormigón……..…..44
Tabla 4.2.- Requisitos de Resistencia, Absorción y Densidad, por peso del bloque….46
Tabla 4.3.- Dimensiones Normales de los Bloques Huecos……..……...…46
Tabla 4.4.- Requisitos de Espesor de Cáscaras y Tabiques.……..……47
Tabla 5.1.- Resistencia a la compresión bloques confeccionados.……...……..…51
Tabla 5.2.- Resistencia térmica bloques confeccionados……..……..……..……57

Índice de imágenes

Imagen 2.1.- Temperaturas de servicios máximo……..……14
Imagen 2.2.- Vermiculita expandida……..……20
Imagen 3.1.- Bloque Hueco de Hormigón……..……..23
Imagen 3.2.- Aplicación de Desmoldante a Maquina Bloquera……..……38
Imagen 3.3.- Proceso de vaciado de la mezcla en bandeja receptora……..…39
Imagen 3.4.- Partida de cuatro Bloques de hormigón ……..……40
Imagen 3.5.- Bloques con falla producto del mal estado de maquina bloquera……41
Imagen 4.1.- Dosificaciones y Bloques con vermiculita. ……..……43
Imagen 4.2.- Agregados Utilizados en la Confección de un bloque de hormigón con Vermiculita. ……..……45
Imagen 4.3. Ensayos solicitados por la Nch 182 Of. 2007……...48
Imagen 4.4. Prensa para realizar ensayos de compresión. ……49
Imagen 4.5. Proceso de compactación finalizado. ……50
Imagen 4.6. Proceso de fabricación moldajes para probetas de conductividad……52
Imagen 4.7. Probeta Ensayo conductividad térmica. ……53
Imagen 4.8. Aplicación de Termocupulas. ……..53
Imagen 4.9. Probetas de conductividad térmica. ……..54
Imagen 5.1. Resistencia Mínima a la Compresión. ……..58

Índice de Gráficos

Grafico 5.1.- Resistencias a la compresión bloques ensayados……..……..59
Grafico 5.2.- Resistencias a la compresión curado de 28 días..……59
Grafico 5.3.- Resistencia térmica obtenida……..……60
Grafico 5.4.- Conductividad térmica obtenida……..……61

INTRODUCCIÓN

El bloque de hormigón prefabricado ha logrado una amplia difusión en el campo de la construcción. La estructura de albañilería armada empleando bloques de hormigón ha demostrado además, una buena capacidad de resistencia sísmica y un menor costo frente a la albañilería de ladrillo. Esto, más su facilidad de uso tanto en soluciones constructivas simples como estructurales.

Teniendo en consideración la gran demanda que existe en el ahorro energético de las viviendas en chile, las ventajas del sistema constructivo de bloques de hormigon, al igual que sus falencias, crean un Problema-oportunidad, el cual consiste en mejorar las propiedades térmicas de los bloques de hormigón, sin que esto afecte sus demás propiedades.

Mi trabajo consiste diseñar un bloque de hormigón reemplazando en distintas cantidades el árido fino por vermiculita Expandida, material que podría mejorar la baja resistencia térmica del bloque de hormigón para ser utilizado en la zona térmica Nº 4 de nuestro país.

Para eso es necesario estudiar la variación de las propiedades térmicas y resistentes que experimenta un bloque de hormigón al reemplazar en distintos porcentajes de volumen al árido fino (arena) por vermiculita Expandida. Siendo posible incorporar estas propiedades en el desarrollo de un nuevo tipo de hormigón.

CAPITULO I. Enunciado de la Investigación

1.1. JUSTIFICACIÓN

La construcción ha evolucionado considerablemente de la mano de la tecnología, siempre en busca de mayor calidad y menores costos de produccion e implementación.

A los altos costos de construccion debemos sumar los costos de habitabilidad del inmueble como lo es la aislacion acustica y termica que se genere en la vivienda. Por tal razon, es que se hace primordial buscar más soluciones que ayuden a aminorar dichos costos.

Es a traves de esta iniciativa se busca Innovar en el desarrollo de un bloque de hormigón incorporando Vermiculita Expandida en su masa, material que se caracteriza por su baja densidad y grandes propiedades de aislante térmico, logrando ser utilizado en la zona térmica Nº4 de nuestro país, lo que aumentaria su utilizacion en la region y en territorio nacional con ventajas tecnicas importantes

”En Chile se obtiene que el material predominante utilizado en los muros es el hormigón el cual concentra el 41.7% (donde un 10,8% corresponde a bloques de hormigón), luego el ladrillo con un 24,5% y luego el resto de los materiales” (extracto textual de publicacion Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2011)

Según las cifras que maneja el ICH, a taves del INE, revelan que la superficie anual edificada en bloques de hormigon en chile cayo con respecto a la decada del noventa y sigue con tendencia a la baja. Situacion que afecta a la industria productora de bloques, esto se explica principalmente por la baja capacidad que muestra la industria para innovar y adaptarce al mercado.

El proposito de innovar con este tipo de hormigon en la construccion de bloques de hormigon en chile responde a la necesidad de mejorar la eficiencia del proceso de construccion y su cualidad habitable y sostenible en la construccion. Con esto podrian verse mejoras en la posisición competitiva de este nuevo material dentro de la industria.

1.2. OBJETIVO GENERAL.

Innovar en el desarrollo de un bloque de hormigón con incorporación de vermiculita expandida, para mejorar su resistencia térmica.

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Identificar las propiedades y características de la vermiculita.
- Diseñar un bloque de hormigón con incorporación de vermiculita.
- Ensayar las resistencias mecánicas y térmicas del bloque con la incorporación de vermiculita.
- Analizar los resultados de resistencia mecánica y térmica del bloque de hormigón con incorporación de vermiculita.

1.4. METODOLOGIA

El método que se utilizará para la elaboración de este proyecto consistirá en recopilar información a través de normas, textos y manuales relacionados con los elementos que conforman un hormigón y de esta manera poder aplicar la vermiculita expandida en la fabricación de Bloques de albañilería. De lo anterior se recopilara información de la vermiculita expandida, material liviano, aislante mineral y de origen natural que será incorporado a la dosificación del hormigón.

Se considera la realización de ensayos normados. estos contemplan una serie de protocolos a seguir, para su realización y para la obtención de los datos resultados, además se emplearán planillas para la organización de los datos obtenidos, las cuales se realizarán con anterioridad.

Se realizaran probetas en terreno, utilizando la dosificación correcta de áridos y Vermiculita para fabricar bloques con la maquinaria facilitada por (nombre de la empresa).

Los datos recopilados son del tipo cuantitativos, y su modo de recolección es por observación, debido a que se dispone de un instrumento estructurado y estandarizado para medir los valores obtenidos y las distintas variables en la investigación, resistencia a la compresión a la edad de 7,14 y 28 días y transmitancia térmica de los bloques.

También se determinará mediante el análisis económico de un bloque de hormigón presente en el comercio, si reemplazar parte del árido fino por vermiculita expandida es una alternativa rentable en comparación de los métodos tradicionales en cuanto a ventajas que este producto pueda entregar.

1.5. MARCO NORMATIVO

El diseño estructural de bloques de hormigón está cubierto por la normalización actual en chile, que comprende textos para definir las cargas actuantes, incluidas las sísmicas, y para el dimensionamiento en las normas NCh 181, NCh 182.

- Nch 170 Of. 2016. Hormigón – Requisitos Generales (durabilidad)
- NCh 181 Of 2006. Bloques de hormigón para uso estructural - Requisitos generales.
- NCh 182 Of 2007. Bloques de hormigón para uso estructural- Ensayos.
- NCh 430 Of 2008. Hormigón armado- Requisitos de diseño y cálculo.
- NCh 1928 Of 93, Mod. 2009. Albañilería armada- Requisitos y generalidades.
- NCh 2123 Of 97, Mod. 2003. Albañilería confinada - Requisitos de diseño u cálculo.

CAPITULO II. Marco Teórico.

2.1. Vermiculita

2.1.1. Definición

"El nombre vermiculita es derivado del latín vermiculus que significa pequeño gusano esto se debe a que a cierta temperatura esta es capaz de expandirse, donde sus partículas poseen movimientos parecidos al de los gusanos" (Ugarte, Sampaio, França, 2008, p.865).

Ugarte, et al. (2008) Define Vermiculita como "Un silicato hidratado de magnesio, aluminio y hierro con hendiduras micáceo y basal laminar". (p865) Sus características físicas son similares al de las micas, separándose en finas láminas flexibles, pero sin elasticidad.

"Cuando se calienta a temperaturas elevadas entre 650-1000oC, las escamas de la vermiculita se expanden hasta 8-30 veces con respecto a su tamaño original debido a la conversión de la capa intermedia y agua estructural para vapor" (Koksal, Gencel, Kaya, 2015, p.866).

Basset (como se citó en Marcos, 2000) define:
Vermiculita es el nombre mineralógico que se aplica al filosilicato de aluminio, hierro y magnesio hidratado, tipo 2:1 trioctaédrico y similar en apariencia a las micas. En general, la vermiculita es de origen secundario y resulta de la alteración de micas (flogopitas o biotitas), cloritas, piroxenos, u otros minerales similares como resultado de la meteorización, acción hidrotermal, agua filtrada desde el suelo o combinación de los tres. (p.224)

Suvorov & Skurikhin (2003) agregan:
"Vermiculita, un mineral de ocurrencia natural del grupo de hidrómicas, cuando se calienta por encima de 300 ° C, se expande para convertirse en un material de aislamiento térmico altamente eficiente" (p.186)

En la vermiculita existen capas formadas por moléculas de agua, donde estas se intercalan con las capas de aluminio y silicio. Estas capas como se mencionaba anteriormente al exponerlas a temperaturas elevadas entre los 650-1000oC estas moléculas de agua dentro de la estructura del mineral se calienta, donde se trasforman en corrientes de aire caliente produciendo la exfoliación del mineral, es decir, produciendo su expansión. (Ugarte, et al. 2008, p.865)

La vermiculita puede ser derivada de la biotita, flogopita, diópsido y serpentito por uno de los procesos siguientes:

1. intemperismo a lo largo de la zona de falla hasta la profundidad de 100m. Julio Viggiano, (2017) se refiere a intemperismo o más conocida como meteorización a la descomposición, desgaste, desintegración y destrucción de las rocas, como respuesta a su exposición a los agentes de la intemperie. Esta puede ser mecánico o físico, es decir, desintegración de la roca en trozos cada vez más pequeños; O también puede ser químico, el cual ocurre la descomposición de los componentes originales de la roca a otros diferentes.

2. alteración hidrotermal a baja temperatura (menos de 350oC) de piroxenito, peridotitos, dunitos, carbonatitos y anfibolitos, cortados por granodioritos y pegmatitos, ambos alcalinos. (Ugarte, et al. 2008, p871)

2.1.2. Composicion de la vermiculita

Los elementos químicos contenidos en la vermiculita, en especial hierro, aluminio y magnesio, están relacionados a una alteración de la biotita, por acción hidrotermal asociada a micas. Esta, de un modo simple, puede ser entendida como una solución acuosa calentada, usualmente por encima de 50° [C], caracterizada por una composición química compleja, dada por diversas sustancias disueltas.

Esta solución o fluido puede ser generada en diversos sistemas geológicos, donde la fase acuosa y sus solutos tienen fuentes diversas, como, por ejemplo: magmática y metamórfica. En estos ambientes geológicos, el agua puede ser progresivamente calentada y reaccionar químicamente con los minerales y rocas percolados, transformándose entonces en una solución hidrotermal. (Ugarte, et al. 2008, p.871)

Tabla 2.1. Composición de la Vermiculita

Análisis químico	
Componente	%
Silice (SiO2)	45,1
Óxido Magnésico (MgO)	23,6
Óxido Férrico (Fe 2O3)	5,8
Alúmina (Al2O3)	10,2
Óxido cálcico (CaO)	3,0
Óxido Titanio (TiO2)	0,7
Óxido Potásico (K2O)	0,5
Óxido de Sodio (Na2O)	0,1
Agua (libre y combinada)	2,0
Otros compuestos	2,5

(Ugarte, et al. 2008, p.871), Elavoracion Propia

2.1.3. Propiedades y características de la Vermiculita

2.1.3.1. Propiedades físicas

La imagen 2 - 01 muestra las propiedades físicas típicas de la vermiculita donde se pueden destacar los siguientes datos :

El punto de fusión de la vermiculita se encontraría entre los 1150 -1320 [ºC], siendo este un mineral con alta resistencia al fuego.

La densidad aparente se encontraría entre los 64 - 160 [kg/m^3] caracterizando este material como un árido ligero con baja densidad, otorgando propiedades térmicas el que las contengan.

Posee una retención de agua entre los 220 - 325% en peso y 20 – 50% en volumen, por lo que este mineral es buen absorbente de agua.

Tabla 2.2. Propiedades típicas de la vermiculita.

Color	:	Marrón claro a oscuro
Forma	:	Granulado en forma de acordeón
Densidad aparente (a)	:	64-160 kg / m³
Pérdida de humedad a 110 ° C	:	4-10%
pH (en agua)	:	entre 6 y 9

Combustibilidad	:	Incombustible
Dureza MOH	:	entre 1 y 2
Temperatura de fusión	:	1200-1320 ° C
Capacidad de intercambio catiónico (b)	:	50-150 me / 100g
Calor especifico :	:	0.84-1.08 kJ / kgK
Capacidad de retención de agua (a)	:	220-325% (relación en peso)
	:	20-50% (relación en volumen)

Fuente: The Vermiculite Association.
Elaboración: Propia.

2.1.3.2. Propiedades Térmicas

La vermiculita cruda al estar en contacto a cierta temperatura esta se expande de 8-30 veces su tamaño por lo que al momento de expandirse esta le da propiedades térmicas muy recomendables para ser usados como aislante térmico debido a su aumento de volumen.

Gracias a la elevada anisotropía térmica que presenta la vermiculita. La transmisión del calor a través de la lámina, es decir, a lo largo del eje cristalográfico c, es de 7 a 10 veces más pequeña que por la superficie de ésta, es decir, a lo largo de los ejes a y b. De esta manera, cuando se calienta una película de vermiculita, el calor se extiende por la superficie de ésta, irradiándose al exterior y penetrando muy poco a través de la lámina. (Avilés, Erbez, & Sánchez, 2003)

En la siguiente tabla se pueden observar conductividades térmicas de la vermiculita, el cual se puede concluir que entre menos denso sea el mineral menor conductividad posee, haciendo que este sea un mineral con alto poder aislante. Entregando atributos térmicos a los materiales que lo contengan para utilizarlo como revestimientos aislantes térmicos.

Tabla 2.3. Conductividad térmica de la vermiculita exfoliada a diferentes densidades.

Densidad Aparente		Conductividad Térmica	
kg/m3	lb/ft3	**W/m K**	Btu in/ft2h F°
56 - 64	3.5 - 4	0,058	0,4
80 - 96	5.0 - 6.0	0,064	0,44
160 - 192	10.0 - 12.0	0,071	0,49

Fuente: Ugarte, et al.
Elaboración: Propia.

2.1.3.3. Propiedades químicas

Avilés, Erbez y Sánchez, (2003) estudiaron la aplicación de la Vermiculita de Andalucía a la síntesis de cerámicas avanzadas, donde de acuerdo con los resultados de un análisis químico de 24 muestras se llegó a la composición química del árido (Ver tabla). (p.104)

Tabla 2.4. Valores extremos y promedios de vermiculita expandida.

Nº	% en peso	Máximo	Mínimo	Medio
1	SiO2	45,2	36,17	41,08
2	Al2O3	16,93	10,9	13,67
3	Fe2O3	7,03	1,03	3,58
4	FeO	5,27	1,15	2,97
5	TiO2	3,07	0,15	1,38
6	MgO	20,05	13,67	16,84

7	K2O	8,31	0,03	4,17
8	H2O	25,24	18,5	20,39
9	MnO	0,13	0,03	0,05

Fuente: Avilés, Erbez & Sánchez, (2003)
Elaboración: Propia

Según datos recopilados (ver tabla) indican las composiciones químicas medias de vermiculitas comerciales a nivel mundial.

Tabla 2.5. Composiciones químicas medias de vermiculitas comerciales a nivel mundial.

Compuesto	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	36,5	41,2	37,67	39,37	43,05	38,66	38,34
MgO	19,2	24,22	17,16	23,37	21,39	20,04	16,38
AL2O3	14,5	12,68	14,23	12,08	10,01	17,36	12,85
Fe2O3	10,5	4,6	8,07	5,45	1,9	8,45	8,8
K2O	0,5	5,97	1,36	2,46	2,56	4,24	6,63
Na2O	2	1,61	1,95	0,8	0,03	0	1,72
CaO	0,21	0,93	2,18	1,46	0,2	0,75	1,12
MnO	0,18	0,05	0,18	0,3	0	0,07	0,14
FeO	0	1,54	0,48	1,17	3,56	0	0
TiO2	0,75	1,38	0,2	1,25	1	0	1,66
Li2O	0	0	0	0	0,03	0	0,01
BaO	0	0	0	0	0,03	0,12	0
Cr2O3	0	0	0	0	0,2	0,2	0,23
H2O (total)	15,41	5,82	15,71	11,2	15,7	8,71	10,66
Total	99,64	99,99	99,19	98,87	99,4	98,61	99,34

Fuente: Ugarte, et al. (2008, p870)
Elaboración: Propia.

2.1.3.4. Propiedades acústicas

Koksal et al. (2015) observaron que al estudiar la velocidad de propagación del ultra sonido esta se ve afectado por el medio que viaja debido a la porosidad del material, es decir que mientras más poroso es el material más dificultad tiene la onda de viajar por ese medio.

González, Touza & Pereiro (2012), agregan que “al emplear materiales con una elevada porosidad, permite mejorar sus prestaciones de absorción acústica.

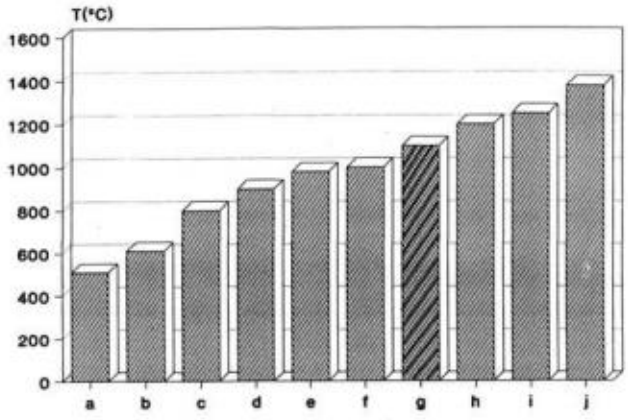
Los productos elaborados con materiales absorbentes porosos incrementan sus propiedades aislantes y permiten aportar soluciones importantes en el ámbito de la acústica arquitectónica” (p.244).

2.1.3.5. Propiedades de resistencia al fuego.

En la imagen (2.2 Temperaturas de servicios máximo) se puede observar un gráfico con las temperaturas máximas de distintos materiales utilizados como aislantes térmicos, el cual la vermiculita tiene un punto máximo de serviabilidad entre los 1100 -1200 [ºC], siendo así el punto de fusión entre unos 1250 -1370 [ºC]. Esto quiere decir que la vermiculita es un material incombustible y químicamente resistente al fuego siendo una buena opción para poder aislar a los elementos del fuego. (Avilés, et al., 2003).

Koksal, López & Sahin (2014) dicen que “La vermiculita presenta la propiedad de una alta resistencia al fuego son un material de aislamiento térmico de alta temperatura efectiva” (p. 2084).

Imagen 2.1. Temperaturas de servicios máximo.



Fuente: Avilés, et al., (2003)

a) fibra de vidrio, b) asbesto, c) lana mineral, d) perlita expandida, e) silicato de calcio, f) fibra de sílice, g) vermiculita, h) diatomita, i) fibra de aluminosilicato (estandar), j) fibra de aluminosilicato (de alta temperatura).

Fuente: Aviles, et al.,(2003)

2.1.4. Usos de la vermiculita en la construcción

2.1.4.1. Tableros de construcción

Los paneles de construcción incorporan vermiculita exfoliada debido a su baja densidad y buenas propiedades de aislamiento. Los tableros que contienen vermiculita exfoliada se usan a menudo como "núcleo" en puertas cortafuego, para construir barreras contra incendios, para revestir o construir ductos y para proteger los elementos de acero de los efectos de los fuegos de celulosa.

Los sistemas de unión tales como silicato de sodio, silicatos de potasio o silicato de calcio se usan para producir tableros que contienen vermiculita exfoliada. Otros materiales utilizados para unir vermiculita en la fabricación de tableros de construcción incluyen resinas, cemento portland y otros aglutinantes inorgánicos patentados. Algunos concentrados de vermiculita también se usan en la producción de placas de yeso resistentes al fuego. (Vermiculite association, 2014, p1)

Tabla 2.6. Aplicaciones de la Vermiculita

Basadas en propiedades físicas:
Como material expandido térmicamente de baja densidad: • Aislante térmico. • Aislante acústico. • Protectores contra incendios. • Soporte para cultivo hidropónicos. • Hormigones ligeros. Otras formas: • Films aislantes térmcios. (recubrimiento de fibra de vidrio). • Espumas rígidas inorgánicas (vermiculita delaminada químicamente)
Basadas en propiedades químicas (composición):
• Síntesis de vidrios y materiales vitrocristalinos. • Síntesis de nitruros y sialones.

Fuente: Aviles, et al.,(2003)

2.1.4.2. Tableros encuadernados con silicato de potasio o silicato de sodio

Este proceso involucra la mezcla de vermiculita exfoliada con silicato de potasio y / o sodio para producir una mezcla 'tierra húmeda'. Luego, este material se presiona hidráulicamente en un molde y se procede a curar con calor a temperaturas de hasta 180 [°C] durante 24 horas.

Los tableros producidos de esta manera pueden resistir temperaturas de servicio de hasta 1150 [°C] y con frecuencia se utilizan en la industria de fundición de aluminio como aislamiento de respaldo detrás del cátodo de carbón en las pilas que contienen la mezcla fundida de criolita y alúmina.

Este proceso también se puede utilizar para la fabricación de paneles acústicos que reducen el tiempo de reverberación, y se les da un sistema de soporte cuidadosamente diseñado y una instalación correcta; estos paneles también pueden formar la base de los sistemas de barrera contra incendios. Alterar el diseño y las dimensiones del molde puede producir diferentes tamaños y formas de tablero. (Vermiculite association, 2014, p1)

2.1.4.3. Tableros de silicato de calcio

En la producción de estas placas se agrega vermiculita exfoliada a una suspensión de silicato de calcio, luego se deshidrata presionando o usando uno de los procesos Fourdriner / Magnani / Hatschek para formar una placa plana que se procede a curar con calor a presión (típicamente 10-15 bar) por períodos de hasta 24 horas. (Vermiculite association, 2014, p1)

2.1.4.4. Enlucidos de construcción general

La vermiculita exfoliada se utiliza tanto en yesos de construcción generalmente aplicados a mano como también por pulverización para mejorar la cobertura, la facilidad del manejo, la adhesión a una amplia variedad de sustratos, la resistencia al fuego y la resistencia al astillado / agrietamiento / contracción. La vermiculita también se puede combinar con otros agregados, como la perlita, para producir yesos.

2.1.4.5. Yesos especiales

Los productos acústicos y de protección contra incendios a menudo usan vermiculita combinada con un aglutinante como yeso, cemento Pórtland o raramente arcilla de fraguado al aire, además de rellenos y auxiliares geológicos.

Los productos de protección contra incendios de acero estructural usan vermiculita exfoliada para mejorar la aplicación (que generalmente es por pulverización a baja presión) y para impartir un alto grado de resistencia al fuego. La vermiculita exfoliada es muy eficiente para retener la humedad y, en caso de incendio, se convierte en vapor que tiene un efecto de enfriamiento en el sustrato de acero y retrasa su aumento de temperatura.

Los yesos acústicos proporcionan control de reverberación (eco) mediante el mecanismo de absorción de la energía del sonido y su conversión en calor. (Vermiculite association, 2014, p2)

2.1.4.6. Rejas de techo y piso y hormigones aislantes

La vermiculita exfoliada (generalmente las más finas) se puede agregar en el sitio al cemento portland y otros agregados, ayudas geológicas y agua para producir soleras de concreto para techos y pisos o concreto liviano que tienen el beneficio de tener bajas densidades y conductividades. En muchos casos, las soleras de tejado basadas en vermiculita a menudo se usan junto con otros materiales aislantes, como placas de poliestireno, para formar un sistema total de techado.

De manera similar, grados más finos de vermiculita exfoliada más cemento portland pueden combinarse en el sitio o en una pre mezcla de fábrica para proporcionar una base para los revestimientos de vinilo de la piscina. Estas mezclas se bombean en su lugar usando una bomba del estator del rotor o se vierten a mano.

También se puede usar un aglutinante bituminoso con lata de vermiculita exfoliada para producir un solado para techos liviano y seco que posee baja conductividad térmica, bajo contenido de humedad y facilidad de colocación al verterse de la bolsa y luego apisonar. (Vermiculite association, 2014, p3)

2.1.4.7. Uso de aislamiento de relleno suelto

La vermiculita exfoliada tratada con un repelente al agua se utiliza para rellenar los poros y las cavidades de la construcción de mampostería y los bloques huecos para mejorar la clasificación del fuego (por ejemplo, diseños de pared y partición de Underwriters Laboratories), aislamiento y rendimiento acústico.

Se pueden usar calidades gruesas de vermiculita exfoliada para aislar lofts y áticos, con la ventaja de tener una fácil aplicación que consiste en verter la vermiculita entre las viguetas y luego nivelarla. (Vermiculite association, 2014, p3)

2.1.4.8. En metalurgia.

En el campo de la metalurgia, la vermiculita expandida puede ser utilizada para mantener el metal caliente durante algún tiempo, o bien para asegurar el enfriamiento gradual de aleaciones de aceros especiales que sean sensibles a un enfriamiento rápido. (Aviles, et al., 2003)
Basta señalar que la temperatura máxima de utilización de materiales expandidos a base de vermiculita resulta ser alta en comparación a la de otros materiales aislantes generalmente utilizados.

2.1.5. Vermiculita expandida

2.1.5.1. definicion.

Marcos (2000) afirma lo siguiente:

Cuando se modifican las vermiculitas química y físicamente adquieren otras propiedades que permiten optimizar algunas de las aplicaciones antes citadas o usarlas de otra manera. Es el caso de someter a la vermiculita a alta temperatura de forma rápida, pues se origina un producto ligero que se utiliza en diversos productos de construcción, agricultura, horticultura y otras aplicaciones industriales. (p.224)

La vermiculita expandida, debido a sus propiedades únicas - baja densidad aparente, baja conductividad térmica, punto de fusión relativamente alto, inercia química, resistencia, y seguridad ambiental; puede ser utilizada como una fuente de calor.

Vermiculita, un mineral de ocurrencia natural del grupo de hidrómicas, calentada por encima de 300ºC. ° C, se expande para convertirse en un material altamente aislante térmico.

Los aisladores de calor basados en la expansión de la microcelulidad se usan en unidades térmicas blandas con la temperatura de la pared superior a 1150 ° C como reemplazo para componentes ligeros de chamota y aisladores térmicos fibrosos. (Suvorov & Skurikhin, 2003)

2.1.5.2. Propiedades de la Vermiculita Expandida.

La vermiculita expandida, debido a sus propiedades únicas - baja densidad aparente, baja conductividad térmica, punto de fusión relativamente alto, inercia química, resistencia y seguridad ambiental- puede ser utilizada como material de aislamiento térmico.

El aumento generado permite disponer de una gran cantidad de aislante con poca materia prima. Considerando esta característica, podemos ver su impacto medioambiental de una forma más satisfactoria, con un metro cubico de vermiculita

cruda, por ejemplo, se puede aislar las cámaras y el suelo en una vivienda de dos plantas con 200m2 de superficie útil. (Formosa, 2012)

Tabla 2.7. Propiedades de vermiculita expandida.

Densidad	:	56 – 192 [g/l]
Temperatura de sinterización	:	1260 [°C]
Punto de fusión	:	1315 [°C]
Capacidad calorífica	:	840 [J / kg °C]
Gravedad específica	:	2,6
Conductividad térmica	:	0,062 – 0,065 [W/ m² °C]

Fuente: Aviles, Erbez y Sánchez (2003)
Elaboración: Propia.

Imagen 2.2. Vermiculita expandida



Fuente: Aviles, et al., (2003)
Elaboración: Propia.

2.1.6. Vermiculita en el mundo

En las reservas mundiales de vermiculita, Rusia ocupa el tercer lugar; Más de 25 depósitos han sido explorados en las regiones europeas y asiáticas de este país. En la actualidad, de mayor potencial comercial, tanto en la producción y la reserva, es el depósito de Kovdorskoe (Murmansk Distrito).

La mayor parte del concentrado de vermiculita está disponible en los fabricantes extranjeros: los depósitos estadounidenses (Libby, Die-Bus, Alano) y la República de Sudáfrica (depósito Lumkop). En 1999, la producción total fue de 513 mil toneladas. Los Estados Unidos lideran el mundo en la producción de vermiculita (alrededor del 60%). (Suvorov & Skurikhin, 2003).

CAPITULO III. Bloque de Hormigon con Vermiculita.

3.1. Bloques de hormigón.

3.1.1. Definición

El INN (2006), lo define como: “Bloque de hormigón: Unidad de albañilería de hormigón prefabricada, de forma prismática con dimensiones modulares” (p.2).

Los bloques de hormigón corresponden a elementos prefabricados que se usan para la construcción de muros de albañilería ,pegándolos entre sí mediante mortero. Puesto que estos se fabrican de manera modular y son paralelos y uniformes en cuanto a la forma y aspecto de sus caras, así como la gran diversidad de tipos y formatos nos permiten la simplificación de un proyecto y una enorme agilidad en la construcción. Y también permite eliminar el revoque, como estos poseen huecos verticales son ideales para el traspaso de las instalaciones sin realizar de cortar o picar la pared, ya sean de luz, agua, gas, etc. (Más A., Hernández y Pérez, 1996)

Imagen 3.1. Bloque Hueco de Hormigón



fuente: Elaboración Propia

La creación de los bloques huecos de hormigón de cemento responde a la necesidad de abaratar costos en la construcción de muros de albañilería, creándose así un material de dimensiones mayores que los ladrillos cerámicos, los cuales hasta ese momento, eran el material más utilizado.

El sistema constructivo con bloques huecos de hormigón de cemento sólo es capaz de trabajar a la compresión, pero para solucionar este defecto se utilizan refuerzos que consisten en barras de acero ubicadas en sentido longitudinal y/o transversal debido a que este material es capaz de resistir los esfuerzos de tracción y flexión, obteniéndose un sistema flexible que resiste esfuerzos de cualquier naturaleza.

Estos refuerzos pueden ir incorporados al interior de los huecos de los bloques, en el mortero de pega entre hiladas, o enmarcar la albañilería con elementos de hormigón armado, como pilares y vigas. (Martínez Duguet, 2009)

INN (2006), define los siguientes conceptos:

A. Bloque hueco: bloque de hormigón que tiene un área neta menor que 75% del área bruta.

B. Cáscara: elemento que corresponde a cualquier pared exterior longitudinal del bloque.

C. Tabique: cualquier elemento que conforma el hueco del bloque y que no corresponde a las cáscaras del bloque. (p.2)

3.1.2. Componentes de un Bloque de Hormigón.

El bloque de hormigón es un elemento prefabricado en el cual los principales agregados son: el cemento, los áridos, el agua y ocasionalmente aditivos y/o adiciones.

3.1.2.1. Cemento

Según lo expuesto en la NCh 148 "Cemento- Terminología, calificación y especificaciones generales" señala que: “cemento: es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire” (INN, 1968).

Los cementos comerciales que se fabrican en nuestro país están clasificados por su composición y resistencia, según la Norma Chilena 148. Of 1968 “Cemento–Terminología, clasificación y especiaciones generales”, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Clase y Composición del Cemento.

Nº	Clase	Composición	Grado
1	Portland	Clinker y 5% yeso	Alta resistencia
2	Portland Puzolánico	Clinker y hasta un 30% de puzolana	Alta resistencia o corriente
3	Puzolánico	Clinker y 30% a 50% de puzolana	Corriente
4	Portland Siderúrgico	Clinker y 30% de escoria de alto horno	Alta resistencia o corriente
5	Siderúrgico	Clinker y 30% a 75% de escoria de alto horno	Corriente o alta resistencia

Fuente: INN (Año 1968)

Vergara (2009) define:

El cemento es un polvo finísimo, de color gris que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece tanto bajo agua como al aire. Por la primera de estas características y por necesitar agua para su fraguado se le define como un aglomerante hidráulico.

Además, existen cementos con adiciones, los cuales tiene como base el portland, pero al incorporarle productos como las puzolanas, las cenizas volantes y las escorias básicas granuladas de alto horno, se le agregan propiedades especiales relacionadas con la durabilidad y la resistencia química. Lo que sin duda pueden ayudar a realizar un hormigón de mejor calidad que reúna las características

necesarias para el proyecto determinado. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2009)

3.1.2.2. Áridos

Según lo expuesto en la NCh 163 “Áridos para morteros y hormigones- requisitos generales” señala que el árido es: “material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables” (NCh 163 , 2013).

Es preciso considerar los distintos tipos de áridos, ya que se emplean de variados en la composición del hormigón, los cuales la misma norma NCh 163 describe:

- Árido natural: áridos procedentes de yacimientos pétreos y que no ha sido sometido a tratamiento mecanizado.
- Árido tratado: árido que se sometió a tratamiento de trituración, clasificación por tamaños y/o lavado en operaciones mecanizados controladas.
- Arena (árido fino): árido que pasa por el tamiz de abertura nominal de 5 mm y es retenido en el de 0,080 mm con las tolerancias establecidas en la presente norma.
- Grava (árido grueso): árido retenido en el tamiz de abertura nominal de 5 mm con las tolerancias establecidas en la presente norma. (NCh 163 , 2013)

Además, Régil (2013) destaca que deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimientos de arcilla u otros materiales finos que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Los agregados más frecuentemente utilizados son arena, grava y escoria de alto horno.

3.1.2.3. Agua de amasado

La NCh 1498 mod.2016 “Hormigón y mortero- Agua de amasado- Clasificación y requisitos” se encarga de las observaciones respecto al agua de amasado.

En resumen, se extrae lo siguiente de la presente norma:

- Específica requisitos a los valores de pH, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, materia orgánica, cloruros y sulfatos solubles presentes en el agua de amasado
- Establece que el agua potable será siempre apta para la confección de hormigones.
- Señala que no se permite el uso de agua que contenga azúcares (sacarosa, glucosa o similares).
- Acepta el uso de agua de mar solamente en hormigones simples (sin armaduras) de grado inferior a H15.

"Agua potable: agua proveniente de la red pública que cumple con NCh 409/1, y que no se ha contaminado antes de su uso" (INN, 2012).

La ACI 318S – 08 (2008) en "Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentarios", menciona que para la mezcla de hormigón se puede utilizar casi cualquier agua natural que se pueda beber y que no tiene un sabor u olor marcado, ya que las impurezas excesivas en el agua pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del hormigón y además corroer el acero que se le incorpora como refuerzo al hormigón.

3.1.3. Albañilería de bloques de hormigón.

Los bloques de hormigón son elementos prefabricados, que se usan para la construcción de muros de albañilería, uniéndolos entre sí mediante mortero. Si en los huecos de los bloques se colocan barras de acero, y se rellenan estos huecos con mortero u otro hormigón, se pueden construir obras llamadas albañilería armada, que trabajan en forma parecida a las de hormigón armado.

3.1.4. Propiedades y Características.

El bloque de hormigón prefabricado ha logrado una amplia difusión en el campo de la construcción. La estructura de albañilería armada empleando bloques de hormigón ha demostrado además, una buena capacidad de resistencia sísmica

y un menor costo frente a la albañilería de ladrillo. Esto, más su facilidad de uso tanto en soluciones constructivas simples como estructurales, con una variedad de texturas y colores, ha hecho del bloque un producto de gran demanda por constructores, arquitectos y proyectistas.

3.1.4.1. Resistencia a la compresión

Corresponde a la capacidad para soportar cargas que tienen los bloques, esta se mide en kilos por centímetro cuadrado de superficie de la cara de apoyo de los bloques.

El valor mínimo de resistencia a compresión de las unidades para albañilería armada de muros soportantes de acuerdo a la Norma Chilena Nch.1928 of.93 es de 50 [kg/cm2] (5 [MPa]), aceptándose una fracción defectuosa máxima del 4%.

De todas maneras, los bloques deben tener una resistencia apropiada para el tipo de muro que se va a construir con ellos, lo que se señala en el proyecto, y siempre considerando el mínimo expresado en la norma, entregado por la siguiente tabla.

Tabla 3.2. Resistencia Mínima a la Compresión en Bloques Huecos de hormigón

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION	
	PROMEDIO DE 5 BLOQUES kg/cm²	INVIDUAL MINIMO kg/cm²
A	45	35
B	22,5	17,5

fuente: Norma Chilena (Nch 181 Of.2006)

3.1.4.2. Absorción y humedad.

La absorción es la cantidad máxima de agua que pueden absorber los bloques al encontrarse en un ambiente húmedo, y se mide en litros o kilos de agua

por metro cúbico de hormigón. Este valor debe ser certificado por el fabricante y debe cumplir con lo especificado en la Norma Chilena Nch.1928 Of.93.

3.1.4.3. Transmitancia térmica.

La transmitancia térmica se define entre dos temperaturas ambientes, y por lo tanto, se requieren mediciones apropiadas de temperatura para permitir su determinación. Esto es particularmente importante con especímenes de ensayo de baja resistencia para los cuales los coeficientes superficiales de transmisión de calor forman una fracción importante de la resistencia total. (INN, 2008)

Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento.

Se expresa en W/ (m^2 *K). Se denomina con la letra “U”, y Se determina experimentalmente según la norma NCh 851 o bien por cálculo como se señala en la NCh 853. [NCh 853.Of91, Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas]

El concepto de transmitancia térmica es muy usado en construcción para el cálculo de los aislamientos y pérdidas energéticas. De este mismo concepto se parte para los cálculos de diseños de calefacción, en cualquiera de sus modalidades, al estar, en esencia, basada la calefacción en determinar la cantidad de energía que hay que suministrar para mantener una determinada temperatura (la de confort) en una determinada diferencia con la temperatura exterior. Esto depende de las pérdidas de calor por el aislamiento, es decir, depende directamente de la transmitancia de los elementos que definen la estancia a calefaccionar.

3.1.5. Tipos de bloques utilizados actualmente

Los bloques que se utilizan en la actualidad son diseñados para resolver aspectos desde el punto de vista estructural, modelación y a su vez generan la posibilidad de encontrarlos en texturas superficiales diversas como también el tamaño.

Por su aplicación en los diferentes puntos de las albañilerías, se tiene una variedad de tamaños y pesos para cumplir con los requerimientos de diseño y modulación por su uso, estos elementos requieren una diversidad de tipos, para

tener una idea de la tipología que generalmente se usa por las diferentes empresas en su producción.

Los bloques de hormigón, correctamente utilizados, permiten sensibles reducciones del costo de cualquier construcción y una mayor velocidad en la elevación de las estructuras, a la vez que dispersan el uso de revoques gruesos para uniformizar las superficies terminadas e incluso permiten dejarlos a la vista, previo un tratamiento superficial adecuado. Los ahorros que se logran en la construcción de paredes y muros pueden destinarse a mejorar otros aspectos de la obra. (SIKA S.A., 2010)

3.1.6. Diseño de un bloque de hormigon

3.1.6.1. Dosificación del hormigón.

El método utilizado en la dosificación fue entregado por el American Concrete Institute (ACI 211.1-81), el cual se basa en tablas empíricas mediante las cuales se determinan las condiciones de partida.

También fue necesario emplear el método y tablas base para determinar la dosificación necesaria para el bloque gracias a la NCh 170 Of.85.

3.1.6.2. Elección y clasificación del hormigón:

Considerando que el bloque de hormigón es un elemento prefabricado y el requisito establecido en la NCh 181, de resistencia a la compresión del bloque debe ser de 13 [MPa], se toma como base un hormigón H15, el cual consta de una resistencia especificada de 15 [MPa].

Tabla 3.3. Elección del grado de hormigón

Grados de Hormigón	**Solicitación y Exposición**	**Elementos Estructurales**		
		En masa	**Armados**	**Pretensados**

H-5	Elementos poco solicitados y sin peligro de heladas.	Cimientos corridos, emplantillados, etc.	-	-
H-10	Elementos poco solicitados y con peligros de heladas.	Muros de contención, radieres.	-	-
H-15 - H-20	Elementos medianamente solicitados y con peligro de heladas.	Elementos corrientes de la construcción, pavimentos, prefabricados.		
H-20 - H-35	Elementos altamente solicitados, con o sin peligro de heladas			
>H-35		-	Elementos especiales de la construcción, prefabricados en taller.	

Fuente : Nch 170 Of 85

3.1.6.3. Resistencia media de dosificación

Para asegurar que el hormigón cumpla con una resistencia total o parcial, es preciso aumentar la resistencia característica, para dosificar con un valor mayor, eso es posible considerando factores como el nivel de confianza, el cual con dosificaciones realizadas anteriormente alcanza en esta ocasión un 90%,por lo tanto se obtiene un valor t de 1,282. Otro factor es el s, el cual según las condiciones previstas para la ejecución de los bloques en este caso es de 4,0.

Tabla 3.4. Actor estadístico Resistencia Media

Nivel de confianza	t
95%	1.645
90%	1.282
85%	1.036
80%	0.842

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, dpto de Construccion, Usm.

Tabla 3.5. Valor s estimado para resistencia a la compresión

Condiciones previstas para la ejecución de la obra	S [Mpa]		Definición de las condiciones
	≤ G15	≥ G15	
Regulares	8,0	-	Control deficiente, solo grado ≤ G15
Medias	6,0	7,0	Dosificación de volumen controlado; control esporádico.
Buenas	4,0	5,0	Dosificación de volumen controlado; control permanente.
Muy buenas	3,0	4,0	Dosificación en peso, laboratorio en faena, control permanente.

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

Una vez definidos los valores antes descritos se logra determinar la resistencia media utilizando la siguiente

$$Fr = Fc + t \times S \quad (Kg/cm2)$$

F_c: Resistencia característica
F_d: Resistencia media de dosificación
S: desviación estándar de la obra.
t: factor estadístico para un nivel de confianza.

$$F_d = 15{,}0 + 1.282 * 4{,}0 = 21{,}0 \text{ MPa}$$

3.1.6.4. Razón A/C

La razón agua/cemento de la mezcla puede ser obtenida mediante la condición de resistencia o condición de durabilidad, en este caso, al referirse de un bloque, el cual se desea conocer su resistencia a la compresión.

Tabla 3.6. Razón agua /cemento

Razón Agua-Cemento en masa	Resistencia media requerida f; Mpa.	
	Cemento Grado Corriente	Cemento grado alta resistencia
0,45	34	43
0,50	29	36
0,55	25	31
0,60	21	26
0,65	18	23
0,70	16	20
0,75	14	17
0,80	12	15
0,85	10	13

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

3.1.6.5. Elección de trabajabilidad

Tabla 3.7. Asentamiento de cono recomendado, según tipo de estructura y técnica de construcción.

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTON DE CONO, CM
PAVIMENTOS, PREFABRICADOS	< 5
ESTRUCUTRA EN GENERAL	4 - 10
HORMIGON BOMBEADO	7- 12

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

3.1.6.6. Dosis Tentativa de agua

Tabla 3.8. Cantidad de Agua

Dosis Tentativa de Agua l/m3								
Asentamiento Cm	Tamaño Máximo de la Grava en mm							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
De 2,5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	------
Cantidad de Aire Atrapado	3	2,5	2	1.5	1	0,5	0,3	0,2

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

3.1.6.7. Dosis de cemento.

Con los valores anteriores obtenidos, es posible determinar la dosis de cemento a emplear en la siguiente fórmula:

$$C = A / (A/C) = 190/ 0{,}6 = 317\ [kg]$$

De la relación de Agua/Cemento se obtiene que la cantidad de cemento necesario es de 317 kg de Cemento para 1 m3 de Hormigón.

Donde:

C = Dosis de cemento en kg
A = Dosis de agua en kg
A/C = Razón agua/cemento

Para determinar la dosis de cemento necesaria es preciso realizar la dosificación teniendo en cuenta el factor por grado de exposición, entregado por la siguiente tabla.

Tabla 3.9. Dosis de cemento por grado de exposición.

Grado de Exposición	Mínimo Grado de Resistencia Especificado MPa	Dosis Mínima de Cemento Kg/m3
C0	G17	--------
C1	G18	270
C2-A	G20	300
C2-B	G25	330
C2-C	G35	360

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

Según los datos de la siguiente tabla se obtiene que por durabilidad y Grado de exposición que la cantidad necesaria de cemento es de 330 kg

3.1.6.8. Determinación dosis de la grava

Para la determinación de esta dosis se utilizó netamente la tabla entregada por ACI 211.1- Rev. 1985, esta grava aparece expresada en litros por metro cúbico, por lo que, en consecuencia, de debió multiplicar por la densidad aparente de la grava y con esto expresarla en kilos por metro cúbico, luego dividir por su densidad saturada superficialmente seca.

Tabla 3.10. Tamaño Maximo del Arido

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (mm)	Volumen del Agregado Grueso Seco y Compactado por Unidad de Volumen del Hormigón, para Diversos Módulos de Finura del Árido Fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5 (3/8")	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2")	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4")	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1")	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1 1/2")	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2")	0,78	0,76	0,74	0,72

Fuente: Guia de dosificacion de hormigones, Dpto de Construccion, Usm.

Una vez obtenido el valor de dosis tentativa de árido grueso más el valor de densidad aparente seca se logra obtener la dosificación de árido grueso necesaria para fabricar 1 m3 de hormigón.

Densidad aparente seca = 1650 kg/m3
Dosis tentativa de árido grueso = 0,6

0,6 x 1650 kg/m3 =

990 kg/m3 de Grava

3.1.6.9. Determinación dosis de arena

Se determinó partiendo del hecho que la suma de los volúmenes absolutos de agua, cemento, aire incorporado (o atrapado), grava y arena debe ser igual a un metro cúbico. Ello permitió definir el volumen absoluto de arena, el cual, multiplicado por la densidad real (peso específico) de la arena, conduce al valor de la dosis de arena, expresada en kilos por metro cúbico.

La masa de árido fino o arena, A_f, está dada por:

$$A_f \quad [kg/m^3] = \gamma_f \left[1000 \quad - \left(W + \frac{C}{\gamma} + \frac{A_g}{\gamma_g} + 10a \right) \right]$$

en que:
γ_f = densidad real sss o peso específico del árido fino (arena).
γ_g = densidad real sss o peso específico del árido grueso (grava).
γ = peso específico del cemento (generalmente 3,15 en USA y 3,0 en Chile)
A_g = dosis de árido grueso o grava
a = dosis de aire (%)
C = dosis de cemento (kg/m^3)
W = dosis de agua (kg/m^3)

Calculo:

Volumen de Cemento. 330 (kg) / 3000 (kg/m3) = 0,11 m3
Volumen de Agua. 199 (kg) / 1000 (kg/m3) = 0,2 m3
Volumen de grava. 990 (kg) / 2760 (kg/m3) = 0,36 m3
Volumen de Arena. = 1 – (0,11 + 0,2 + 0,32) = 0,33 m3

0,33 m3 x 2610 kg/m3 =

Según la expresión anterior se obtuvo una cantidad de arena de **861 (kg/m^3).**

3.1.6.10. Dosificación final.

Con todos los parámetros anteriores ya definidos, se procede a realizar la agrupación, y resumir en la dosificación final.

Al tratarse de la realización de bloques de hormigón, se tiene el antecedente, de la baja trabajabilidad que tiene el hormigón, ya que en la confección del bloque no se emplea moldaje, por lo tanto es imprescindible el cono 0.

Debido a lo explicado anteriormente, que abierta a modificaciones de la cantidad de agua de amasado.

3.1.7. Bloques de Hormigón Con Vermiculita

Hay que considerar que la mezcla utilizada en los bloques de ensayo se realizó en una maquina betonera, la cual estaba distanciada de la Máquina Bloquera, por lo tanto una vez realizada la mezcla de hormigón, se realizaba el traslado de este mediante carretilla hasta el lugar de vaciado de la mezcla.

Es de vital importancia verificar que los interruptores de funcionamiento de la máquina bloquera estén apagados antes de comenzar con el procedimiento.

- Lo primero es colocar bandejas de terciado o un trozo de polietileno, en la parte de recepción de los bloques, para su posterior descimbre y traslado. Por lo tanto se levanta la primera palanca, para levantar las prensas y que estas aseguren las placas receptoras.

- Se instala el carro dispersor de mezcla sobre la máquina, para su posterior carga de la misma.

- Se aplica desmoldante a moldes de maquina Bloquera para realizar una confección más prolija de los bloques.

Imagen 3.2. Aplicación de Desmoldante a Maquina Bloquera



Fuente: Elaboración Propia.

- Luego se enciende la máquina y los dos operadores rápidamente deben mover el carro, procurando que este deposite la mezcla en las ranuras de los bloques. Todo esto mientras la máquina vibra.

Imagen 3.3. Proceso de vaciado de la mezcla en bandeja receptora



Fuente: Elaboración Propia.

- Luego se acciona la segunda palanca con la que consta la máquina, la cual hace descender el peine o zapatas que caen libremente en el hormigón depositado en el carro.
- Se continúa el vibrando hasta que se logre compactar el hormigón, el tiempo estimado es de 30 segundos por partida.

- Se baja rápidamente la primera palanca con la cual se procede al desmolde del bloque y a la vez detiene el vibrador y el motor del equipo.

- Se retiran los bloques (partidas de cuatro unidades), con la bandeja de terciado instalada anteriormente en el lugar de recepción de los bloques, esto se hace para que los bloques no se peguen al hormigón de la cancha de fabricación.

Imagen 3.4. Partida de cuatro Bloques de hormigón



Fuente: Elaboración Propia.

- Se realiza inspección visual de los bloques con el fin de verificar que estén completos y no posean alguna deformación o deficientes en sus terminaciones.

- Se repite el procedimiento mencionado, con sumo cuidado y precaución hasta obtener las muestras necesarias para la realización de ensayos.

- Finalmente se instalan cuidadosamente todas las muestras en la ubicación donde pasara su tiempo de curado.

- Nota: considerando que la Máquina Bloquera no estaba en óptimas condiciones (debido al poco uso), costo mucho elaborar los primeros bloques ya que el hormigón se adhería a la máquina, desarmando la coronación de los bloques o generando pérdidas de material.

Imagen 3.5. Bloques con falla producto del mal estado de maquina bloquera



Fuente: Elaboración Propia.

3.1.8. Elementos empleados en la confección del Bloque

- Maquina Bloquera DONGYUE QT40 – 3A
- Máquina betonera.
- Bandejas de madera, para el traslado de los bloques.
- Carretilla.
- Pala.
- Tinetas de 20 Lts.
- Balanza.
- Agua
- Áridos
- Cemento
- Vermiculita

CAPITULLO IV. Ensayos

4.1. Ensayos de Resistencia mecánica y térmica.

El presente capítulo tiene como objetivo poder definir las propiedades mecánicas y térmicas que se lograron obtener luego de haber agregado Vermiculita a la mesa de hormigón para crear bloques huecos.

Los principales datos serán obtenidos a través de los ensayos a la compresión y Ensayos de resistencia térmica de las probetas.

4.1.1. Confección de muestras.

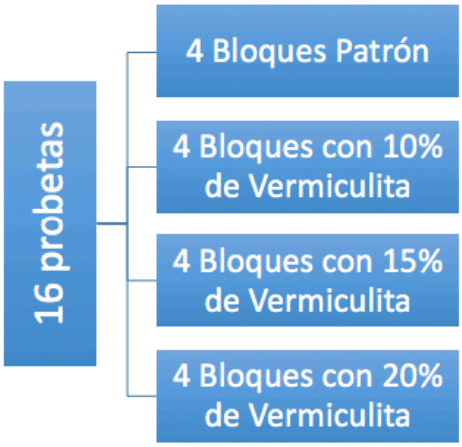
La presente investigación consideró la confección de bloques huecos de hormigón de 0,39 m de largo x 0,19 m de ancho x 0,19 m de alto, para luego ser sometidos a ensayos solicitados por la Nch 182 O.f 2007.

También es necesario realizar probetas cuadradas (en morfología de placas) de 0,3m x 0,3m x 0,03m de espesor, para realizar ensayo de conductividad térmica.

La elaboración y los materiales necesarios para desarrollar de los bloques fueron aporte de la empresa Amce Cierros-Vibrados, La mezcla a emplear se elaboró en las instalaciones de la empresa mediante la dosificación realizada anteriormente.

Para esto fueron confeccionadas 16 probetas dividas en 3 dosificaciones distintas, realizando el remplazo del 10, 15 y 20% de árido fino de la masa por vermiculita.

Imagen 4.1. Dosificaciones y Bloques con vermiculita.





Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Dosificacion para la realizacion de las muestras.

Para la realización de las muestras se utilizaron las siguientes dosificaciones:

Tabla 4.1. Dosificación obtenida según diseño para un m3 de Hormigón.

DOSIFICACIÓN PARA 1 M3 DE HORMIGÓN				
MATERIALES	HORMIGON PATRON	VERMICULITA 10 %	VERMICULITA 15 %	VERMICULITA 20 %
CEMENTO	330 KG	330 KG	330 KG	330 KG
AGUA	190 LT	190 LT	190 LT	190 LT
GRAVILLA	990 KG	990 KG	990 KG	990 KG
ARENA	861 KG	775 KG	732 KG	689 KG
AGREGADO DE VERMICULITA		86,1 KG	129 KG	172 KG

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 4.2. Agregados Utilizados en la Confección de un bloque de hormigón con Vermiculita.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Nch 181 Of. 2006.

4.1.3.1. Clasificación de los bloques de Hormigón.

La clasificación y los requisitos físicos de los bloques es entregada por la Nch 181 Of.2006, y nos dice lo siguiente.

- Clase A : Bloques para muros soportantes.
- Clase B : Bloques para tabiques o muros no soportantes.

Además nos dice que para uso estructural, los bloques de hormigón se clasifican por peso en función a la densidad del hormigón, definiendo tres tipos de bloques de hormigón:

- De peso normal
- De peso mediano
- De peso liviano

Tabla 4.2. Requisitos de Resistencia, Absorción y Densidad, por peso del bloque.

Clasificación por peso	Densidad del hormigón secado al horno kg/m³	Máxima absorción de agua kg/m³		Resistencia mínima a la compresión MPa[a)]	
	Promedio de tres bloques	Promedio de tres bloques	Bloques individuales	Promedio de tres bloques	Bloque individual
Liviano	≤ 1 680	288	320	13	12
Mediano	Desde 1 680 a ≤ 2 000	240	272	13	12
Normal	2 000 o mayor	208	240	13	12
a) Medida sobre área neta, área que se determina según el método de ensayo de NCh182.					

Fuente: (INN, 2006)

4.1.3.2. Requisitos físicos

4.1.3.2.1. Dimensiones

Las dimensiones del bloque están estipuladas en la NCh 181 Of.2006, de la cual se extrajo la presente tabla:

Tabla 4.3. Dimensiones Normales de los Bloques Huecos

ANCHO mm	TOLERANCIA mm	ALTO mm	TOLERANCIA mm	LARGO mm	TOLERANCIA mm	UNION mm	VOL. NOMINAL mm
240	± 3	190	± 3	390	± 3	10	250x200x400
190	± 3	190	± 3	390	± 3	10	200x200x400
140	± 3	190	± 3	390	± 3	10	150x200x400
90	± 3	190	± 3	390	± 3	10	100x200x400

Fuente: Nch 181 Of. 2006.

De la tabla anterior se extrae lo siguiente:

- Se toleraran variaciones dimensionales del bloque de hasta 3 mm

- No se podrán emplear como elementos soportantes bloques de ancho efectivo inferiores a 190 mm. Salvo que se adopten disposiciones especiales para su uso, justificados por calculo.

4.1.3.2.2. Espesores.

El espesor de la cáscara (tfs) y el espesor de tabique (tw) deben cumplir con los siguientes requisitos entregados por la tabla.

Tabla 4.4. Requisitos de Espesor de Cáscaras y Tabiques.

Ancho especificado de los bloques[a] (W) mm	Espesor mínimo de cáscara[b], [d] (t_{fs}) mm	Espesor de tabique (t_w)	
		Tabiques mínimo[b], [d] mm	Espesor de tabique mínimo equivalente[c] mm/m lineal
65 y 90	19	19	136
140	25	25	188
190	32	25	188
240	35	29	209
290 y mayor	38	29	209

Fuente: (INN, 2006)

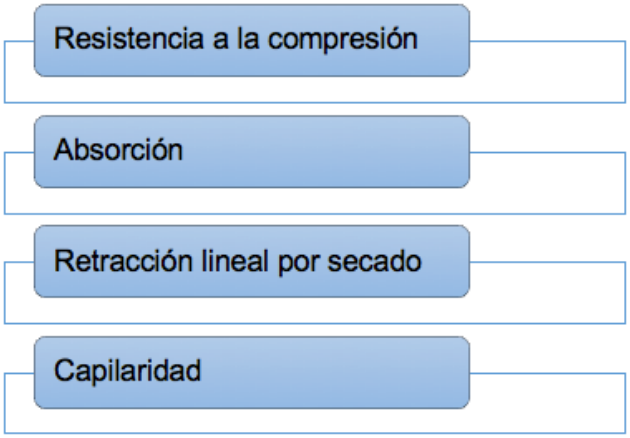
Ninguna de las medidas que se mencionan puede presentar una variación superior que ± 3[mm].

4.1.4. Nch 182 Of.2007.

Esta norma se aplica a los bloques de hormigón fabricados con cemento, agua, y agregados minerales, con o sin la inclusión de otros materiales.

- Establece los métodos de ensayo que se aplican a los bloques de hormigón en cuanto a:

Imagen 4.3. Ensayos solicitados por la Nch 182 Of. 2007



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.1. Resistencia a la compresión.

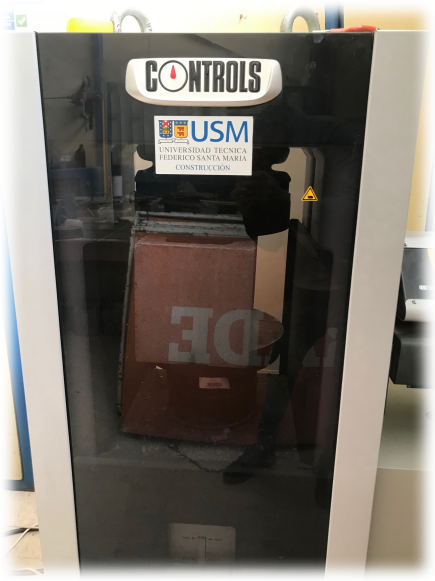
Permite determinar el máximo esfuerzo de compresión de los bloques, realizándose sobre el área neta de los mismos. Para obtener un paralelismo pleno al momento de ensayar y distribuir las cargas es preciso realizarles primero un refrentado o simplemente utilizando dos láminas de acero de al menos 1,5 cm de espesor, posicionando estas en las áreas de contacto del bloque con la prensa.

4.1.4.1.1. Equipos utilizados

- Balanza
- Dos placas metálicas de 200 x 400 x 15 mm

- Prensa para ensayo de compresión, con sus respectivos platos de adaptación.

Imagen 4.4. Prensa para realizar ensayos de compresión.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.1.2. Metodología de ensayo

- De acuerdo a las exigencias de la NCh 182 Of 2007 se deben elegir 3 bloques para ensayar de los 16 confeccionados.
- Posteriormente, se marcan las probetas, para su identificación.
- Se realiza el refrentado de los boques.
- Se deja fraguar al refrentado un mínimo de 6 horas a la realización del ensayo.
- Se debe pesar en una balanza la masa del bloque a ensayar.

- Se deben modificar las plataformas interiores de la máquina para obtener el espacio necesario para ingresar el bloque.

Para realizar el ensayo es necesario utilizar platos de distribución de cargas, para así lograr una distribución uniforme de la carga ejercida por la máquina.

Imagen 4.5. Proceso de compactación finalizado.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.1.3. Calculo de resistencia a la compresión Bloques de Hormigon

Para obtener la resistencia a la compresión sobre el área neta es necesario emplear la siguiente formula:

$$\frac{P_{máx}}{A_n}. [MPa]$$

Donde:

$P_{máx}$= Carga máxima de compresión [N].

A_n= Área neta promedio de la probeta [mm^2].

Nota: El área neta de los bloques se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$A_n[mm^2] = \frac{V_n}{H}$$

Donde:

A_n= Área neta promedio de la probeta [mm^2].

V_n= Volumen neto de la probeta [mm³].

H= altura promedio de la probeta [mm].

El volumen neto se determina en base a la siguiente ecuación:

$$V_n[mm^3] = \quad \frac{W_d}{D} \text{ ó } (W_s - W_i) * 10^6$$

Donde:

W_d=peso seco al horno de la probeta [Kg].

D= densidad de la probeta [Kg/m^3].

W_s =Peso saturado de la probeta [Kg].

W_i =Peso sumergido de la probeta [Kg].

4.1.5. Nch 853 of 2008.

4.1.5.1. Conductividad y resistencia mecánica.

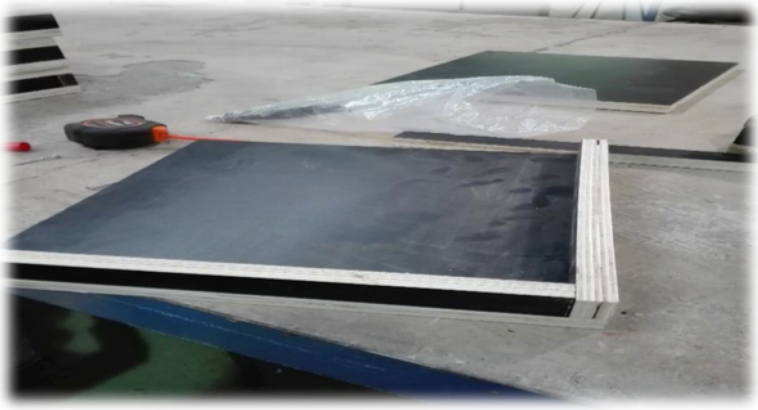
La NCh 853 of 2008 define conductividad térmica como Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de un material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralélelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en [W/mK].

Para medir la conductividad térmica se utilizará la NCh 850 of 2008 Aislación térmica – Determinación de resistencia mecánica en estado estacionario y propiedades relacionadas – Aparato de placa caliente de guarda.

4.1.5.1.1. Equipos utilizados

Los moldes se confeccionaron con planchas fenólicas de dimensiones estándar de 1,22 [m] x 2,44 [m]. Piezas de madera que fueron dimensionadas para generar los elementos correspondientes para el desarrollo de los moldajes.

Imagen 4.6. Proceso de fabricación moldajes para probetas de conductividad.



Fuente: Elaboración Propia.

El ensayo de conductividad térmica será realizado empleando la herramienta llamada conductímetro, el cual es necesario probetas de 30 [cm] x 30 [cm] con espesores variables entre 3 [cm] a 5 [cm].

Imagen 4.7. Probeta Ensayo conductividad térmica.



Fuente: Elaboración Propia

Para realizar las mediciones es necesario realizar surcos en las probetas a ensayar mediante un formón, generando el espacio suficiente para insertar Termocupulas en la placa, encargadas de realizar las lecturas de resultados que entrega el conductímetro.

Imagen 4.8. Aplicación de Termocupulas.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.1.2. Acondicionamiento de los moldes.

Los moldajes para los ensayos de conductividad térmica fabricados con placas fenólicas y los moldes Rilem deben ser limpiadas de toda impureza posible que pueda afectar a la mezcla.

Los moldajes de conductividad térmica, una vez limpias se le incorpora desmoldante de madera a todas las caras interiores con una brocha o rodillo, posteriormente estos se fijan con tornillos permitiendo que el moldaje de la probeta tenga un llenado vertical.

El moldaje correspondiente a las probetas Rilem, una vez limpios y libre de impurezas se procede a armar el molde para incorporar desmoldante de madera quedando dispuesta en su cara superior espacios para su llenado confeccionando un total de 3 probetas.

4.1.5.1.3. Llenado y compactación de las muestras.

La compactación de morteros livianos debe ser de mayor magnitud en comparación con morteros convencionales. Esto se debe a que el tamaño de las partículas y morfología del árido da la posibilidad de generar una mayor cantidad de nidos y que la probeta contenga grandes cantidades de aire y huecos.

El llenado y compactado para las probetas de conductividad térmica, consta de llenar el molde en tres capas de igual espesor, compactando cada capa en la mesa vibradora con una frecuencia de 6 [Hz] durante 40 segundos aproximadamente. En cambio, para las probetas Rilem, el compactado se realiza en dos capas compactando cada una de ellas en la mesa vibradora durante unos 20 segundos.

Imagen 4.9. Probetas de conductividad térmica.



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5.1.4. Desmolde y curado de las probetas.

En primera instancia el desmolde de las probetas para conductividad térmica se realizó a las 24 horas, observándose un mal descimbrado debido a la rotura de las probetas por peso propio.

En cuanto a las probetas que no se rompían del todo, se les podía apreciar que una gran cantidad de mezcla quedaba pegada a los moldajes dejando un orificio en las caras superficiales de estas.

Por ende se optó debidamente a descimbrar a las 36 horas de haber confeccionado las mezclas para tener un correcto fraguado y resistencia para retirar el moldaje sin producir daños al material.

CAPITULO V. Análisis de Resultados

5.1. Resultados Obtenidos de Ensayos.

5.1.1. Resistencias a la compresión obtenidas

Tabla 5.1. Resistencia a la compresión bloques confeccionados.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS						
BLOQUE PATRÓN						
MUESTRA	FECHA DE CONFECCIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO PROBETA	ÁREA NETA EN MM2	KN	Mpa
MUESTRA 1	VIERNES 23 NOV	VIERNES 7 DIC	14,88 KG	36.100	611,5	**22,99**
MUESTRA 2			14,48 KG	36.100	584,2	**16,8**
MUESTRA 3			14,53 KG	36.100	590,1	**17,4**
VERMICULITA 10%						
MUESTRA	FECHA DE CONFECCIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO PROBETA	ÁREA NETA	KN	Mpa
MUESTRA 1	VIERNES 23 NOV	VIERNES 7 DIC	14,22 KG	36.100	538,9	**14,93**
MUESTRA 2			13,84 KG	36.100	519,4	**13,11**
MUESTRA 3			13,99 KG	36.100	528,6	**14,37**
VERMICULITA 15%						
MUESTRA	FECHA DE CONFECCIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO PROBETA	ÁREA NETA	KN	Mpa
MUESTRA 1	VIERNES 23 NOV	VIERNES 7 DIC	13,44 KG	36.100	315,6	**8,49**
MUESTRA 2			13,6 KG	36.100	348,8	**9,25**
MUESTRA 3			13,2 KG	36.100	229,8	**6,08**
VERMICULITA 20%						
MUESTRA	FECHA DE CONFECCIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO PROBETA	ÁREA NETA	KN	Mpa
MUESTRA 1	VIERNES 23 NOV	VIERNES 7 DIC	12,23 KG	36.100	107,0	**3,13**
MUESTRA 2			12,8 KG	36.100	190,4	**5,03**
MUESTRA 3			12,37 KG	36.100	126,3	**3,51**

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Conductividad y Resistencia térmica Obtenida

Tabla 5.2. Resistencia térmica bloques confeccionados.

	Conductividad (U)	Resistencia T (RT)
bloque Patrón	2,8 [W/m²*K]	0,36 [m²*K/W]
Vermiculita 10%	1,8 [W/m²*K]	0,55 [m²*K/W]
Vermiculita 15%	1,6 [W/m²*K]	0,61 [m²*K/W]
Vermiculita 20%	1,5 [W/m²*K]	0,67 [m²*K/W]

Fuente: Citec UBB

La disminución en la conductividad térmica al agregar vermiculita en la mezcla se debe, gracias a su exfoliación generándose pequeñas cámaras de aire, por lo que al momento de realizar la mezcla, queda con una gran cantidad huecos y poros interiores generando una baja en la conductividad cumpliéndose de cierta medida la hipótesis.

5.2.Análisis de Resultados

5.2.1. Resultados de ensayos de compresion

Según la norma chilena, al momento de ensayar la resistencia mínima a la compresión en los bloques huecos de hormigón, calculada sobre el área total de la base incluidos los huecos deben ser capaces de soportar como mínimo 3,5 MPa en ensayos de resistencia a la compresión para muestras individuales, mientras que para ensayos de 3 bloques debe resistir 4,5 MPa. Por lo tanto se determinó una resistencia base de 4,5 MPa.

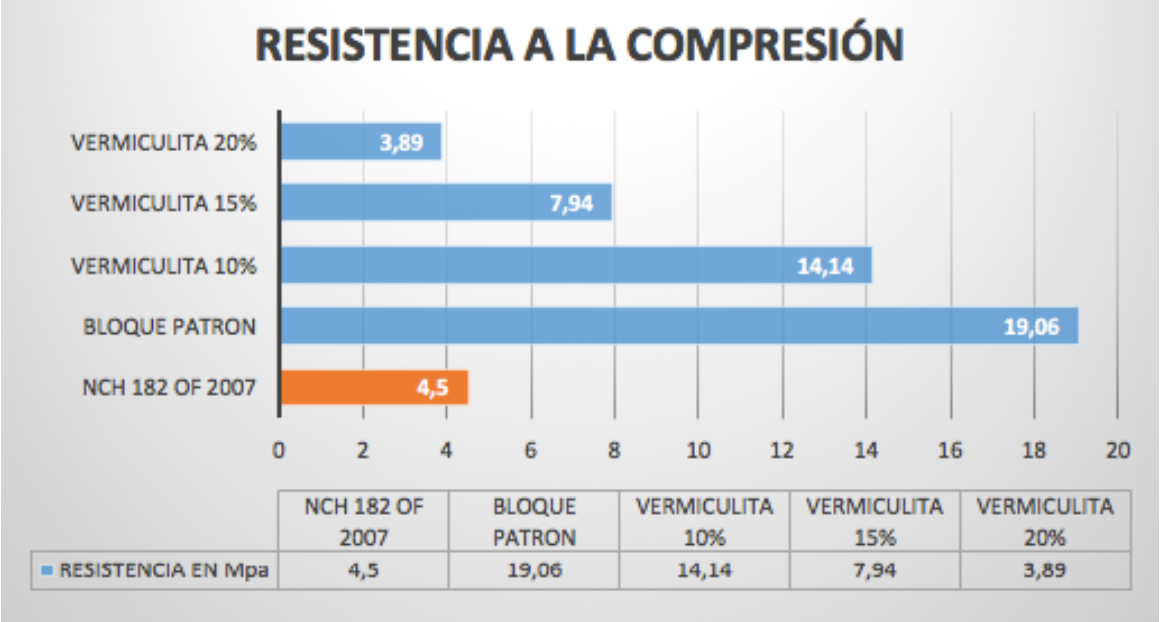
Imagen 5.1. Resistencia Mínima a la Compresión.

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION	
	PROMEDIO DE 5 BLOQUES kg/cm²	INVIDUAL MINIMO kg/cm²
A	45	35
B	22,5	17,5

fuente: Nch 181 Of. 2007

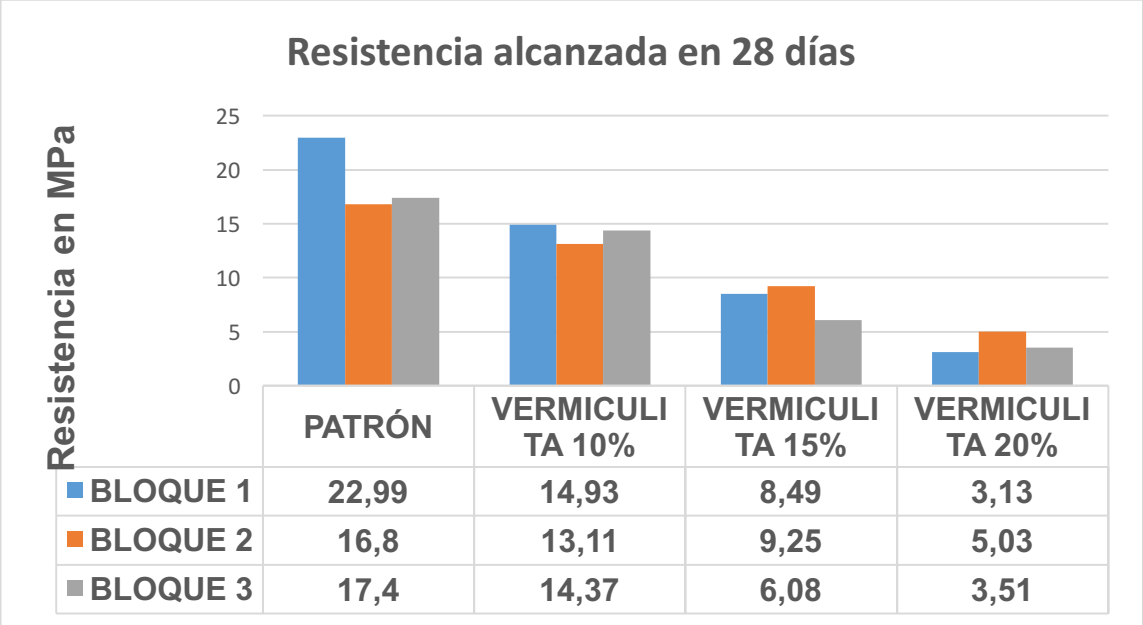
De acuerdo a la norma se los resultados obtenidos se expresan en los siguientes gráficos.

Grafico 5.1. Resistencias a la compresión bloques ensayados.



fuente: elaboración Propia

Grafico 5.2. Resistencias a la compresión curado de 28 días.



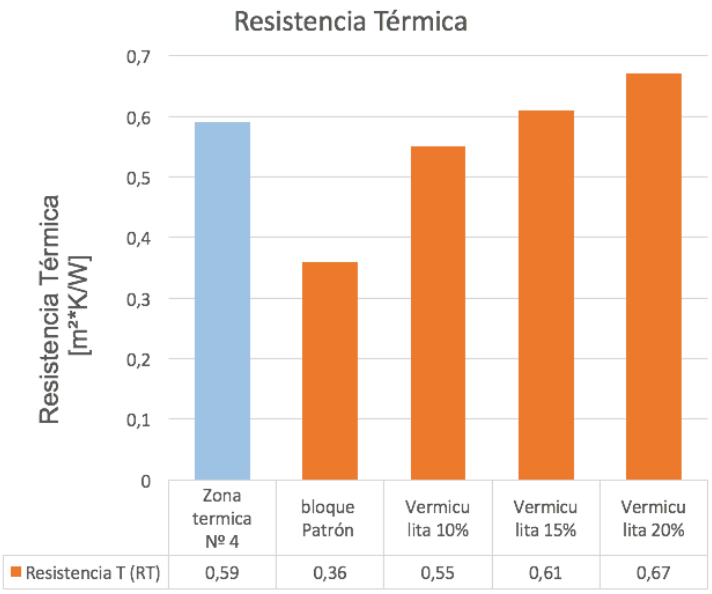
	PATRÓN	VERMICULITA 10%	VERMICULITA 15%	VERMICULITA 20%
BLOQUE 1	22,99	14,93	8,49	3,13
BLOQUE 2	16,8	13,11	9,25	5,03
BLOQUE 3	17,4	14,37	6,08	3,51

fuente: elaboración Propia

5.2.2. Resultados de ensayos de propiedades termicas.

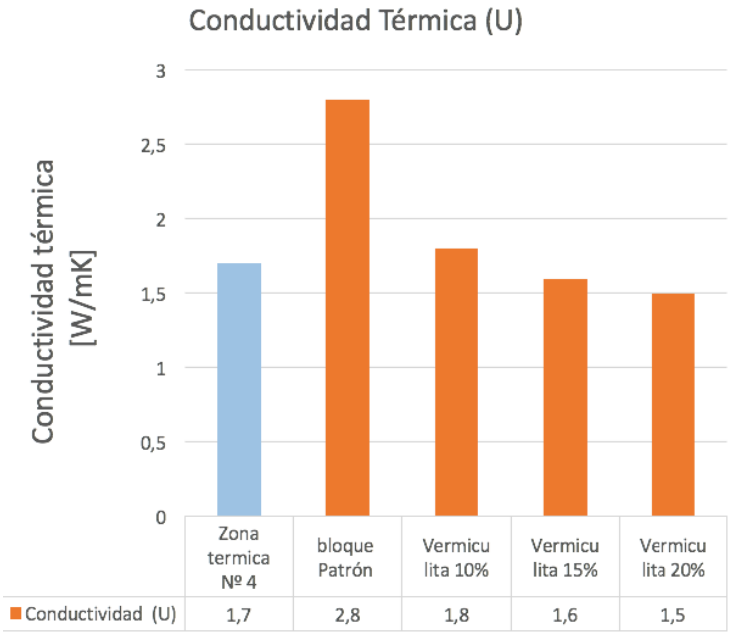
La disminución en la conductividad térmica al agregar vermiculita en la mezcla se debe, gracias a su exfoliaciónón generándose pequeñas cámaras de aire, por lo que al momento de realizar la mezcla, queda con una gran cantidad huecos y poros interiores generando una baja en la conductividad cumpliéndose de cierta medida la hipótesis.

Grafico 5.3. Resistencia térmica obtenida



fuente: elaboración Propia

Grafico 5.4. Conductividad térmica obtenida



fuente: elaboración Propia

5.3. Conclusiónes.

Durante el desarrollo de este trabajo de título se determinó la influencia de la vermiculita sobre las variables de conductividad térmica y resistencia mecánica a la compresión en un bloque de hormigón.

Se concluyó utilizar vermiculita como material de agregado debido a su buena conductividad térmica (0,07 [w/mk]) y a su baja densidad de 100 [kg/m³], propiedades que al ser incorporadas remplazando parcialmente el arido fino de la mezcla de hormigón generarian un bloque con mejor conductividad termica de menor masa y que conserva sus dimensiones.

Se propone el diseño de un bloque de hormigón con agregado para mejorar sus condiciones térmicas, puesto que el actual bloque no cumple con las condiciones térmicas establecidas, en este diseño se tomaron en consideración aspectos de resistencia y grado de exposición para la zona nª4 del país, con apoyo del método ACI y con la norma chilena NCh 170 of 2014.

Con los resultados obtenidos a través de los distintos ensayos realizados, se pudo establecer que la máxima incorporación de vermiculita a la mezcla seria de un 15%, disminuyendo drásticamente su conductividad térmica y manteniendo la resistencia mecánica establecida por la norma NCh 181 of 2007

Se determinó que todas las muestras con agregado de vermiculita presentan aumentos en resistencia térmica de entre 53% y 86%, disminuciones en conductividad térmica entre 55% y 64%. Por otro lado se logró obtener las resistencias mecánicas solicitas por la norma en los bloques con agregado de 10% y 15% de vermiculita.

BIBLIOGRAFIA

Bustamante , W., Rozas , Y., & Cepeda, R. (2009). *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social.* Minvu. Santiago: Minvu.

Aviles, M. A., Erbez, A. J., & Sanchez, P. J. (2003). *Aplicación de las vermiculitas de Andalucía a la síntesis de cerámicas avanzadas.* Sevilla.

Bañon Blázquez, L. (2011). *Componentes del Hormigón.* Alicante: Alianza Editorial.

Citec UBB. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos.* Concepción.

Comité CTN 83- Hormigón. (1996). *UNE 83481:1996 EX Adiciones al hormigón.*

Escorias granuladas molidas de horno alto. Recomendaciiones de uso para las escorias granuladas molidas utilizadas en los hormigones y morteros fabricados con cemento portland tipo I. Madrid: UNE.

Comite CTN 83- Hormigón. (2012). *UNE-EN 998-2:2012 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería.* Madrid: UNE.

Díaz, A., Castro, G., & Sarquíz, P. (2012). *Cuantificación a nivel experimental de la expansón térmica de la Vermiculita.* La Serena: Executive Business School.

Ecohabitar. (2008). Materiales Aislamiento. *Ficha Bioconstrucción*, 2-3.

Equipo cdt Concepcion. (2016). *Manual de (Re) acondicionamiento térmico.*

Concepción: MSc Construction Management.

Formosa, J. (2012). *Formulaciones de nuevos morteros y cementos especiales basados en subproductos de magnesio.* Barcelona.

Gonzáles, M. (2017). Futuro Centro de Innovación en Construcción con Hormigón. *Hormigón al día*, 33.

Hernández Sampieri, R., Fernández , C. C., & Baptista, L. M. (2010). *Metodología de la investigación.* México D.F.: Mc Grau Hill/Interamericana Editores S.A.

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. (1988). *Compendio de tecnología del hormigón.*

Instituto Nacional de Estadísticas. (2011). *Edificación, Informe anual 2011.* Santiago: INE.

Instituto Nacional de Estadísticas. (2014). *Edificación, informe anual 2014.* Santiago: INE.

Instituto nacional de la construcción. (2006). *Manual de aplicación, reglamentación térmica.* Santiago: Editorial Mart.

Instituto Nacional de Normalización. (1968). *NCh 148 Of.1968 Cemento- Terminología, clasificación y especificaciones generales.* Santiago: INN.
Instituto Nacional de Normalización. (1985). *NCh 170.Of85 Hormigón- Requisitos generales.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2001). *NCh2256/1. Of 2001Morteros- Parte 1: Requisitos generales.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2006). *NCh 181-2006 Bloques de hormigón para uso estructural- Requisitos generales.* Santiago: INE.

Instituto Nacional de Normalización. (2008). *NCh851.Of2008 Aislación térmica- Determinación de propiedades de transmisión térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas- Cámara térmica calibrada y de guarda.* Santiago: INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2009). *NCh 1928mod.2009 Albañileria armanda- Requisitos para el diseño y cálculo.* Santiago: INN.

Junco, C. (2012). *Morteros aligerados con residuos de espumas rígidas de poliuretano Obtención, caracterización y puesta en obra.* Burgos.

Marcos, C. (2000). *Productos resultantes de vermiculitas expandidas térmicamentes a 1000 °C.* Coruña: Cadernos Lab.

Martínez Duguet, A. E. (2009). *Análisis comparativo de costos entre albañilería de bloques macizos de hormigón celular y bloques huecos de hormigón de cemento.* Valdivia.

Más A., T., Vallejo Hernández , A., & González Pérez, G. (1996). *Fábrica de bloques de hormigón.*

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2006). *Bases Licitacion de mecanismos para el reacondicionamiento térmico del parque de viviendas en Chile.* Santiago: MINVU.

Ministerio de vivienda y urbanismo. (2007). *Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico.* Santiago.

Monrroy, M. M. (2006). *Manual de calor* (Vol. 2). Las Palmas, España.

O. Escorcia, R. G. (2012). *Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile.* Informes para la construcción.

Ossandon, L. (2007). *Evaluación de la implementación del sistema mortarless como alternativa de vivienda de construcción en Chile.* Santiago.

Real academia española. (2011). *Diccionario de la lengua española.* Madrid: Editorial Anagrama.

Schackow , A., Effting, C., Folgueras, M., Güths, S., & Mendes, G. (2014). Mechanical and thermal properties of lightweight concretes with vermiculite and EPS using air-entraining agent. *Construction and Building Materials*, 190-197.

SIKA S.A. (2010). *Manual del Hormigón.* Santiago: Sika.

Suvorov, S., & Skurikhin, V. (2003). *Vermiculite — A promising material for high- temperature heat insulation .* Massachusetts.

Tébar, D. G. (1994). Aditivos para el hormigón. Calidad y normativa. En C. s. científicas, *Materiales de construcción* (págs. 45-60). Madrid.

Zabaleta, H. (1991). *Albañilerías armadas de bloques.*