



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

**"MORTERO PARA ESTUCO CON AGREGADO
DE MUSGO SPHAGNUM DESHIDRATADO,
PARA EL MEJORAMIENTO TÉRMICO -
ACÚSTICO PARA VIVIENDAS DE
ALBAÑILERÍA DE LADRILLO"**

**POR
HANS HOFMANN MALDONADO**

**Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la
Construcción y al Título de Ingeniero en Constructor.**

Profesor Guía: Juan Egaña.

Valparaíso, 2016

Para mi Madre, Tías y Abuela.

Dedicada para mi familia y en especial para mi madre, madrina y abuela, que estuvieron a mi lado apoyándome durante este largo proceso...

Gracias por toda su entrega y por ayudarme a cumplir con mis metas y sueños, las amo y estaré eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y carrera universitaria, estaré eternamente agradecido ya que sin su esfuerzo, entrega y dedicación hubiese sido imposible estar aquí el día de hoy.

A mi madre Nilsa y abuela Blanca, por todo el cariño y ayuda que me han entregado en la vida, gracias por su preocupación y también le doy las gracias al Juan y mis hermanos por estar presente y apoyándome en los buenos y malos momentos.

A mi tía y madrina M. Verónica, por toda la ayuda, compromiso y cariño, que me ha brindado desde pequeño. Gracias por considerarme como si fuera un hijo más, sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible, guardare por siempre en mi corazón el amor de madre que me entregado hasta el día de hoy

A mis tías, tíos, primas y primos por su buena disposición, ayuda y cooperación que han tenido durante este tiempo. Siempre han estado presentes y dispuestos a apoyarme sin importar las circunstancias. Gracias por ayudarme a cumplir uno de mis más anhelados sueños, el de tener la oportunidad de estudiar y vivir en el extranjero, los quiero demasiado.

A Emperatriz, nuestra secretaria estrella, por toda la dedicación y tiempo que nos brinda a cada uno de nosotros como estudiantes, de verdad admiro totalmente su capacidad de entrega y compromiso. Gracias por ayudarme y salvarme en tantas ocasiones, de verdad nos arregla y alegra la vida a todos los regalones.

A mi profesor guía Juan Egaña y a todos los profesores con los que tuve la oportunidad de tener clases. Gracias por enseñarme y mostrarme los conocimientos que me permitirán ser un profesional competente el día de mañana.

A Fabiola por toda la disposición y ayuda para resolver mis dudas académicas y a Víctor Escudero por la ayuda, simpatía y buena disposición entregada en el periodo que lleve a cabo mi trabajo de tesis en los laboratorios de la Universidad.

A Pedro Daneri por la ayuda y cariño de hermano que me entrego durante los años que estuve en la universidad, de verdad gracias por estar presente en las buenas y en las malas. También a mi compañera Nicol Fuentes por toda la dedicación, cariño y paciencia, ya que sin su ayuda y apoyo hubiera sido realmente difícil crecer y salir adelante durante estos últimos 6 años.

Les deseo éxito y lo mejor del mundo a todos, un afectuoso abrazo, siempre los tendré presente y tendrán un lugar especial dentro de mi corazón...

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Exigencias de transmitancias térmica y resistencia térmica total indicadas por la O.G.U.C. (Minvu, 2007).	21
Tabla 2. 2: Conductividad térmica para algunos materiales.....	27
Tabla 3. 1: Características del ladrillo Titán Reforzado Estructural (TRE).	34
Tabla 3. 2: Clasificación de los cementos según su composición	35
Tabla 3. 3: Características específicas para los cementos nacionales.	35
Tabla 3. 4: Propiedades fisicoquímicas del Musgo Sphagnum.	36
Tabla 3. 5: Tipos granulométricos de arena.	37
Tabla 3. 6: Diseño factorial o experimental	44
Tabla 3. 7: Dosificación de mezclas de morteros.	45
Tabla 4. 1: Granulometría de la arena.	48
Tabla 4. 2: Características de la muestra de ensayo, resultados procedimientos de medición NCh 1239 of 77	49
Tabla 4. 3: Densidad real y absorción de agua, Expresión de resultados de densidad y absorción según NCh 1239 of 77.	50
Tabla 4. 4: Granulometría musgo sphagnum.....	51
Tabla 4. 5: Capacidad de retención de agua del musgo sphagnum.	52
Tabla 4. 6: Registro de muestras en estado seco y húmedo.	53
Tabla 4.7: Registro de masa húmeda en un tiempo determinado.....	54
Tabla 4. 8: Densidad aparente del musgo deshidratado.	56
Tabla 4. 9: Dosificación de mezclas de mortero	56
Tabla 4. 10: Resultados ensayo de consistencia.	57
Tabla 4. 11: Dosificación mortero para ensayo de retentividad.	59
Tabla 4. 12: % de agua retenido por las diferentes mezclas.....	60
Tabla 4. 13: peso promedio probetas RILEM.	62
Tabla 4. 14: Densidad de las distintas mezclas de morteros.	63
Tabla 4. 15: Ensayo de Flexión, NCh 2256 of 2001.	64
Tabla 4. 16: Ensayo de Compresión, NCh 2256 of 2001.	66
Tabla 4. 17: Tabla cuadro resumen ensayos físicos y mecánicos.	69
Tabla 4. 18: Resultados ensayo de aislacion termica realizado al bloque de albañileria sin ningun tipo de estuco. Fuente: Elaboracion propia, 2016.	74
Tabla 4. 19: Resultados ensayo de aislacion termica. Fuente: Elaboracion propia, 2016....	79
Tabla 4. 20: Resultados ensayo de aislacion termica utilizando muestra patron. Fuente: Elaboracion propia, 2016.....	83
Tabla 4. 21: Resultados ensayo de aislacion termica, utilizando la mezlca patron. Fuente: Elaboracion propia, 2016.....	87
Tabla 4. 22: Resultados ensayo de aislacion termica, utilizando, la mezcla 60/40 de arena/musgo. Fuente: Elaboracion propia, 2016.	92
Tabla 4. 23: Resultados ensayo de aislacion termica. Fuente: Elaboracion propia, 2016....	96

Tabla 4. 24: Resumen temperaturas (°C) de los ensayos térmicos de los tres tipos de bloques de albañilería realizado en la cámara térmica.	97
Tabla 4. 25: registro de la presión sonora registrada por el sonómetro mediante el software PASCO Caspone.	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Transmisión de calor en un muro.....	22
Figura 3. 1: Diagrama del programa experimental.....	33
Figura 3. 2: Ensayo de Compresión y Flexión en probeta RILEM.	38
Figura 3. 3: Relación asentamiento de cono v/s escurrimiento mesa sacudidas.	39
Figura 3. 4: Molde anillo, dimensiones en mm. Norma DIN 18555 parte 7.....	43
Figura 3. 5: Disposición de aparatos ensayo de retentividad.	43
Figura 4. 1: Tamices utilizados para ensayo granulométrico.	47
Figura 4. 2: Grafico granulometría de la arena.....	48
Figura 4. 3: (A) Molde Cónico, (B) proceso de conseguir cono con talud natural.	49
Figura 4. 4: Distintas granulometrías de Musgo Sphagnum	50
Figura 4. 5: (A) Muestras en recipientes con agua, (B) Eliminación de exceso de agua de las muestras con ayuda de un colador.....	52
Figura 4. 6: Porcentaje de agua absorbida por cada gramo de musgo deshidratado.	53
Figura 4. 7: Curva de Absorción	54
Figura 4. 8: Vaso graduado con muestra seca (1000ml)	55
Figura 4. 9: (A) Mezcla introducida en el molde, (B) retiro del molde cónico, (C) mezcla ya ensayada con 25 golpes.	57
Figura 4. 10: Mortero con un 10% de musgo.....	58
Figura 4. 11: Consistencia y rangos de fluidez del mortero.	58
Figura 4. 12: Implementos utilizados en el ensayo; (a) anillo, (b) gasa, (c) papel absorbente, (d) anillo1, (e) anillo2, (f) anillo + mortero, (g) muestra ensamblada.....	59
Figura 4. 13: Retentividad de agua para las distintas mezclas de mortero.	61
Figura 4. 14: (a) Probeta RILEM confeccionada, (b) desmoldando probetas, (c, d) Probetas ya desmoldada	62
Figura 4. 15: Densidad de las mezclas de mortero.....	63
Figura 4. 16: (a), (b), (c) Secuencia del procedimiento ensayo de flexión, probeta RILEM con 70/30 porcentaje de arena/musgo.	64
Figura 4. 17: Disminución de la resistencia a la flexión.	65
Figura 4. 18: (A) Probetas ensayadas a la compresión, (B) izquierda probeta patrón, derecha probeta 60/40 porcentaje arena/musgo.	65
Figura 4. 19: Probeta de la muestra patrón sometida a ensayo de compresión.	66
Figura 4. 20: disminución de la resistencia a la compresión	67
Figura 4. 21: Resistencia a la compresión de las probetas según cumplimiento de la	68
Figura 4. 22: Detalle de restos de probetas ensayadas a la flexión y compresión, en una relación 60/40 de arena musgo incorporado en la mezcla.....	68
Figura 4. 23: (a) Matriz con bloque de albañilería puntereadado, (b) aplicación del mortero de estuco, comprobando la adherencia de la mezcla.....	70
Figura 4. 24: (a) bloque de albañilería dispuesto dentro de la cámara, (b) sensores, (c) panel emisor de calor, (d) máquina, (e) cámara de ensayo.	71

Figura 4. 25: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañileria sin estuco ensayado en la camara.	75
Figura 4. 26: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en amboss espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4, en el bloque de albañileria sin estucar.	79
Figura 4. 27: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañileria ensayado en la camara termica utilizando mortero con mezcla patron.	84
Figura 4. 28: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en amboss espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4, en el bloque de albañileria donde se empleo la muestra patron	88
Figura 4. 29: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañileria ensayado en la camara termica.	92
Figura 4. 30: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en amboss espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4.....	96
Figura 4. 31: Grafico comportamiento diferencial de temperatura T1-T2.....	99
Figura 4. 32: Grafico comportamiento diferencial de temperatura T3-T4.....	100
Figura 4. 33: (a) ubicación parlantes, (b) ubicación sonómetro dentro de la cámara de aislación.....	101
Figura 4. 34: Representación gráfica de los distintos ensayos realizados en la cámara de aislación.....	103

RESUMEN

En Chile el 26% de energía se consume en el sector residencial-comercial-publico, de los cuales el 79% corresponde al sector residencial. Estos valores energéticos son utilizados principalmente en las viviendas del país para:

- Calefacción (56%)
- Agua caliente sanitaria (18%)
- Cocina (8%)

Con esto se aprecia que el mayor gasto energético de nuestros hogares se produce en la calefacción de esta. Esto repercute directamente en los ingresos del grupo familiar, y frente a los eventuales problemas económicos que presentan algunas familias y la incapacidad de solventar este tipo de gastos, termina traducéndose en otros problemas lo que afecta la calidad de vida de muchas personas.

Por eso es necesario optimizar nuestros recursos y evaluar otro tipo de alternativas que nos permitan mejorar nuestras viviendas alcanzando la eficiencia energética de estas.

En la actualidad unos de los materiales más utilizados en la construcción de viviendas es el ladrillo de cerámico. El cual tiene un desempeño admisible como aislante, pero requiero de algún revestimiento el cual le brinde parámetros más cercanos al confort térmico que requieren las personas en las distintas épocas de año

Por ende de la presente investigación pretende evaluar el comportamiento y desempeño de un mortero de estuco continuo, al cual se le incorporo un agregado de musgo sphagnum deshidratado, con el objetivo de aumentar las propiedades aislantes térmicas y acústicas del mortero de estuco, utilizado en las viviendas de albañilería de ladrillo.

La investigación permitió concluir que este nuevo mortero, cumple con las características requeridas y especificados en las NCh 2256 Of 2001, lo que nos permite utilizar este estuco en las viviendas de albañilería de ladrillo, sin embargo este mortero no presenta mejoras de aislación térmica y acústica.

Sin embargo en el desarrollo de la investigación se pudo apreciar que la incorporación de este material en la mezcla, beneficia de otras formas al mortero, brindando un importante incremento en la retentividad, una baja densidad y mejoras en el proceso de curado interno del mortero. Lo cual nos permitiría a futuro abordar otro tipo de investigación utilizando este material en la elaboración de los morteros para sus distintas aplicaciones.

Aislación, Térmica -Acústica, Viviendas Albañilería, Calefacción, Consumo de Energía, Gasto Energético.

ABSTRACT

In Chile, 26% of the energy is consumed by the residential-commercial-public sector, which 79% corresponds to the residential sector. These energetic numbers are used mainly in the country's houses with the following purposes:

- Heating (56%)
- Sanitary hot water (18%)
- Cooking (8%)

With the information shown above, it can be seen that the mayor expense in our homes is produced by heating. This affects directly to our family income, and in the eventual economic problems that some families present and the inability to pay for it, it can derive in other problems which affects the life quality of many people.

Because of that, is necessary to optimize our resources and evaluate another type of alternatives that allow us to improve our homes, reaching the energetic efficiency of them.

Now a days, one of the most used materials in house buildings are brick and ceramic, which they have an admissible performance as insulation, but they require an additional lining that gives the most close parameters to technical comfort that people require in the different seasons of the year.

Because of that, the present investigation pretends to evaluate the behavior and performance of a continuous stucco mortar, which has an addition of dehydrated sphagnum moss, with the objective of improve the stucco mortar technical and acoustic isolating properties, used in the bricklaying houses.

The investigation allowed to conclude that this new mortar achieve with the required characteristics and specified in the NCh 2256 OF 2001, which permits us to use this stucco in bricklaying houses, however, this mortar doesn't present thermic and acoustic isolation improvements.

On the other hand, with the investigation development, it can be appreciated that the incorporation of this material in the mixture, benefits the mortar in other ways, giving an important increase in the material retentiveness, a low density and improves the mortar internal cure process. This would allow us to deal with another kind of investigations using this material in the elaboration of mortars different applications in the future.

Isolation, Thermo-acoustic, bricklaying houses, heating, energy consumption, energetic expenses.

INDICE

DEDICATORIA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPITULO I INTRODUCCION	13
1.1 Planteamiento del Problema	14
1.2 Pregunta de investigación	18
1.3 Hipótesis	18
1.4 Objetivos de la investigación	18
1.4.1 Objetivo general.	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 Alcances	18
CAPITULO II ANTECEDENTES GENERALES	19
2.1 Viviendas de albañilería	20
2.1.1 Problemáticas de las viviendas de albañilería de ladrillo.	21
2.2 Conceptos generales de resistencias y transmitancia térmicas vinculadas a la construcción	22
2.2.1 Transmisión del calor	22
2.2.2 Conductividad térmica	25
2.3 Incidencia de λ en el cumplimiento de las exigencias de confort.	26
2.3.1 Confort y sensación térmica	26
2.3.2 Comportamiento térmico de edificios	28
CAPITULO III PROGRAMA EXPERIMENTAL	31
3.1 Metodología de investigación	31
3.2 Selección de los Materiales.	34
3.2.1 Ladrillo	34

3.2.2	Cemento.	35
3.2.3	Musgo Sphagnum Deshidratado.	36
3.2.4	Áridos.	36
3.2.5	Cal	37
3.2.6	Agua.	37
3.3	Ensayos.	37
3.3.1	Ensayos mecánicos y físicos NCh 2256 of 01	38
3.3.1.1	Resistencia Mecánica	38
3.3.1.2	Consistencia	38
3.3.1.3	Retentividad	39
3.3.2	Ensayos Físicos de aislación térmico - acústico.	43
3.4	Diseño del Mortero.	44
3.4.1	Dosificación.	44
3.4.2	Procedimiento de mezclado del mortero para estuco	45
CAPITULO IV ANALISIS DE RESULTADOS		46
4.1	Presentación de resultados preliminares a la confección de la mezcla	46
4.1.1	Granulometría de la arena	47
4.1.2	Determinación de densidad real y absorción de la arena	48
4.1.3	Granulometría Musgo Sphagnum	50
4.1.4	Capacidad de absorción de agua del musgo	51
4.1.6	Variación de peso en relación de su capacidad de absorción del musgo.	52
4.1.5	Curva de Absorción.....	53
4.1.6	Densidad aparente del musgo.....	54
4.1.7	Dosificación de mortero	56
4.2	Resultados de ensayos mecánicos y físicos.....	56
4.2.1	Ensayo de consistencia.....	56
4.2.2	Ensayo de retentividad	59
4.2.3	Ensayo de resistencia a la flexión y compresión.....	61
4.2.3.1	Densidades aparente probetas RILEM.....	62
4.2.3.2	Ensayo de Flexión Probetas RILEM.....	63
4.2.3.3	Ensayo de Flexión Probetas RILEM.....	65

4.2.4	Ensayo de Aislación térmico y acústico.....	69
4.2.4.1	Ensayo Térmico.....	70
4.2.4.2	Resumen de resultados del ensayo térmico.....	97
4.2.4.2	Ensayo Acústico.....	100
4.3	Análisis de resultados	104
CAPITULO V CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....		107
5.1	Conclusiones	108
5.2	Investigaciones futuras	108
5.3	Bibliografía.	109

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del Problema

El crecimiento demográfico y económico son el principal vector de la demanda energética del mundo especialmente en los países que se encuentran en vías de desarrollo (Pascual, 2009). En Chile, a diferencia de la tendencia mundial, el crecimiento de la economía implica consumir más energía. En promedio el consumo de energía casi ha duplicado las tasas de crecimiento económico anuales. Esta situación está generando despilfarro de recursos naturales, mayor gasto en los hogares, menor competitividad en el sector productivo y mayor contaminación (Bustamante, 2005). Solo en el sector residencial se consume alrededor 21,3% del consumo energético total del país, cifra que va en aumento. Esto se ve influenciado por el escaso conocimiento en lo que respecta a eficiencia energética (Comisión Nacional de Energía, 2008). Otro factor que influye, es el tipo de materiales que utilizamos en la construcción.

La albañilería es la materialidad de construcción más utilizada en Chile, en donde representaba aproximadamente el 53% de las viviendas construidas en el país hace casi una década (Mideplan, CASEN 2006). Estimándose hoy en día que el porcentaje de edificaciones realizadas con este material alcanza el 89.5% (XVII Bienal de Arquitectura, 2010). A pesar de que las construcciones de albañilería presentan cualidades ventajosas conocidas por todos, como su buen comportamiento estructural frente a las diversas solicitaciones de la naturaleza, su resistencia al fuego, bajos costos de mantención, su fácil manipulación por su bajo peso propio en relación a su tamaño, y las excelentes terminaciones a la vista que otorga, entre muchas más; pero presenta un comportamiento limitado en lo que concierne a temas térmicos y acústicos.

En Chile, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones ha sufrido diversas modificaciones, sobre todo en relación a la aislación acústica y térmica para ajustarse a los nuevos tiempos y tecnologías que se han desarrollado (Lacoste, 2005). Cuando hablamos de eficiencia energética nos referimos a optimizar la relación entre la cantidad de energía que se consume y los productos o servicios que se obtienen. En 20 años más, el consumo energético del país se triplicará, lo que hace imprescindible hacer cada vez más eficiente su utilización. Chile, ha avanzado mucho en este campo. El año 2009, la demanda eléctrica prácticamente no creció en el Sistema Interconectado Central (SIC) respecto al 2008. Si bien es cierto que la crisis económica mundial afectó el crecimiento del país en el período, también es posible constatar que las familias chilenas están cambiando sus hábitos de consumo de la energía (Ministerio de Energía, 2010).

La preocupación por proveer viviendas más económicas a un amplio espectro de la población, considerando además factores de sustentabilidad medio ambiental e innovación tecnológica, ha llevado a algunos países a implementar políticas habitacionales específicas para incentivar el uso de “nuevas” tecnologías constructivas en estas, buscando mejorar aspectos como la eficiencia energética en las construcciones (Alvarado, 2010).

La eficiencia energética es hoy una exigencia normativa en la mayoría de los países. Algunos de estos han avanzado en este aspecto fijando los valores de las transmitancias térmicas máximas o las resistencias térmicas mínimas para los elementos de las construcciones según sus respectivas zonas climáticas. Sin embargo, y más allá de las disposiciones reglamentarias o normativas que rijan en los distintos países, siempre el diseño y tipo de material utilizado en la construcción debe considerar los factores de aislamiento térmico que aseguren los estándares de confort a sus habitantes, así como el aseguramiento de la eficiencia energética, reduciendo los consumos excesivos de energía en acondicionamiento térmico (Staforelli, 2008). En los años 1999 y 2007 entro en vigencia la 1° y 2° parte respectivamente de la actual Reglamentación Térmica, las cuales han establecido progresivos requisitos de acondicionamiento térmico a las viviendas, determinando exigencias para techumbres, muros de cerramiento, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas señalado en el artículo N°4.1.10 (Minvu,2007).

Es claro que el mejor sistema para ahorrar energía en las construcciones es el aislamiento térmico de estos. No obstante el espesor y calidad de los aislantes son importantes a considerar ya que también afectan directamente los aspectos relacionados con el aislamiento acústico. Considerando lo anterior en el año 2005 entra en vigencia la Reglamentación Acústica (art. 4.1.6 OGUC), que establece las normativas la reducción sonora ($R'w$) mínima para muros divisorios en viviendas en donde se establece que los muros estucados por una cara deben cumplir con un mínimo de 46 dB (A) y lo que contemplen estuco por ambas caras del muro de albañilería deben cumplir con un mínimo de 47dB (A) (Minvu, 2005).

Debido a la poco eficiente aislación térmica de nuestras construcciones, el consumo de energía aumenta un 18% en la época invernal (Muñoz, 2012), para compensar este problema solo el año 2011 se necesitaron para satisfacer la demanda energética del sector residencial unas 54.915 Tera Calorías lo que corresponde al 77% del total de consumo de

energía, quedando solo un 23% utilizado por el sector público y comercial, en donde se incluye la utilización de recursos tales como el Petróleo y sus Derivados, Electricidad, Carbón, Gas Corriente, Gas Natural, Leña y sus Derivados. (Balance Nacional de Energía, 2012).

Uno de los principales problemas de las albañilerías es su deficiente capacidad de aislación térmica lo cual se traduce en un gran problema energético (Bustamante et al, 2005). La consecuencia directa de este problema es un alto costo de mantención, que en términos térmicos, se traduce en un elevado gasto en calefacción durante el invierno y elevados gastos en refrigeración durante el verano, o sea, casas altamente ineficientes en lo que a consumo energético se refiere (Salaverry, 2008), debido a esto, es usual ver lo difícil que es para las familias satisfacer las necesidades básicas de calefacción y confort térmico de las viviendas lo que repercute muchas veces en enfermedades e infecciones respiratorias.

Los problemas de salud derivados de problemas respiratorios, son una de las patologías más frecuentes en Chile con una mortalidad importante que afecta a 20 de cada 1000 habitantes, de los cuales el 82% son personas mayores de 75 años, este grupo altamente susceptible debido a condiciones propias del envejecimiento que limitan la capacidad de defensa frente a diferentes microorganismos, (Ministerio de Salud, 2011). Siendo la Neumonía la 5ª causa de muerte en el país en los últimos 10 años, En el 7º lugar aparecen las enfermedades crónicas de las vías respiratorias. Tales estadísticas se ven incrementadas todos los inviernos debido a la incidencia de la mala calefacción (Ministerio de Salud, 2013).

En el ámbito acústico los muros de albañilería tienen un mal comportamiento frente a eventos acústicos, ya que este tipo de material comporta de forma desventajosa frente al sonido que proviene del exterior y el que ya se encuentra en el interior de la habitación. Un ejemplo de los problemas de ruido interior es que las ondas sonoras no pueden pasar efectivamente a través de ladrillo, por lo general éstas se reflejan en el mismo, Esto causa un efecto de eco en los cuartos más grandes donde las ondas tienen la distancia suficiente para rebotar en la pared y viajar de nuevo hacia los oídos de las personas, (Lidón, 2001). Debido a este tipo de eventos y otros más, existen miles de personas las que conviven a diario con ruidos que superan los sesenta y cinco decibelios, el umbral de ruido diurno establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estamos tan acostumbrados a soportar el ruido que nos rodea, que no somos conscientes de las consecuencias que puede tener para nuestra salud. Sin embargo, según datos de la OMS se calcula que cada año se pierden 587.000 años de vida ajustados por discapacidad sólo debido a las molestias que produce el ruido. “A estos hay que sumar hasta un millón de años perdidos por trastornos

del sueño provocados por el ruido o 61.000 por cardiopatía isquémica” (Jesús De La Osa, 2007).

Bajo este contexto, en esta investigación se propone una alternativa para solucionar este tipo de problemas en la albañilería, elaborando un mortero de estuco con agregado de musgo deshidratado que mejore las cualidades térmicas y acústica de las viviendas de albañilería, para así lograr solucionar las problemáticas que aquejan a estas viviendas, y por tanto mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

1.2 Pregunta de investigación

¿Es posible que a través de la incorporación de Musgo Sphagnum en mortero de estuco, se pueda mejorar la capacidad térmica y acústica en las viviendas de albañilería de ladrillo?

1.3 Hipótesis

El estuco con incorporación de Musgo Sphagnum deshidratado mejora el desempeño térmico y acústico de las viviendas de albañilería, cumpliendo con la normativa de morteros y la reglamentación térmica que rige en la Región de Valparaíso.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general.

- ❖ Elaboración de un mortero para estuco con agregado de Musgo Sphagnum deshidratado, para el mejoramiento térmico-acústico de viviendas de albañilería de ladrillo.

1.4.2 Objetivos específicos.

- ❖ Conocer el desempeño físico del mortero con agregado de musgo deshidratado.
- ❖ Evaluar el mortero con agregado de musgo deshidratado como solución aislante para muros de albañilería de ladrillo.
- ❖ Caracterizar el comportamiento del mortero con agregado de musgo deshidratado según la NCh 2256 Of 01/2013.

1.5 Alcances

- ❖ La investigación considera el estudio del mortero utilizado como estuco dejando al margen otras aplicaciones como mortero de junta de albañilería, mortero proyectado, mortero para sobre losas, mortero para reparaciones, rellenos y similares.

- ❖ El estudio será aplicado solo en viviendas de albañilerías de ladrillo.
- ❖ Para el estudio solo se utilizara una variedad de Musgo; el *Sphagnum Magellanicum* (pompón).

CAPITULO II

ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Viviendas de albañilería.

El crecimiento económico sostenido que en Chile ha experimentado en los últimos años, ha generado un fuerte aumento en la demanda por construcción y adquisición de viviendas, las cuales, como consecuencia de un mercado cada vez más exigente y un marco regulatorio más estricto, han venido perfeccionando su estándar de calidad y diseño año a año, tanto las viviendas con subsidios estatales como las de inmobiliarias privadas. Como consecuencia de lo anterior, la albañilería de ladrillos cerámicos industriales se ha posicionado como una de las soluciones favoritas de constructoras y propietarios finales, gracias a sus ventajas estructurales, constructivas, excelente comportamiento frente a sismos y alta valoración como solución sólida y segura, lo que quedó demostrado tras el terremoto del 27 de febrero del 2010 ocurrido en Chile, y por el hecho de que más del 60% de la edificación de casas se construye con ladrillos (ICH, 2010).

El ladrillo usado en la albañilería posee buena conductividad térmica, ya que su valor es alto, esto significa que la transferencia energética desde el interior de la vivienda hacia el medio externo es alta y vice – versa. Los valores de conductividad térmica en los ladrillos de fábrica varían entre 0.297 y 0.475 ($\text{w/m}^{\circ}\text{K}$), con un valor medio aproximado de 0.394 ($\text{w/m}^{\circ}\text{K}$) (Bustamante, et al. 2005). El valor medio de conductividad térmica da como resultado una transmitancia térmica de 1.9 ($\text{w/m}^2^{\circ}\text{K}$), si se compara con la tabla 2.1 este valor cumpliría desde la zona 1 hasta la zona 3 en condiciones ideales.

Zona	U ($\text{w/m}^2^{\circ}\text{K}$)	Rt ($\text{w/m}^{\circ}\text{K}$)
1	4	0.25
2	3	0.33
3	1.9	0.53
4	1.7	0.59
5	1.6	0.63
6	1.1	0.91
7	0.6	0.67

Tabla 2. 1: Exigencias de transmitancias térmica y resistencia térmica total indicadas por la O.G.U.C. (Minvu, 2007).

2.1.1 Problemáticas de las viviendas de albañilería de ladrillo.

Ya es sabido que la política habitacional ha privilegiado el déficit cuantitativo por sobre el cualitativo, acrecentando con la precarias practicas constructivas, superficies constructivas inocuas para el desempeño normal de las personas y los hábitos arraigados en la cultura social de nuestro país, provocando fenómenos y problemas que atentan directamente a los habitantes de estas viviendas, tales como:

a) Condensación

Fenómeno físico que se produce cuando una sustancia gaseosa se transforma en una líquida. Esto ocurre cuando el gas es enfriado hasta su punto de rocío, el vapor solo se condensa cuando la temperatura de dicha superficie es menor que la temperatura del vapor.

En las viviendas de albañilería se produce condensación por diferentes factores: por las emisiones de vapor de agua naturales del ser humano, malos hábitos como: secado de ropa al interior del hogar y el uso de la cocina y baño sin abrir ventanas que permitan ventilación. Malas prácticas de diseño tales como: no contar con las superficies mínimas para la ventilación de los hogares y diseñar viviendas con las mínimas exigencias de superficie, razón por la cual aumenta la presión dentro de estas, haciendo que la temperatura de rocío precipite con mayor facilidad.

b) Enfermedades

Las enfermedades respiratorias son una de las principales causantes de muertes en países sub desarrollados y en vías de desarrollo como el nuestro, estas enfermedades aumentan en las viviendas que no poseen buena ventilación y los cambios de temperatura son recurrentes durante el día, acrecentando con la condensación en los muros y los sistemas de calefacción que infectan aún más el aire contaminado, estas enfermedades respiratorias se acrecientan en la población más pobre del país, la misma que habita las viviendas de carácter social. Además este es un golpe económico para estas familias las cuales tienen ingresos mínimos en donde se privilegian las necesidades básicas.

c) Durabilidad de los materiales

La condensación también afecta la durabilidad de los materiales ya que el vapor de agua precipita principalmente en los paramentos, desgastando las propiedades químicas de estos. Otro factor es el alto valor de conductividad del ladrillo ya que este no aísla la vivienda quedando afectada directamente por el ambiente sin poner mayor oposición.

d) Gastos excesivos de calefacción y ventilación

También producido por la buena conductividad del ladrillo la cual provoca una transmitancia elevada, causando sensación de insatisfacción térmica en los moradores, los cuales tienen que recurrir al uso excesivo de calefacción en invierno y de ventilación en verano, para alcanzar una temperatura confort que les permita desplazarse y realizar sus labores.

2.2 Conceptos generales de resistencias y transmitancia térmicas vinculadas a la construcción

2.2.1 Transmisión del calor

La transmisión de calor por conducción es uno de los fenómenos posibles cuando se trata de analizar cambios térmicos que experimenta un cuerpo, estos cambios tienen su origen debido a una diferencia de temperatura entre dos elementos o entre dos partes de un mismo elemento. Pero estos cambios térmicos no se manifiestan sólo por la conducción, sino que también por otros dos fenómenos como lo son la convección y la radiación.

Cuando nos referimos a cambios producto de la convección nos referimos a cambios que tienen lugar entre la superficie de un cuerpo y el aire que circula en su entorno. Por radiación en cambio, se entiende a cambios entre las superficies de dos cuerpos colocados uno frente a otro. Finalmente, al referirnos a cambios por conducción, estamos considerando los cambios que tienen lugar entre contacto o dos mismo cuerpo apreciar en la figura 2.1.

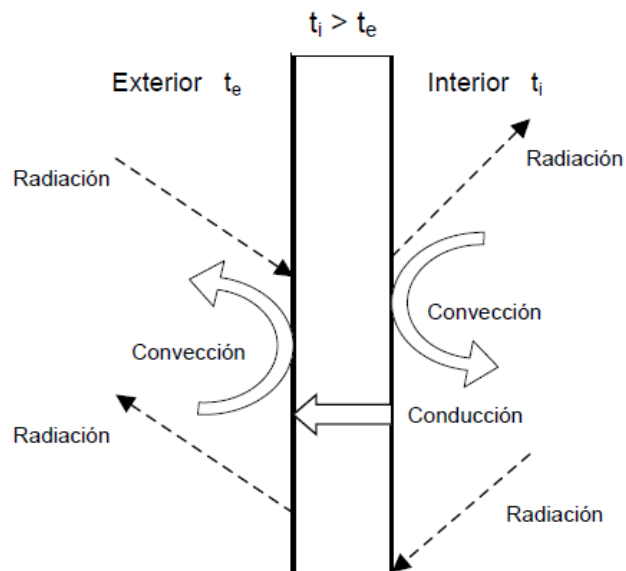


Figura 2. 1: Transmisión de calor en un muro

En los materiales de construcción, la transferencia de calor es considerada como conducción pura, pero como es casi imposible encontrar un material que sea totalmente homogéneo, los cambios de calor se producen también en forma de radiación y convección en sus poros. Es decir, como todos los materiales son porosos, unos más que otros, y estos poros están llenos de aire, ocurre transferencia de calor por radiación y convección, y a la vez, como están constituidos por partículas, se produce conducción.

A continuación se dará una breve descripción de cada uno de estos fenómenos:

a) Convección.

Se tiene que la superficie de un cuerpo se encuentra a una temperatura θ y el aire se encuentra a una temperatura t , suponiendo $t > \theta$. El flujo de calor recibido por la superficie de cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura $(t - \theta)$ y a un coeficiente de convección (αc), tomando la siguiente expresión:

$$q = (t - \theta) \alpha c$$

Siendo las unidades de q [W / m^2], y las de αc [$W / (m^2 \text{ } ^\circ C)$].

Cabe notar que el valor de αc es función de la velocidad del aire, ya sea por convección natural o forzada, y esta velocidad depende a su vez de la orientación de la superficie y del sentido del flujo.

La convección natural es un fenómeno de transporte (materia y energía) que tiene su origen en diferencias de densidad en gases o líquidos. Cuando un fluido se calienta, se expande; con lo cual su densidad disminuye. Si una capa de material más fría y más densa se encuentra encima del material caliente, entonces el material caliente asciende a través del material frío hasta la superficie. El material ascendente disipará su energía en el entorno, se enfriará y su densidad aumentará, con lo cual se hundirá reiniciando el proceso.

b) Radiación.

Consideremos dos superficies 1 y 2 con las temperaturas θ_1 y θ_2 respectivamente, siendo $\theta_2 > \theta_1$. El flujo de calor recibido por la superficie 1 es proporcional a la diferencia de temperaturas ($\theta_2 - \theta_1$), con un coeficiente de radiación (α_r) y un factor de forma (f) correspondiente a la superficie 2. Se obtiene la siguiente expresión:

$$q = (\theta_2 - \theta_1) \alpha_r f$$

El coeficiente α_r está expresado en [$W / (m^2 \text{ } ^\circ C)$], y su valor es función de las emisividades de las dos superficies enfrentadas.

Más formalmente, la radiación es la transferencia de energía medida por ondas electromagnéticas, emanadas por cuerpos calientes y absorbidos por cuerpos fríos. La ley de Stefan-Boltzmann establece que toda materia que se encuentra a una temperatura finita emite una radiación térmica. Esta radiación se origina a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie, la velocidad a la que libera energía por unidad de área [W / m^2] se denomina la potencia emisiva superficial J . Hay un límite superior para la potencia emisiva, que es establecida por la siguiente ley:

$$J = s \times T^4 \text{ [W / m}^2\text{]}$$

Donde T es la temperatura efectiva o sea la temperatura absoluta de la superficie y s es la constante de Stefan Boltzmann, dicha superficie se llama radiador ideal o cuerpo negro.

c) Conducción.

Consideremos un material que tiene dos planos paralelos 1 y 2 que están a temperaturas de θ_1 y θ_2 respectivamente, siendo $\theta_2 > \theta_1$. El flujo de calor que pasa del plano 2 al plano 1 a través del material es proporcional a la diferencia de temperaturas ($\theta_2 - \theta_1$) y a la conductividad térmica del material (λ), e inversamente proporcional al espesor de material atravesado (representado por la letra e). Por lo tanto la expresión de este flujo es:

$$q = (\theta_2 - \theta_1) \lambda / e \text{ [W / m}^2\text{]}$$

La relación e / λ se denomina resistencia térmica del material que separa los planos 1 y 2. Se le representa por la letra r y se expresa en [$(m^2 \text{ } ^\circ C) / W$].

De este modo la expresión puede escribirse:

$$q = (\theta_2 - \theta_1) / r$$

La conducción es la transferencia de energía desde cada porción de materia a la materia adyacente por contacto directo, sin intercambio, mezcla o flujo de cualquier material. La conducción es el único mecanismo de transmisión del calor posible dentro de los medios sólidos.

De acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, el calor pasa siempre de las regiones de mayor temperatura a las de temperatura más baja debido al contacto directo entre moléculas.

Empleando la Ley de Fourier en estado estacionario, se obtiene:

$$\dot{Q} = \lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Donde:

Q: calor difundido por unidad de tiempo, [W].

λ: conductividad térmica, [W / (m K)].

A: superficie a través de la cual tiene lugar la transmisión de calor.

dT: gradiente de temperatura, variación de la temperatura en la dirección dx

2.2.2 Conductividad térmica

La conductividad térmica es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en una unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión finita, de caras planas y paralelas y espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras, según la definición entregada en la norma NCh 853.Of 89.

Las unidades que se emplean son [W / (m K)].

En otras palabras la conductividad térmica es la capacidad que poseen los materiales para dejar pasar el calor, siendo una propiedad intrínseca de cada material.

La norma NCh 853.Of91 entrega valores de conductividad térmica para materiales en estado seco, y a una temperatura media de 20°C. Dichos valores se determinan experimentalmente según el método de la norma NCh 850.Of 83: “Método para la determinación de la conductividad térmica en estado estacionario por medio del anillo de guarda”.

Su valor es función principalmente de la densidad del material, su temperatura y contenido de humedad, y en menor medida de la anisotropía, color y presión atmosférica a la cual se encuentra el material a ensayar.

a) Densidad del material

La densidad está asociada a la cantidad de poros que puede tener un determinado material. El aire quieto es uno de los elementos de más baja conductividad, por lo tanto, al disminuir la densidad se está aumentando la cantidad de poros disminuyendo la conductividad. Pero esta tendencia tiene un límite (densidad óptima), para el cual a partir de cierto valor de densidad la conductividad aumenta debido a que en los poros que ya son de gran tamaño hay convección del aire en su interior.

b) Temperatura

Esta influye aumentando o disminuyendo la efectividad del traspaso de calor, dado que cuanto más alta es, mayor es la conductividad debido al aumento de los choques de moléculas al aumentar su energía cinética y viceversa al bajar la temperatura.

c) Humedad

La presencia de agua en el material aumenta considerablemente su conductividad térmica dado su elevado calor específico y alta conductividad térmica. El agua es aproximadamente 20 veces más conductor térmico que el aire, con lo cual si los materiales absorben humedad empeora su capacidad de aislación.

2.3 Incidencia de λ en el cumplimiento de las exigencias de confort.

2.3.1 Confort y sensación térmica

La diferencia de conductividad térmica explica, por ejemplo, por qué cuando una persona pisa una baldosa en un baño ésta le parece fría, pero si pisa sobre una alfombra de lana o algo parecido, ésta le parece tibia. En realidad, la baldosa y la alfombra están a la misma temperatura, dado que la alfombra está en contacto con las baldosas (si no lo estuvieran, fluiría calor hasta que sus temperaturas se hicieran iguales). Dado que la conductividad térmica de una baldosa (o del cemento, por ejemplo), es cerca de 20 veces la de la lana, en cada segundo el pie pierde unas 20 veces más calor cuando pisa la baldosa que cuando pisa la alfombra. Por eso se tiene la sensación de que la baldosa está fría.

Mientras mayor la conductividad térmica, mejor conductor de calor es el material en consideración. Los metales son buenos conductores de calor, con el orden de 103 a 104 veces más grandes que buenos aislantes, como el asbesto o la lana mineral según se aprecia

en la Tabla 2.2. El aire es un buen aislante también, ello explica la eficacia en evitar la transmisión de calor por conducción que tiene la ropa de lana y las ventanas con doble vidrio. En ambos casos el aire separa los cuerpos. Por otra parte, los tejidos o piel que rodea el cuerpo son buenos aislantes, por lo que la temperatura del cuerpo es relativamente uniforme. Como los tejidos del cuerpo son malos conductores, el interior del cuerpo puede mantenerse caliente incluso en un ambiente frío.

Material	λ [W/(m K)]
Plata	420
Cobre	400
Aluminio	240
Acero	79
Hielo	1,7
Vidrio, hormigón	0,8
Agua	0,59
Músculo animal, grasa	0,2
Madera, asbestos	0,08
Fieltro, lana mineral	0,04
Aire	0,024
Vello	0,019

Tabla 2. 2: Conductividad térmica para algunos materiales.

Los animales han desarrollado diversas técnicas para mantener el calor. Según se ve de la Tabla 2.2, el aire y los vellos son excelentes aislantes térmicos. De allí que muchos animales estén cubiertos de vello. En el caso del ser humano, además, en casos de frío extremo la piel se eriza ("piel de gallina"), con lo que a través del aire adicional atrapado en los vellos erizados, la capa aislante resulta aún más gruesa y efectiva. Nótese que es importante que el aire permanezca atrapado a la piel, puesto que es en ese caso que sirve como aislante térmico pues el aire en movimiento transporta calor, por lo que no sirve como aislante térmico.

En el estudio del confort de edificios es de vital importancia conocer cuáles son los factores que influyen en ella, de modo de poder cuantificar su incidencia sobre el comportamiento que presente la edificación. Un factor muy importante para el acondicionamiento térmico de un edificio es la conductividad térmica de los materiales que forman la envolvente térmica, ya que la resistencia térmica que presenta es fundamentalmente su espesor dividido por la conductividad térmica del material utilizado.

La preocupación de reducir los costos de la construcción al mínimo nos lleva cada vez a tener espesores de muros y losas más delgados. Usualmente sólo se utilizan los espesores mínimos dados por el cálculo estructural, sin considerar que dicho espesor puede

ser insuficiente bajo consideraciones térmicas. Esto lleva a un concepto erróneo de verdadera economía en la construcción pues se ahorra en el costo de la vivienda, pero se puede disminuir su vida útil, aumentar los costos en reparaciones y aumentar los costos en confort (calefacción y aire acondicionado). Con esto se obtienen construcciones de una baja calidad.

La adecuada elección de las propiedades térmicas de los elementos empleados en la construcción y los equipos que se incorporan a la vivienda, tienen por objetivo conseguir tanto en invierno como en verano el confort térmico de los habitantes.

El cuerpo humano interactúa con el ambiente en que habita. El cuerpo humano pierde permanentemente calor según más intensa sea la actividad desarrollada, a mayor exigencia mayor calor necesita liberar. Estas pérdidas oscilan entre 80 kcal/h cuando se está en reposo a 500 kcal/h cuando se realiza una actividad intensa. Estos fenómenos dependen también del metabolismo de cada individuo

Las pérdidas de calor se ven afectadas por el ambiente de la vivienda. Si se tienen temperaturas frías en la vivienda las pérdidas de calor por parte del individuo tenderán a ser elevadas, por el contrario si las temperaturas son calientes las pérdidas tenderán a ser pequeñas. Esto genera un ambiente poco confortable para los moradores.

Los cambios térmicos entre el cuerpo y el ambiente se deben a diferentes fenómenos como lo son los ya mencionados: convección, radiación y conducción, además de la evaporación producto de la transpiración.

En los cambios por convección que tienen lugar entre el cuerpo y el aire, el cuerpo desprende o absorbe calor según que el aire se encuentre más frío o más caliente que él. Los cambios por radiación tienen lugar entre el cuerpo y las paredes y objetos presentes en el entorno, por ende un cambio en la temperatura de los muros debido a un aumento de la conductividad incidirá en una mayor radiación hacia el cuerpo.

2.3.2 Comportamiento térmico de edificios

El confort se obtiene del balance entre las pérdidas o ganancias térmicas con la calefacción o refrigeración respectivamente.

a) Pérdidas

Pérdidas por ventilación (fugas de aire caliente), pérdida a través de la techumbre y muros, pérdida por el suelo, pérdidas por flujo de aire indeseado (infiltración de aire) por rendijas de puertas y ventanas. Las pérdidas por puertas y ventanas que poseen una

resistencia térmica relativamente menores que los muros y techo son por tanto más importantes, dependiendo obviamente de su superficie comparativa.

b) Ganancias

Se presentan en forma de aportaciones por aparatos de calefacción, aparatos que producen calor (cocina, calefón, ampolletas), aportaciones por el calor emitido por los ocupantes del edificio, ganancias por conducción a través de muros y techos en verano, y aportaciones solares a través de superficies acristaladas principalmente por su efecto invernadero.

Las pérdidas a través de las paredes que separan dos ambientes provocan cambios térmicos al interior de la vivienda, ya sea por convección entre la pared y el aire y por radiación entre la pared y las otras paredes, esto se modela mediante un coeficiente superficial de transferencia térmica h [$W / (m^2 K)$], en este caso h_i .

Seguidamente, los cambios térmicos tienen lugar por conducción a través de la pared, y este fenómeno depende de la resistencia térmica de la pared (r), que es igual al cociente entre el espesor y la conductividad térmica. Finalmente los cambios tienen lugar desde la superficie exterior de la pared con el ambiente exterior también función de la convección y la radiación, h_e . Luego la “resistencia térmica total” del muro será: $1/h_i + r + 1/h_e$, siendo este último valor, la oposición a las pérdidas a través de la paredes y elementos de la envolvente. Esencialmente la resistencia térmica está dada por la resistencia térmica de la pared, pues las otras resistencias son pequeñas y prácticamente constantes dependiendo solamente de la velocidad del aire, pero su incidencia es muy poca. El inverso a la resistencia térmica es la transmitancias térmica (U).

Así, se obtiene el factor $GV1$ que es igual a la sumatoria de las transmitancias térmica por la superficie (S) de cada elemento de la envolvente, todo esto, dividido por el volumen de la vivienda (V_t).

$$GV1 = \Sigma (U*S) / V_t$$

De este modo se cuantifican las pérdidas de energía a través de los elementos de la envolvente cuando se tiene una diferencia entre la temperatura interior de la vivienda y la temperatura exterior. Pero no sólo se tienen estas pérdidas, también se tienen pérdidas por renovación de aire. Estas pérdidas son iguales al producto del calor específico del aire ($0,35$ [$W / (m^3 \text{ } ^\circ C)$] por el número de renovaciones de aire (n) por hora en la vivienda, por grado de diferencia de temperatura.

La suma de las diversas pérdidas que se acaba de mencionar, dan lugar a las pérdidas globales de la vivienda. Cada término es proporcional a $(t_i - t_e)$, siendo:

$$G = \Sigma (U \cdot S) / V_t + 0,35 \cdot n$$

Por lo tanto, la pérdida de la vivienda será:

$$P = G V_t (t_i - t_e) \text{ [W]}$$

Y esta pérdida cuantifica la necesidad de calefacción (o refrigeración) de la vivienda.

Debe tenerse presente que, como ya se ha mencionado, la humedad tiene una gran influencia en las condiciones de aislamiento térmico, pues la mayor parte de los materiales de construcción son mucho menos aislantes del calor cuando están húmedos.

CAPITULO III

PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 Metodología de investigación.

La metodología de investigación comienza con el análisis del problema actual, en donde se recurrirá a realizar una revisión bibliográfica. Posteriormente se estudiará toda la normativa que tiene relación directa con la confección, requisitos y tipos de ensayos de los morteros. Después este análisis se procederá a realizar la selección y caracterización de cada uno de los materiales que se utilizaran en el diseño del mortero, luego de estar

definidos estos se confeccionará una dosificación de la cual obtendremos una muestra patrón y otro lote de muestras las cuales se diferenciarán una de otra por el porcentaje de musgo que poseerá cada muestra, estos porcentajes variarán en un 10% del total de la arena a ocupar hasta alcanzar un 40% de reemplazo de arena por musgo en comparación a una muestra tradicional.

Luego de tener nuestra muestra patrón y las muestras con distintos porcentajes de musgo, se procederá a realizar los ensayos descritos en la NCH 2256 of 01, la cual consiste en los ensayos de consistencia, retentividad y resistencia mecánica. De estos ensayos se obtendrá la mezcla óptima de mortero que cumpla con todos los ensayos de la norma y que al mismo tiempo obtenga la mayor cantidad de musgo deshidratado posible.

Se analizará y evaluarán las muestras, verificando si cumplen con los requisitos preestablecidos, en el caso de no cumplir, se deberá volver a realizar una elección de mortero con distinta cantidad de porcentaje de musgo, y en el caso de que si cumpla se procederá a realizar los ensayos físicos, los cuales contemplan analizar el comportamiento aislante térmico y acústico. Luego se procederá a analizar todos los datos obtenidos y se terminará todo este proceso con los análisis y conclusiones correspondientes. Esto se puede apreciar en el esquema de la figura 3.1.

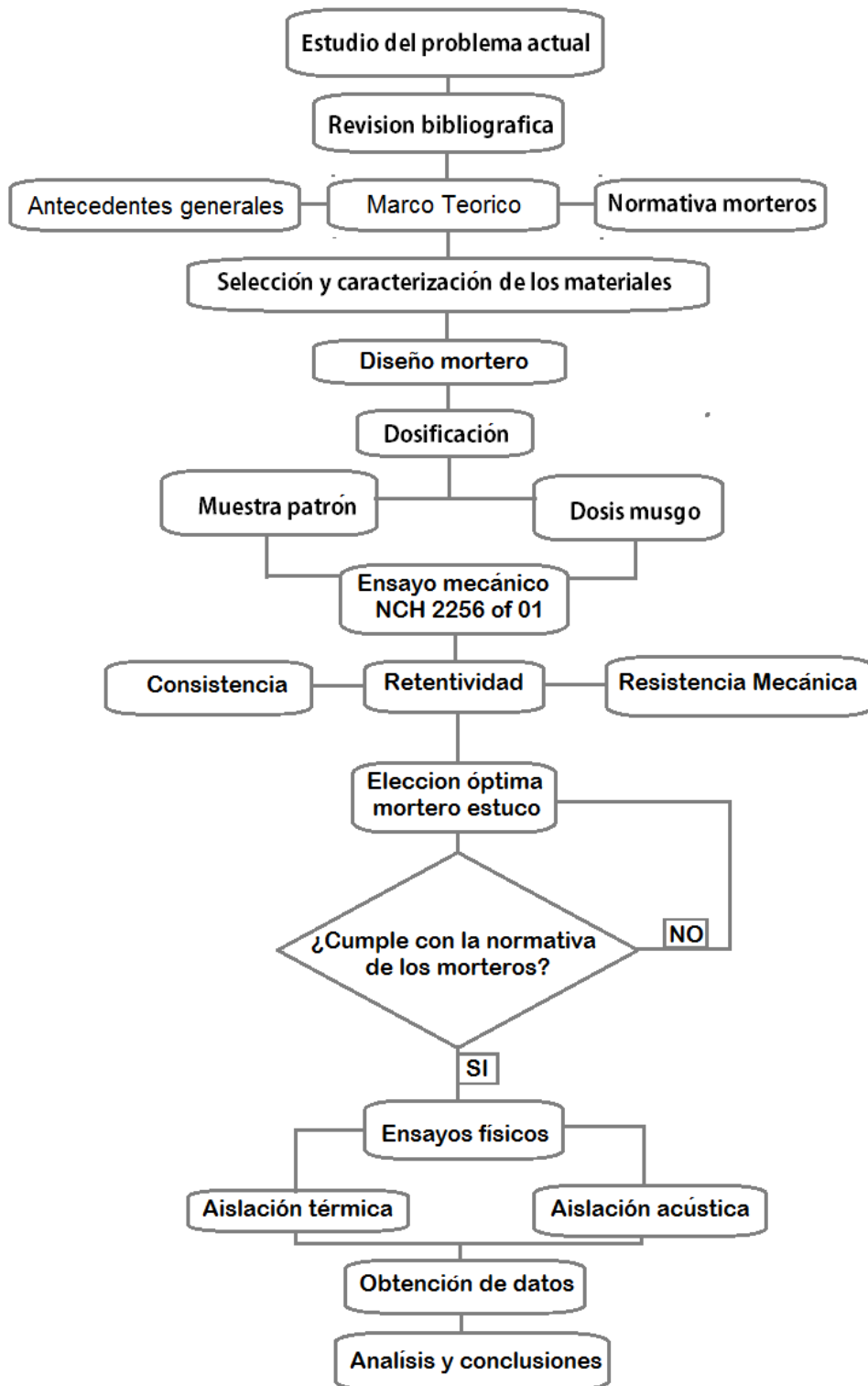


Figura 3. 1: Diagrama del programa experimental.

3.2 Selección de los Materiales.

Se describirá cada material con una pequeña reseña, y se mencionará cuál es la relación e importancia que tiene cada uno de estos con el diseño de la mezcla.

3.2.1 Ladrillo

Para determinar el ladrillo cerámico a utilizar tanto para la confección de las probetas destinadas a ensayar térmicamente, se utilizó el siguiente criterio.

Se seleccionó el ladrillo de mayor venta por parte de la industria de Cerámicas Princesa S.A., que abarca el 35% del mercado Nacional, y que corresponde al ladrillo Titán Reforzado Estructural TRE de dimensiones 29 x 14 x 7.1 cm, el cual tiene una participación en las ventas de esta empresa de un 50%, influyendo este producto en un 17.5% de la demanda nacional de este tipo de elementos, igualando las ventas de su par producido por Cerámicas Santiago, empresa que distribuye un ladrillo de similares características, (Arraigada B., 2002)

Es importante mencionar que el ladrillo Titán Reforzado Estructural (TRE), pertenece a la Línea Muro de la Industria Princesa S.A., y se caracteriza por tener un uso principal en la albañilería armada y confinada, permitiendo por la disposición de sus huecos el paso de tensores y además el paso de canalizaciones eléctricas donde no se consulta armadura vertical. Los detalles de este ladrillo se encuentran en la tabla 3.1.

CARACTERÍSTICAS		TITAN REFORZADO ESTRUCTURAL
Clasificación	MqP, Grado 1	
Identificación	TRE	
Dimensiones	29 x 14 x 7.1 cm	
Peso	2.9 kg.	
Rendimiento: dispuesto de soga	39 Unidades por M2	
Consumo de mortero	67.78 lt/m ²	
Área Hueco mayor	Mayor a 32 cm ²	
Resistencia a la compresión	Mayor a 170 kg/cm ²	
Resistencia al Fuego	F150	
Transmitancia Térmica	1.85 W / m ² °K	
Aislación Acústica	40 Db	

Tabla 3. 1: Características del ladrillo Titán Reforzado Estructural (TRE).

Fuente: "Muros y Tabiques", Industrias Princesa (2003).

3.2.2 Cemento.

Material pulverizado que por adición de una cantidad de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire (NCh 148 Of 68).

El cemento también puede definirse como un aglomerante hidráulico, que tiene la propiedad de rigidizarse progresivamente hasta constituir un sólido de creciente dureza y resistencia (Zabaleta y Egaña, 1989).

La Norma NCH 148 Of 68 clasifica a los cementos nacionales según su composición y resistencia en la forma que se indica en la tabla 3.2 y 3.3.

Denominación	Proporción de los Componentes		
	Clínquer	Puzolana	Escoria
Portland	100%	-	-
Portland Puzolánico	$\geq 70\%$	$\leq 30\%$	-
Portland Siderúrgico	$\geq 70\%$	-	$\leq 30\%$
Puzolánico	50 – 70%	30 – 50%	30 – 75%
Siderúrgico	25 – 70%	-	

Tabla 3. 2: Clasificación de los cementos según su composición

Grado	Tiempo de Fraguado		Resistencia Mínima			
			Compresión (Kg/cm ²)		Tracción (Kg/cm ²)	
	Inicial (min)	Final (máx.)	7 días	28 días	7 días	28 días
Corriente	60 min	12 h	180	250	35	45
Alta Resistencia	45 min	10 h	250	350	45	55

Tabla 3. 3: Características específicas para los cementos nacionales.

El tipo de cemento a usar es un Portland Puzolánico especial grado corriente, ya que una de sus características principales es su buen comportamiento en ambientes salinos, ideal para la región, además los fabricantes de cemento como: Polpaico, Bio - Bio y otros, recomiendan el uso de Portland Puzolánico en morteros, como es el caso en este estuco.

3.2.2.1 Dosificación del mortero de Pega del muro de Albañilería.

La dosificación de mortero de pega que se utilizara para la confección de las probetas de albañilería corresponde a una proporción en volumen de 1:3 en un espesor de 20mm. Tanto en la llaga como en el tendel del muro. La dosificación se determinara en peso ya que es mucho más precisa que una dosificación en volumen. Es importante destacar que para desarrollar una dosificación se deben realizar una serie de análisis y ensayos principalmente al árido, los cuales se explicaran detalladamente en el estudio.

3.2.3 Musgo Sphagnum Deshidratado.

Para la confección de la mezcla se utilizara Musgo Sphagnum deshidratado, debido a que este tipo de musgo se encuentra en todos los continentes alrededor del mundo excepto en la Antártida. La especie más común en Chile es el Musgo Sphagnum Magellanicum que se distribuye desde el sur de la región del Bio – Bio hasta el Cabo de Hornos, siendo muy abundante y diverso en las tierras bajas de las Provincias de Chiloé, Palena y Llanquihue (Larraín J. 2007).

Propiedades físico - química y capacidad de retención de agua de gametofitos de Sphagnum Magellanicum se indican en la tabla 3.4

Propiedades Físico - Químicas	
Densidad Aparente	0,02175 - 0,02615 g/cm ³
pH	3,82 - 4,11
Conductividad	182,7 - 197,2 μS
Capacidad de Retención de Agua	
Captación de agua (30 segundos)	16 - 21 ml/g
Captación de agua (24 horas)	30 - 46 ml/g

Tabla 3. 4: Propiedades fisicoquímicas del Musgo Sphagnum.
Fuente: (Vázquez J. 2008).

El tamaño máximo del Musgo Sphagnum deshidratado para usar en la mezcla será <2.36mm.

3.2.4 Áridos.

El árido se obtendrá de los Laboratorios de Hormigón de la Universidad de Valparaíso. Aquí el árido se clasificará de acuerdo a su granulometría la cual deberá responder a la tabla 3.5. Además se calculará la densidad neta y absorción según lo establece la NCH 1239 Of 77.

Tamaño	Porcentaje que pasa en peso		
	Gruesa	Media	Fina
4.75	95 - 100	100	-
2.36	80 - 100	95 - 100	100
1.18	50 - 85	70 - 100	95 - 100
0,600	25 - 60	40 - 75	50 - 100
0,300	10 - 30.	10 - 35.	15 - 50
0,150	2 - 10.	2 - 15.	2 - 25.

Tabla 3. 5: Tipos granulométricos de arena.

Fuente: NCH 163 Of 79

3.2.5 Cal

La cal es un material aglomerante que posee una gran alcalinidad, proviene de la piedra caliza o carbonato de calcio (CaCO_3), la cual producto de la calcinación se convierte en cal viva u óxido de calcio (CaO). La cal viva cuando se hidrata se denomina, cal hidratada y si esta posee componentes hidráulicos tales como; SiO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y otros se denomina cal hidráulica **(CDT, 2006)**.

La Cal hidratada otorga al mortero una gran trabajabilidad e impermeabilidad al mortero y especialmente un alto poder de retención de agua, que es fundamental para los estucos, ya que por la gran superficie en que están expuestos estos tienen una mayor posibilidad de ceder al ambiente el agua de amasado y perjudicar el proceso de fraguado, lo cual se evita con la incorporación de esta Cal.

En la confección de la mezcla se utilizará cal hidráulica, ya que es la adecuada para el uso en la construcción.

3.2.6 Agua.

Tendrá que cumplir con los requisitos de la NCH 1498 of 93. Esta como el resto de los materiales constituyentes de los morteros, tiene una incidencia muy importante en la obtención de un buen compuesto debido a que participa en los dos procesos que se pueden presentar el mortero: fresco y endurecido **(Zabaleta y Egaña, 1989)**.

3.3 Ensayos.

Se utilizaran dos tipos de ensayos mecánico y físicos, los ensayos mecánicos se desarrollaran en el laboratorio de acuerdo a las normativas vigentes estipuladas en la Norma Chilena NCh 2256 Of 2001, la cual proporciona los requisitos generales que deben cumplir los mortero para sus diversas aplicaciones. El ensayo físico al igual que los ensayos mecánicos se desarrollará en el laboratorio de la Universidad de Valparaíso.

3.3.1 Ensayos mecánicos y físicos NCh 2256 of 01

En una primera etapa se evaluará el mortero en laboratorio, clasificándose las mezclas mediante ensayos mecánicos, los cuales tienen la finalidad de encontrar el estuco más adecuado para realización de los ensayos físicos, estos ensayos están descritos en la Norma Chilena NCh 2256 Of 2001. El estuco más adecuado será el que contenga mayor porcentaje de musgo deshidratado y a su vez cumpla con la normativa de morteros que se describirá a continuación.

3.3.1.1 Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica se mide por los ensayos de flexión y compresión, como el tamaño máximo es de 5 mm, resulta más práctico emplear el ensayo establecido en NCh 158 Of 1967 para los morteros de cemento, en lo que concierne a forma y dimensiones son probetas prismáticas de 4 x 4 x 16 cm, y a la ejecución del ensayo, el cual permite, además, conocer su resistencia a flexión.

Las probetas prismáticas son ensayadas primero a flexión con carga centrada y posteriormente, cada parte de la probeta resultante, se ensaya a compresión como se señalan en la siguiente figura 3.2



Figura 3. 2: Ensayo de Compresión y Flexión en probeta RILEM.

3.3.1.2 Consistencia

Es el grado de fluidez del mortero que depende fundamentalmente de la fase líquida y del contenido y características de los componentes sólidos y que se mide en la mesa de sacudidas. Se puede obtener mediante el asentamiento de cono a través de la siguiente relación; asentamiento de cono V/S escurrimiento como muestra la figura 3.3. (Armando Soto).

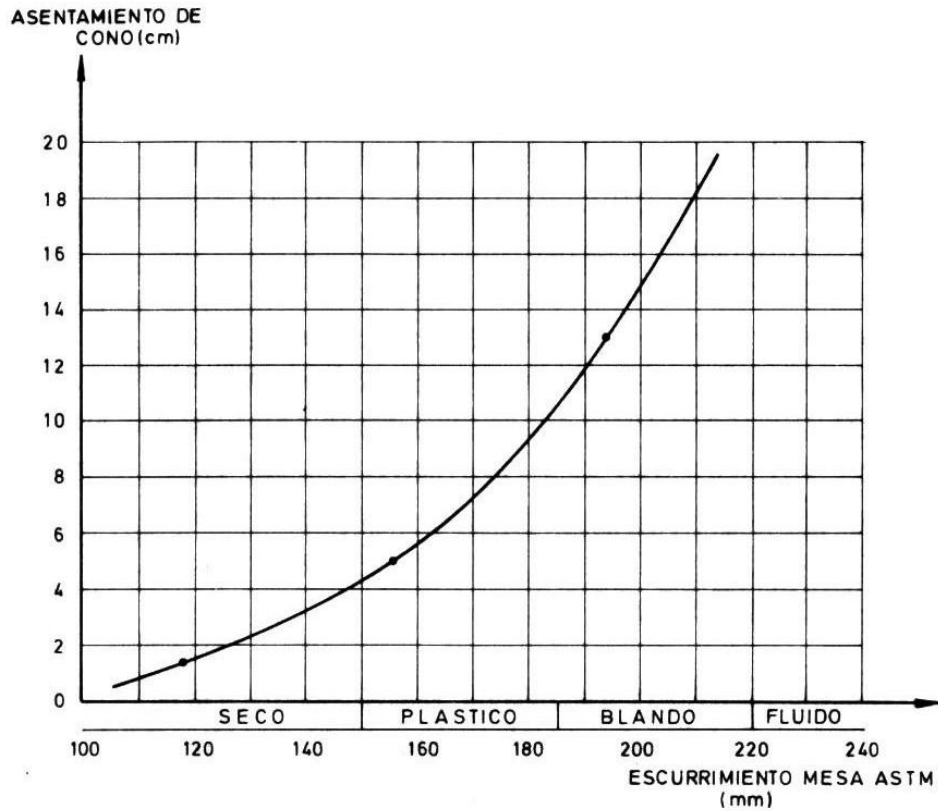


Figura 3. 3: Relación asentamiento de cono v/s escurrimiento mesa sacudidas.

La normativa no especifica requerimientos de consistencia pero recomienda que el valor se encuentre comprendido entre los 180mm a 200mm para estucos colocados manualmente.

3.3.1.3 Retentividad

Capacidad del mortero de retener agua de amasado ante sollicitaciones externas de absorción y succión. Este ensayo se realizara con la Norma Alemana DIN 18555 PARTE 7 descrita a continuación

1.- Alcance y campo de aplicación.

El método de ensayo descrito en esta norma sirve para determinar la retentividad de agua del mortero fresco.

2.- Concepto.

Para los propósitos de la norma DIN 18555 parte 7, la retentividad de agua del mortero fresco es la masa de agua retenida después de la acción capilar de una base absorbente, expresada como un porcentaje del contenido original de agua.

3.- Aparatos a utilizar.

- a) Papel absorbente, 190 x 190 x 2 mm.
- b) Gasa, 185 mm de diámetro.
- c) Anillo cónico de plástico, 140 mm x 150 mm de diámetros interiores, 12 mm de altura.
- d) Balanza con un límite de error de 0.1g.
- e) Enrasador metálico.
- f) Dos platos plásticos, 200 x 200 x 5 mm de tamaño.
- g) Cronometro.

4.- Preparación del material

El mortero a ensayar debe prepararse como lo especifica la norma DIN 18555 parte 1. Mortero, materiales componentes, aparatos, pieza de ensayo y agua de amasado deberían tener una temperatura de 20 ± 2 °C, la humedad relativa en el cuarto de ensayo de $65 \pm 6\%$. La cantidad de mezcla para efectuar el ensayo de retentividad debe ser igual o mayor a 0.5 litros.

5.- Procedimiento.

Para la determinación de la retentividad de agua, el contenido de agua en el mortero ensayado (W1), debe ser calculado usando la ecuación (1).

La disposición del ensayo debe ser como la mostrada en la figura 3.5. El papel absorbente debe ser pesado junto con uno de los dos platos plásticos (m6). Entonces una pieza de gasa debe ser colocada sobre el papel absorbente para impedir el paso de material solido dejando pasar solamente el agua, y sobre estas el anillo plástico, con su diámetro más pequeño hacia abajo. Este ensamblaje es pesado (m4).

En el caso de mortero mezclado en laboratorio, el ensayo debe comenzar 15 segundos después que el proceso de mezclado ha sido completado, “ie” para el tiempo cuando el mortero es puesto en el anillo plástico.

El mortero preparado en concordancia con el punto 4 debe ser introducido en el anillo plástico tan rápido y uniformemente como sea posible y nivelado con el enrasador inmediatamente. Hecho esto, el ensamblaje debe ser pesado nuevamente (m5), cubriéndolo con el segundo plato plástico y dejándolo puesto por 5 minutos. La disposición del ensayo

debe ser entonces invertida y el plato plástico inferior con el papel absorbente debe ser removido y pesado (m_7).

Si la masa de agua absorbida por el papel absorbente, $w_3 = m_7 - m_6$, excede de 10 gramos, el ensayo debe ser repetido usando dos o más papeles absorbentes razón w_3/n no exceda 10 gramos.

6.- Evaluación.

La retentividad de agua WRV, debe ser calculada en base a las siguientes formulas:

$$W1 = \frac{m1}{m1 + m2} [\%] \quad (1)$$

Donde:

- m_1 es la masa total de agua en el mortero, en gramos.
- m_2 es la cantidad de mortero seco, en gramos.

El contenido de agua del mortero en el anillo plástico, W_2 , en gramos, está dado por:

$$\begin{aligned} W2 &= m3 \times W1 \\ m3 &= m5 \times m4 \end{aligned} \quad (2)$$

Donde:

- m_3 es la masa del mortero en el anillo plástico, en gramos.
- m_4 es la masa del papel absorbente, gasa, el plato plástico y el anillo plástico, en gramos.
- m_5 es la masa del papel absorbente, gasa, el plato plástico y anillo plástico con mortero en el interior, en gramos.

La masa de agua absorbida por el papel absorbente W_3 , en gramos, está dada por:

$$W3 = m7 - m6 \quad (3)$$

Donde:

- m_6 es la masa del papel absorbente seco y el plato plástico, en gramos.
- m_7 es la masa del papel absorbente mojado y el anillo plástico, en gramos.

La pérdida relativa de agua del mortero, W_4 , como porcentaje, estará dada por:

$$W4 = \frac{W3}{W2} \times 100 \quad (4)$$

La retentividad de agua debe ser calculada como un porcentaje usando la siguiente formula:

$$WRW = 100 - W4 \quad (5)$$

El promedio de dos valores individuales debe ser expresado como un porcentaje, con un decimal, entregándose también los valores individuales.

7.- Informe del ensayo.

El informe de ensayo debe referirse a la presente norma y debe incluir la información indicada en los siguientes puntos:

- I. La información debe ser entregada por el confeccionador del mortero o el inspector que toma las muestras.
 - a) Lugar de construcción.
 - b) Fecha y si se solicita, hora del muestreo y preparación del mismo.
 - c) Cantidad de material muestreado (mortero) y cualquier irregularidad durante el muestreo.
 - d) Tipo de mortero, y si se solicita, designación y fabricante.
 - e) Identificación del material muestreado.
- II. Manejo del material de muestra antes de ser entregado el centro de ensayo.
 - a) Fecha, y si es apropiado, hora de entrega de muestras.
 - b) Apariencia de la muestra (consistencia, calor, distribución de tamaño de partículas)
 - c) Manejo de la muestra en el centro de ensayo antes del ensayo.
 - d) Fecha, y si es solicitado, hora del ensayo.
 - e) Tiempo de mezclado.
 - f) Tiempo dejado para acción capilar.
 - g) Numero de papeles absorbentes usados
 - h) Resultados del ensayo.

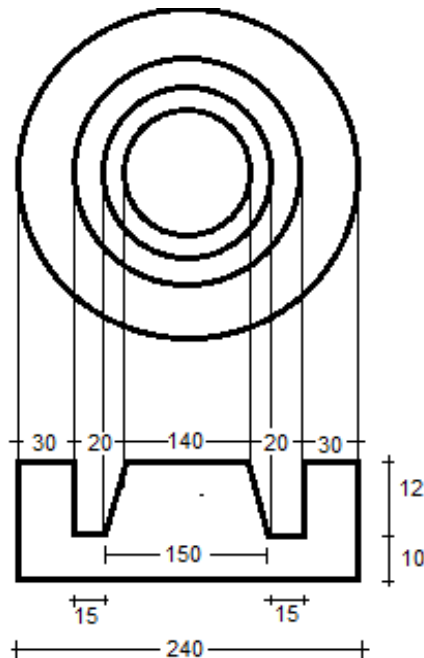


Figura 3. 4: Molde anillo, dimensiones en mm. Norma DIN 18555 parte 7.

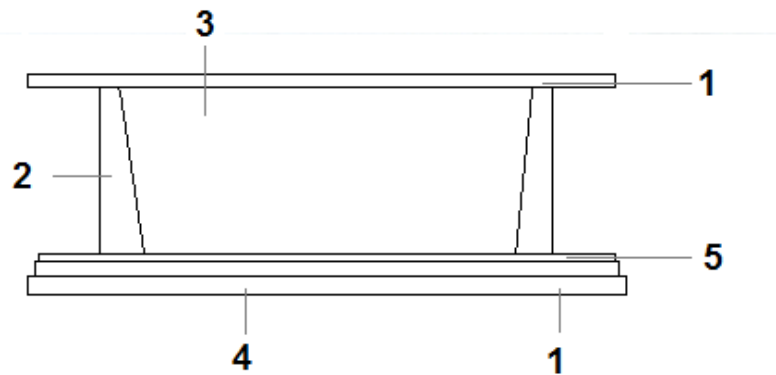


Figura 3. 5: Disposición de aparatos ensayo de retentividad.

- 1 = Platos plásticos de 200 x 200 x 2 mm.
- 2 = Anillo cónico de plástico, 140 y 150 mm de diámetro interiores, 12 mm de altura.
- 3 = Mortero ensayado
- 4 = Papel (es) absorbente (s).
- 5 = Gasa de 185 mm de diámetro.

3.3.2 Ensayos Físicos de aislación térmico - acústico

Determinación de la conductividad térmica:

Una vez determinada la mezcla adecuada en los ensayos mecánicos, esta mezcla pasara a una segunda etapa de pruebas, ensayos físicos los cuales tienen la finalidad de encontrar sus características físico – térmicas como la determinación de la capacidad aislante por medio de un ensayo realizado en una cámara adaptada para este propósito que se encuentra en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso,

3.4 Diseño del Mortero.

El diseño del mortero de la muestra comprende la relación entre los materiales; para determinar la mezcla óptima, se someterán las relaciones a los ensayos descritos anteriormente. Para la realización del mortero se ocupara un cemento Polpaico portland Puzolánico, una razón agua cemento del 0.5 ya que esta razón es la utilizada en el cemento normal; el tamaño máximo del árido será de 5mm no pudiendo ser superior a un tercio de la capa de estuco, el tamaño máximo del musgo será de 2.36mm. En la confección del diseño factorial estas variables se mantendrán fijas lo que variara será el porcentaje de musgo, el cual reemplazara a la arena aumentando en un 10%, e irá de un 0% de musgo en la primera mezcla hasta reemplazar el 40% del árido, este procedimiento se encuentra representado en por el diseño factorial de la tabla 3.6.

Cemento	Corriente									
Razón A/C	0.5									
T. Máximo del árido	5 mm									
Relación Musgo/Arena	0 / 100	10 / 90	20 / 80	30 / 70	40 / 60					
Resistencia (MPa)										
Consistencia (mm)										
Retentividad (%)										
Adherencia (MPa)										

Tabla 3. 6: Diseño factorial o experimental

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.4.1 Dosificación.

Existen básicamente dos sistemas de dosificación, el primero establece las proporciones de los materiales a utilizar como lo son: cemento, cal y arena, las cuales pueden estar dadas en peso o en volumen. La segunda establece los requisitos o propiedades que deben cumplir los morteros, este método se usa principalmente cuando el mortero tiene alguna función estructural, como es el caso de los morteros de relleno estructural o las juntas de albañilería.

Para dosificar lo más recomendable es trabajar en peso, más aun cuando se trabaja en laboratorio, pero cuando se desea dosificar materiales de baja densidad como es el caso del musgo lo más recomendable es realizar la dosificación en volumen, es por este motivo que la primera mezcla sin contenido de musgo se hará en peso y las demás mezclas se mantendrán cantidades de los materiales excepto a de la arena la cual, por una transformación en volumen se irá reemplazando la arena por el musgo en las proporciones descritas en el diseño del mortero en la tabla 3.7.

Dosificación en (Kg/m3)					
% Arena/Musgo	100 /0	90/10	80/20	70/30	60/40
Cemento (Kg)					
Agua (Kg)					
Cal (Kg)					
Arena (Kg)					
Musgo (Kg)					

Tabla 3. 7: Dosificación de mezclas de morteros.

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

3.4.2 Procedimiento de mezclado del mortero para estuco

El procedimiento para todas las mezclas se divide principalmente en dos etapas y será la siguiente; primero se adicionara al musgo toda la cantidad de agua calculada para la confección del mortero, esto se realizara para poder permitir que este material absorba toda el agua posible y se sature totalmente, para evitar posteriormente que afecte la cantidad de agua requerida por el mortero. Mientras dejamos remojando el musgo con el agua del mortero, en otro recipiente se mezclaran todos los materiales restantes para la confección de la mezcla; cemento, cal, arena. Una vez realizado este procedimiento se procederá a incorporar el musgo con el agua requerida por el mortero y se amasara hasta obtener una mezcla homogénea.

El agua de absorción del musgo se determinará en base a la experimentación de una curva de absorción, en la cual se registrara el peso de la muestra seca de musgo y posteriormente se le irá incorporando agua, registrando intervalos de tiempo cada 2 minutos para ver cuanta es la cantidad de agua que es capaz de absorber la muestra en un tiempo determinado.

CAPITULO IV PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados preliminares a la confección de la mezcla

En este capítulo se realiza la presentación de los resultados preliminares, los cuales son fundamentales para llevar a cabo la dosificación con la cual se confeccionara la mezcla del mortero. En la primera etapa se determinó las densidades, absorción y granulometría de la arena según las normas correspondientes, posteriormente se determinaron los mismos parámetros para el musgo; en una segunda etapa se determinara las capacidades de absorción y retención de agua que tiene el musgo, con el objetivo de manejar los

parámetros para que este no absorba agua de la mezcla; tercero es analizar su comportamiento una vez realizada la mezcla y ver qué resultados se obtienen al realizar los ensayos pertinentes ya nombrados en el programa experimental

4.1.1 Granulometría de la arena

Para el desarrollo de este ensayo se realizó a cabo la selección y preparación de la muestra según la NCH 164 of 76 “Áridos para morteros y hormigones”- Extracción y preparación de muestras. Posteriormente para realizar el ensayo de granulometría se efectuó a través de la NCH 165 of 77 “Áridos para morteros y hormigones”- Tamizado y determinación de la granulometría.



Figura 4. 1: Tamices utilizados para ensayo granulométrico.

Los resultados alcanzados de la granulometría se expresan en la tabla 4.1

Tamiz (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Requisitos NCh 163
9,50	0	0,00	0,00	100	100

4,75	6,3	0,94	0,94	100	95-100
2,36	105,7	15,83	16,77	83	80-100
1,18	90	13,48	30,25	70	50-85
0,60	87,6	13,12	43,37	56	25-60
0,30	124,6	18,65	62,02	38	5-30
0,15	223,3	33,43	95,45	4	0-10
-	30,4	4,55	100,00	0	
	667,9				

Tabla 4. 1: Granulometría de la arena.
Fuente: Elaboración propia, 2016.

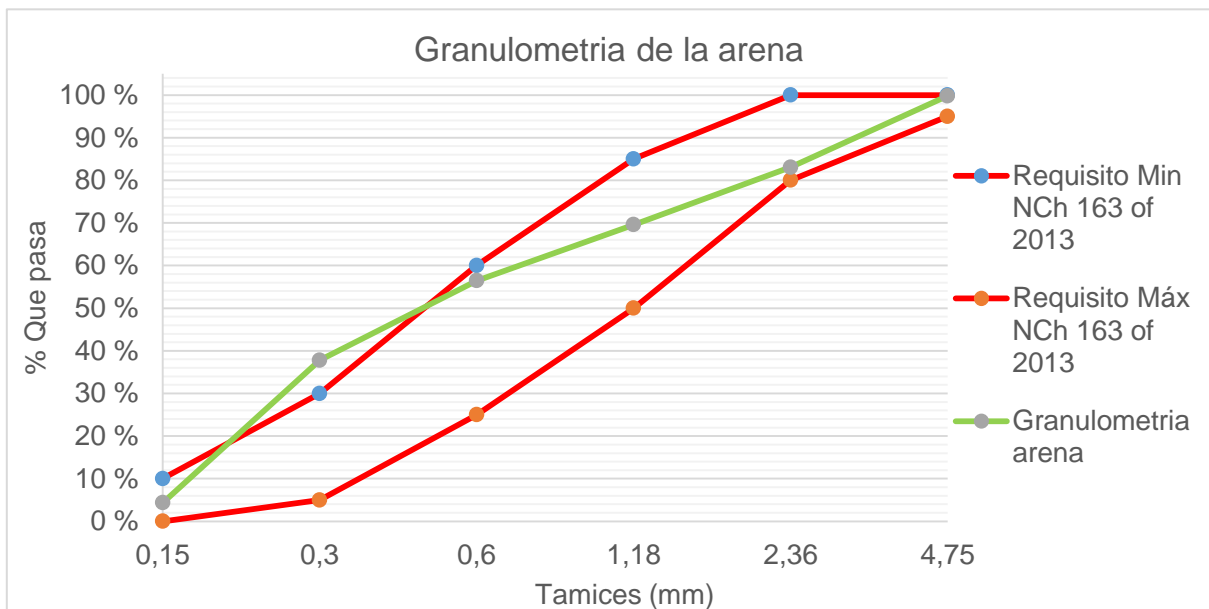


Figura 4. 2: Grafico granulometría de la arena
Fuente: Elaboración propia, 2016.

De acuerdo con la NCh 163 of 13 “Áridos para morteros y hormigones” – Requisitos generales, la arena ensayada la podemos catalogar como una arena media o normal con un módulo de finura $MF = 2.49$, la cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la tabla de tipos granulométricos de arenas de la norma.

4.1.2 Determinación de densidad real y absorción de la arena

Después de acondicionar la muestra y llevarla a una condición de estado suelta, esta se introduce a dentro de un molde cónico el cual se posiciona sobre una superficie lisa con

su diámetro mayor hacia abajo. Una vez acomodada la muestra se compacta con un pisón golpeándola suavemente 25 veces.

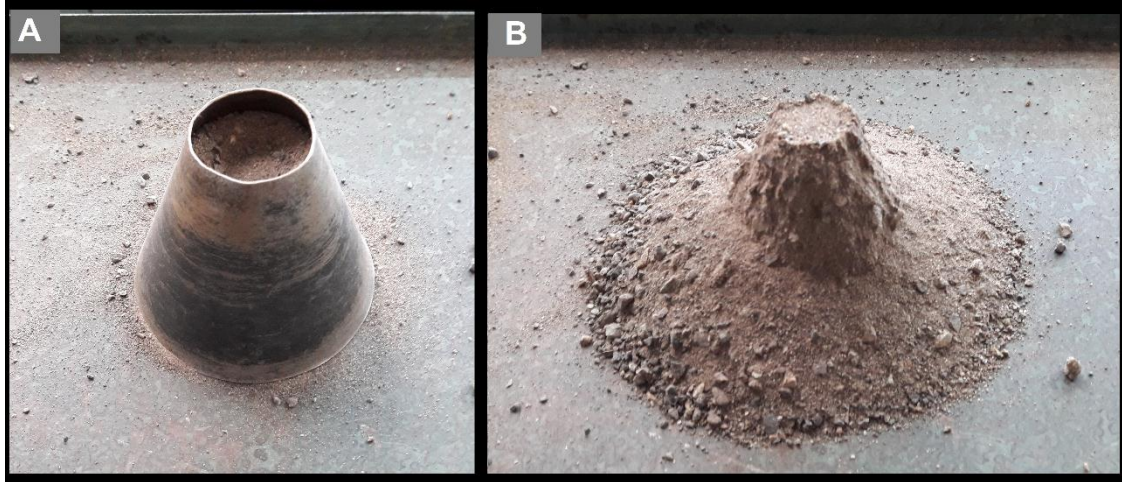


Figura 4. 3: (A) Molde Cónico, (B) proceso de conseguir cono con talud natural.
Fuente: Elaboración Propia, 2016

La tabla 4.2 expresa los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio según la NCH1239 of 77.

Características de la muestra	Resultado muestra (g)
m sss	100
ms	99
mm	746.6
Ma	684.2

Tabla 4. 2: Características de la muestra de ensayo, resultados procedimientos de medición NCh 1239 of 77

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Donde:

- m sss = muestra de ensayo en condición saturada superficialmente seca.
- ms = muestra de ensayo en condición seca.
- Mm = masa total del matraz más la muestra de ensayo y el agua.
- Ma = masa del matraz más el agua.

A continuación en la tabla 4.3 podemos observar los resultados de las distintas densidades y absorción obtenidas a través de los valores expresados en la tabla 4.3.

Densidades	Resultado muestra
$\rho_{R_{ss}}$ (Kg/m ³)	2660
ρ_{Rs} (Kg/m ³)	2633
ρ_n (Kg/m ³)	2705
α (%)	1.01

Tabla 4. 3: Densidad real y absorción de agua, Expresión de resultados de densidad y absorción según NCh 1239 of 77.

Donde:

- $\rho_{R_{ss}}$ = densidad real del árido saturado superficialmente seco.
- ρ_{Rs} = Densidad real del árido seco.
- ρ_n = Densidad neta.
- α = Absorción de agua.

4.1.3 Granulometría Musgo Sphagnum

A pesar de que el musgo no puede ser catalogado como un árido en sí y no es un material de densidad real del orden de los 2000 y 3000 Kg/m³, que son los alcances que tiene la NCH 165 of 77 “Áridos para morteros y hormigones”- Tamizado y determinación de la granulometría, de igual forma se ha realizado una granulometría para tener una idea del comportamiento de este material en la mezcla.



Figura 4. 4: Distintas granulometrías de Musgo Sphagnum
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tamiz	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
-------	------	------------	------------	------------

(mm)	Retenido (g)	Parcial	Acumulado	
9,50	0,00	0,00	0,00	100
4,75	0,80	0,80	0,80	99
2,36	73,20	73,64	74,45	26
1,18	11,20	11,27	85,71	14
0,60	7,30	7,34	93,06	7
0,30	4,00	4,02	97,08	3
0,15	1,80	1,81	98,89	1
-	1,10	1,11	100,00	0
	99,40	100,00		

Tabla 4. 4: Granulometría musgo sphagnum.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Se puede observar que el tamiz de 2.36mm es el que retiene el 73.64% del material, lo que nos indica que hay una escasa presencia de material fino, por lo tanto obtenemos una granulometría discontinua con un MF = 4.5.

4.1.4 Capacidad de absorción de agua del musgo

Para determinar la cantidad de agua que es capaz de retener el musgo, se tomaron tres muestras, de las cuales se registró el musgo en estado seco y en estado húmedo. Primero se determinó su peso seco, para conseguir esto se pusieron las 3 muestras dentro del horno durante un periodo de tiempo de 24 horas a una temperatura de 60°C. Después transcurrido el tiempo establecido, las muestras fueron puestas en un recipiente de vidrio el cual contenía 850 cm³ dejándolas en un estado de saturación por un tiempo de 24 horas para asegurarse de que las muestras estuvieran saturadas en su totalidad. Transcurrido este tiempo se tomaron las muestras y con la ayuda de un colador se eliminó el exceso de agua que contenía cada una de estas. Posteriormente, se pesó la muestra húmeda y se procedió a calcular la cantidad de agua retenida por el musgo, los valores se pueden apreciar en la tabla 4.5. Una vez obtenidos los datos de las distintas muestras se procedió a sacar un promedio de las 3 muestras.

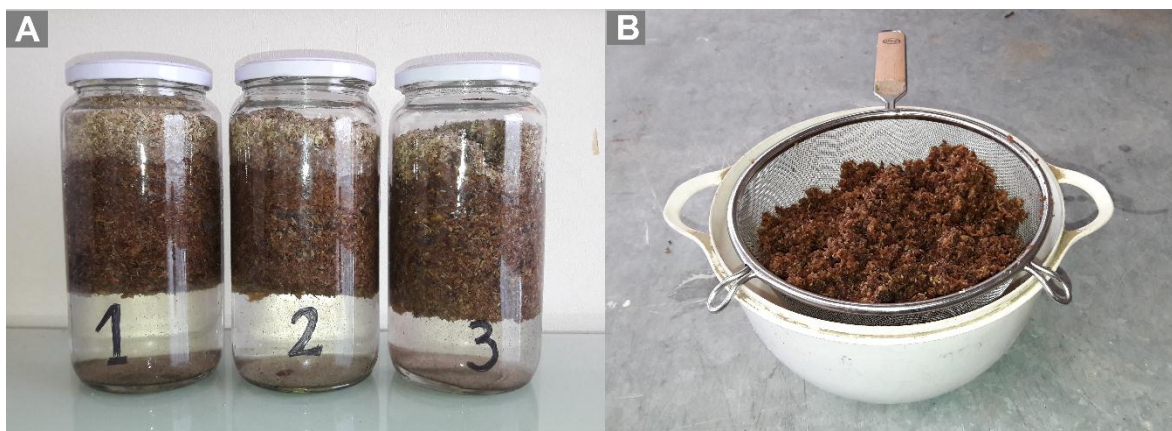


Figura 4.5: (A) Muestras en recipientes con agua, (B) Eliminación de exceso de agua de las muestras con ayuda de un colador.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

N° de muestra	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Retención de agua (g)	Retención de agua (%)
1	377,2	25	352,2	1408,8
2	383,1	25	358,1	1432,4
3	381,2	25	356,2	1424,8
Promedio	380,5	25	355,5	1422,0

Tabla 4. 5: Capacidad de retención de agua del musgo sphagnum.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Después de calcular individualmente el porcentaje de retención de agua de cada una de las muestras, se promediaron los resultados obtenidos con lo cual obtuvimos un promedio de $X = 1422\%$ de retención de agua, en variación de la muestra húmeda con la muestra seca.

4.1.6 Variación de peso en relación de su capacidad de absorción del musgo.

Debido a que el musgo tiene la capacidad de absorber según la experiencia en laboratorio en promedio 15 veces su peso en agua, alcanzando en ocasiones 20 veces su peso, se procedió a verificar el comportamiento del musgo en relación con la cantidad de agua absorbida a medida en que va aumentando su masa de este material, se realizó un ensayo el cual consiste en saturar una determinada masa y ver la cantidad de agua absorbida y ver el porcentaje que es capaz de seguir absorbiendo a medida que incrementamos la masa de este material, considerando que la muestra inicial corresponde al 100% de absorción. En la tabla 4.6 podemos ver la cantidad de agua que pudo absorber una cantidad determinada de gramos de musgo.

Estado muestra	Musgo Sphagnum (g)
----------------	--------------------

Muestra seca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muestra húmeda	20	41	65	90	115	140	168	194	221	258
% Absorción	100	103	108	113	115	117	120	121	123	129

Tabla 4. 6: Registro de muestras en estado seco y húmedo.

Fuente: Elaboración propia, 2016

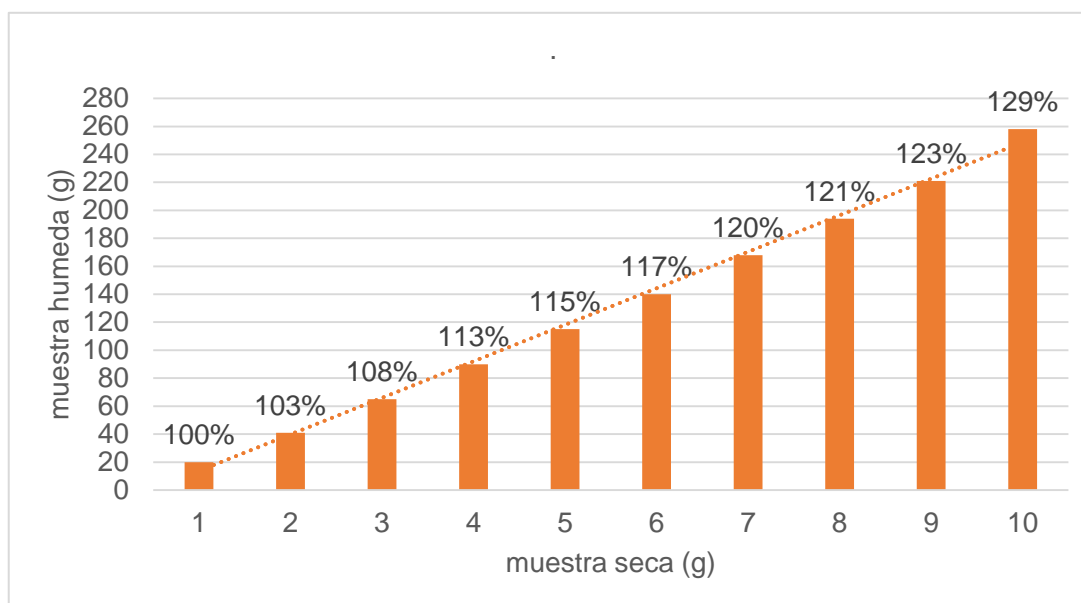


Figura 4.6: Porcentaje de agua absorbida por cada gramo de musgo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Podemos observar en la figura 4.6 que a medida que aumenta la masa, esta es capaz de absorber mayor porcentaje de agua en relación con su peso inicial, esto se debe a que el musgo al tener una baja densidad y tiene una capacidad de retener gran cantidad de agua, esta capacidad de absorción se incrementa al estar apelmazado se producen más espacios huecos donde se puede almacenar un mayor porcentaje de agua.

4.1.5 Curva de Absorción

Para comprender de mejor manera el comportamiento del musgo, se realizó un estudio sobre la curva de absorción de la muestra de musgo húmeda v/s tiempo, la cual se representa en la figura 4.7. Para llevar a cabo este proceso, se tomaron 3 muestras las cuales fueron sumergidas en agua y se registró peso cada 2 minutos en el transcurso de 1 hora, el registro de datos se puede observar en la tabla 4.7 donde se representa su masa en gramos (g) y el tiempo en minutos (min).

N° muestras (g)	Tiempo (min)
-----------------	--------------

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	60
Muestra 1 (g)	40	678	694	703	714	720	726	727	728	731	735	736	738	739	740	740	749
Muestra 2 (g)	40	688	705	715	724	726	731	735	737	739	742	746	749	752	756	757	762
Muestra 3 (g)	40	680	696	710	720	729	735	739	743	746	750	752	756	757	759	761	765
Promedio (g)	40	682	698	709	719	725	731	734	736	739	742	745	748	749	752	753	759
%	0	90	92	93	95	96	96	97	97	97	98	98	99	99	99	99	100

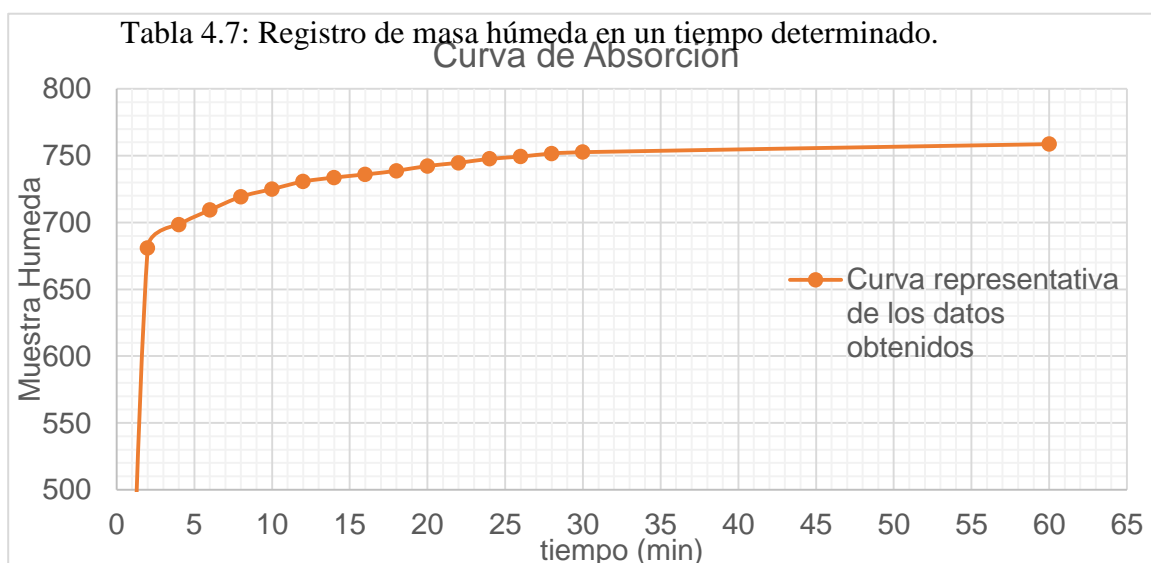


Figura 4. 12: Curva de Absorción
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según puede observar en este ensayo la muestra de musgo deshidratado es capaz de absorber casi 20 veces su peso en agua. Como se aprecia en los datos de la tabla 4.8 y en la representación gráfica de la figura 4.8, este material absorbe promedio un 89,72% de agua durante los primeros minutos al estar en contacto con el agua. Luego se puede apreciar un incremento en la absorción de agua pero de forma paulatina en comparación a los primeros minutos, absorbiendo solo un 10,27% en los 58 minutos restantes.

4.1.6 Densidad aparente del musgo

Para realizar este ensayo, primero se trituro el musgo hasta obtener una dimensión de partículas inferior al 2.36 mm, el cual será el tamaño máximo del musgo que se ocupara en la mezcla del mortero, este procedimiento se realizó con una trituradora minipimer, ya que con esta máquina se podía obtener un tamaño de partículas homogéneo de acuerdo al tamaño de partícula establecido y no pulverizaba completamente material como lo hacían otros métodos de trituración. Luego de cumplir con este requisito se incorporó la muestra en un vaso graduado de una medida que corresponde a 1000ml como se observa en la

figura 4.8 Luego se pesó la muestra y se determinó su densidad aparente mediante la siguiente formula.

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{masa muestra}}{\text{volumen recipiente}}$$

Ec: 4.6



Figura 4. 815: Vaso graduado con muestra seca (1000ml)
Fuente: Elaboración propia, 2016

Para llegar a un valor determinado se tomaron 5 muestras las cuales se introdujeron dentro del vaso graduado (1000ml), para posteriormente calcular su densidad aparente, los resultados y datos obtenidos se pueden apreciar en la tabla 4.8.

Muestra	Peso musgo (g)	Volumen del recipiente (ml)	Densidad aparente (g/ml)
---------	----------------	-----------------------------	--------------------------

N° 1	59,7	1000	0,060
N° 2	58,3	1000	0,058
N° 3	59,2	1000	0,059
N° 4	59,6	1000	0,060
N° 5	57,9	1000	0,058
Promedio densidades aparentes (g/ml)			0,059

Tabla 4. 8: Densidad aparente del musgo deshidratado.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según los datos obtenidos y apreciados en la tabla, el promedio de las densidades del musgo deshidratado es de 59 (**kg/m³**).

4.1.7 Dosificación de mortero

La dosificación para el mortero de estuco se realizó en volumen, esto debido a la baja densidad del musgo deshidratado. Estos volúmenes fueron traspasados a pesos como se puede apreciar en la tabla 4.9 Se mantuvieron constantes los valores calculados del cemento, agua y cal, variando únicamente el porcentaje de arena y musgo.

Dosificación : Mortero Fluidéz Alta					
Materiales	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Cemento (kg)	434	434	434	434	434
Agua (kg)	299	299	299	299	299
Cal (kg)	87	87	87	87	87
Arena (kg)	1302	1172	1042	911	781
Musgo (kg)	0	5	10	14	19

Tabla 4. 9: Dosificación de mezclas de mortero

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2 Resultados de ensayos mecánicos y físicos

A continuación en el presente apartado se presentan los resultados de los ensayos físicos y mecánicos declarados en la NCh 2256 of 2013 y la DIN 18555 parte 7.

4.2.1 Ensayo de consistencia

Determinado en laboratorio según ensayo de extendido en la mesa de sacudidas, establecido en la NCh 2257/1 of 96. El procedimiento consiste en colocar la mezcla del mortero a ensayar dentro de un molde de tronco cónico, en este se introduce la mezcla en 2 capas propinándole 20 golpes a cada una para acomodar la mezcla dentro del molde, posteriormente se enrasa la superficie del molde para retirar el excedente de mortero y finalizamos con el retiro del molde como se aprecia en la Figura 4.9. Posteriormente se realiza en ensayo aplicándole a la mezcla una cantidad de 25 golpes en un tiempo de 15 segundos.

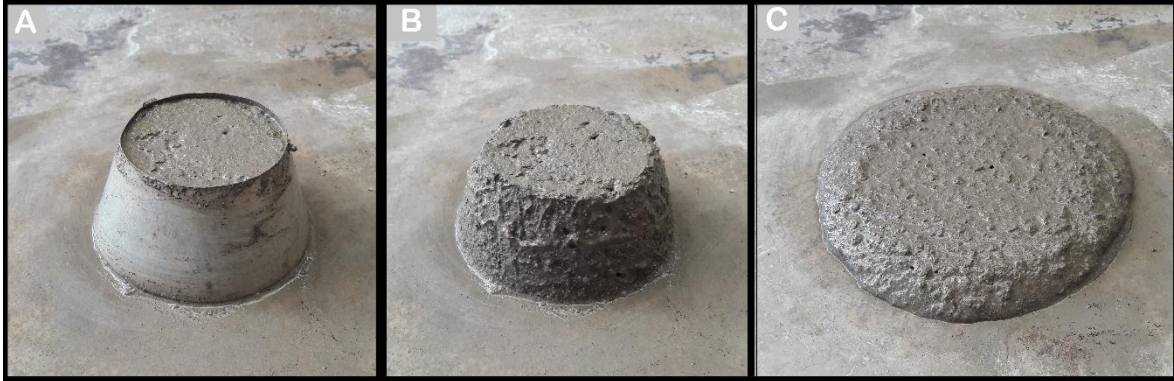


Figura 4.9: (A) Mezcla introducida en el molde, (B) retiro del molde cónico, (C) mezcla ya ensayada con 25 golpes.

Fuente: elaboración propia, 2016

El ensayo fue repetido 3 veces, con la finalidad de obtener un promedio de las mezclas que contenían distintos porcentajes de arena/musgo. Los datos obtenidos los apreciamos en la tabla 4.10.

Ensayo de Consistencia (mm)					
% arena/musgo	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Muestra 1	198	204	201	207	213
Muestra 2	195	203	203	205	208
Muestra 3	199	204	200	204	209
Promedio	197	204	201	205	210

Tabla 4. 10: Resultados ensayo de consistencia.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

A medida que se introduce un porcentaje mayor de musgo en la mezcla, esta va adquiriendo más consistencia. Se puede apreciar en los valores de la tabla 4.10. que la mezcla ensayada con un porcentaje de musgo del 10% presenta una consistencia más elevada en relación a los demás resultados obtenidos, esto se debe a que la mezcla 90/10 tiene una mayor cantidad de arena por ende la mezcla presenta mayor densidad. Esto provoca que al realizar el ensayo de mesa de sacudidas y aplicar los 25 golpes, el musgo presente en la mezcla expulse una mayor cantidad de agua absorbida, recordando de que el

musgo posee una gran capacidad de absorber agua, pero no de retenerla completamente al aplicarle alguna presión o fuerza, esto se traduce que la mezcla con un porcentaje de arena/musgo 90/10 tenga una elevada consistencia al segregar más agua en la mezcla al aplicar el ensayo.

Los resultados obtenidos en las demás mezclas se puede apreciar que al incrementar el porcentaje de musgo, la mezcla comienza a ser más fluida por la cantidad de agua presente, esto se asimila con el punto 4.1.6 donde se puede observar que mientras mayor masa de musgo se tiene, mas es la capacidad de absorción y acumulación de agua que tiene este material. En resumen al tener más porcentaje de musgo en la mezcla, esta presenta más fluidez por la mayor cantidad de agua presente en esta.

En la figura 4.10 apreciamos el ensayo realizado sobre la mesa de sacudidas con la mezcla de mortero con una relación 90/10 de porcentaje de arena/musgo.



En se 4.11

la Figura representa

Figura 4. 1018: Mortero con un 10% de musgo
Fuente: Elaboración Propia, 2016
Consistencia (mm)

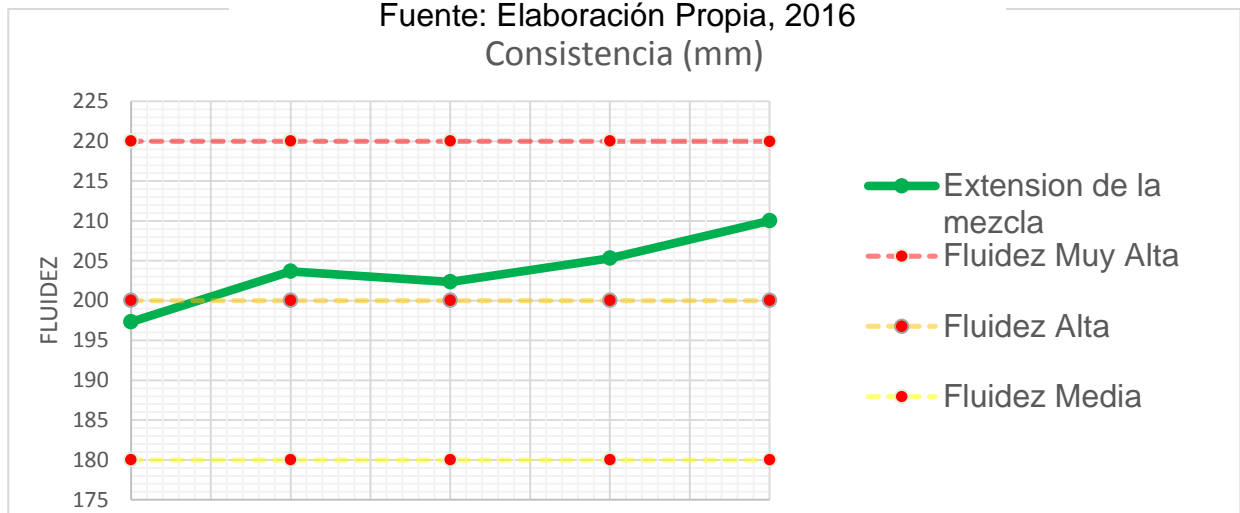


Figura 4. 1121: Consistencia y rangos de fluidez del mortero.
Fuente: Elaboración propia, 2016

el grafico con los datos obtenidos en la tabla 4.10, en donde se puede apreciar los límites de fluidez en milímetros que debe presentar un mortero de estuco continuo.

4.2.2 Ensayo de retentividad

Este ensayo fue realizado de acuerdo a la norma alemana DIN 18555 parte 7, en donde la cantidad de mezcla utilizada para confección de la probeta fue de 0.5 litros, requerimiento mínimo de mezcla establecido en la norma. En la figura 4.12 se aprecian los implementos utilizados para realizar este ensayo.

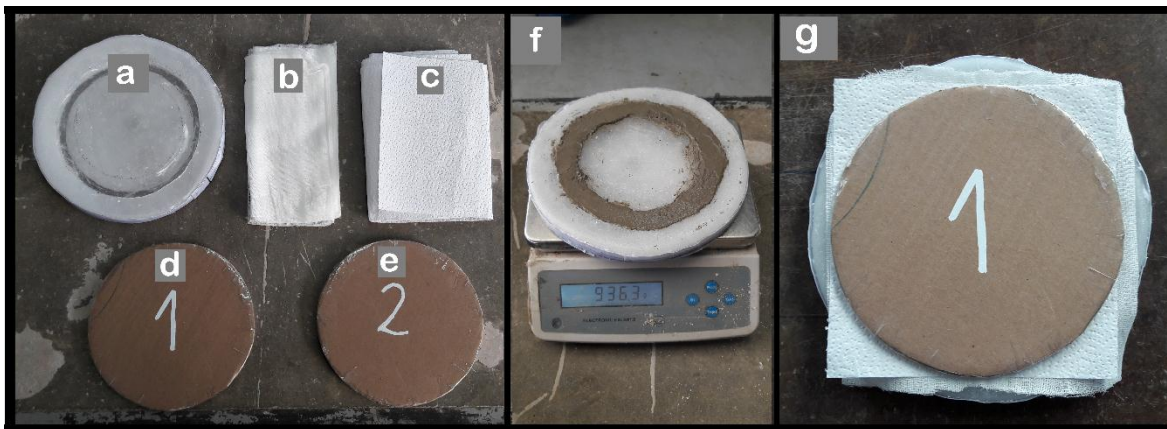


Figura 4. 1224: Implementos utilizados en el ensayo; (a) anillo, (b) gasa, (c) papel absorbente, (d) anillo1, (e) anillo2, (f) anillo + mortero, (g) muestra ensamblada.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la tabla 4.11 se puede apreciar la dosificación utilizada para confeccionar las muestras para dicho ensayo.

Dosificación : Mortero Fluidez Alta					
Materiales	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Cemento (g)	2170	2170	2170	2170	2170
Agua (g)	1495	1495	1495	1495	1495
Cal (g)	435	435	435	435	435
Arena (g)	6510	5860	5210	4555	3905
Musgo (g)	0	25	50	70	95

Tabla 4. 11: Dosificación mortero para ensayo de retentividad.

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

El ensayo se efectuó 3 veces para cada tipo de mezcla. En la tabla 4.12 se ven los valores obtenidos en el ensayo realizado de acuerdo a lo establecido en el **punto 3.3.1.3**

% arena musgo	Ensayo de Retentividad (mm)											Promedio WR
	m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)	m4 (g)	m5 (g)	m6 (g)	m7 (g)	w1 (g)	w2 (g)	w3 (g)	w4 (g)	

													%	W %
100/0	1.495,0	9.115,0	942,6	760,2	997,9	50,9	55,2	0,1	132,8	4,3	3,2	96,8	97,0	
	1.495,0	9.115,0	941,5	760,4	997,0	50,9	54,9	0,1	132,7	4,0	3,0	97,0		
	1.495,0	9.115,0	940,8	760,6	996,5	50,9	54,7	0,1	132,6	3,8	2,9	97,1		
90/10	1.495,0	8.490,0	935,6	760,5	991,2	50,9	59,9	0,1	140,1	9,0	6,4	93,6	94,0	
	1.495,0	8.490,0	934,1	760,3	989,5	50,9	59,4	0,1	139,9	8,5	6,1	93,9		
	1.495,0	8.490,0	932,8	760,2	988,1	50,9	58,7	0,1	139,7	7,8	5,6	94,4		
80/20	1.495,0	7.865,0	931,9	760,5	987,5	50,9	55,2	0,2	148,8	4,3	2,9	97,1	97,4	
	1.495,0	7.865,0	931,1	760,4	986,6	50,9	54,9	0,2	148,7	4,0	2,7	97,3		
	1.495,0	7.865,0	930,5	760,5	986,1	50,9	54,3	0,2	148,6	3,4	2,3	97,7		
70/30	1.495,0	7.230,0	928,1	760,3	983,5	50,9	54,6	0,2	159,0	3,7	2,3	97,7	97,9	
	1.495,0	7.230,0	927,7	760,2	983,0	50,9	54,0	0,2	159,0	3,1	2,0	98,0		
	1.495,0	7.230,0	925,9	760,4	981,4	50,9	53,9	0,2	158,6	3,0	1,9	98,1		
60/40	1.495,0	6.605,0	921,9	760,6	977,6	50,9	53,7	0,2	170,2	2,8	1,6	98,4	98,5	
	1.495,0	6.605,0	921,2	760,5	976,8	50,9	53,5	0,2	170,0	2,6	1,5	98,5		
	1.495,0	6.605,0	920,6	760,3	976,0	50,9	52,9	0,2	169,9	2,0	1,2	98,8		

Tabla 4. 12: % de agua retenido por las diferentes mezclas.

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Se aprecia que a medida que aumenta el contenido de musgo, mayor son los porcentajes de retentividad en la mezcla, es decir el musgo absorbe mayor porcentaje de agua que la arena utilizada, por lo tanto aflora menos agua mientras más musgo sea utilizado en la mezcla. En la mezcla que contiene un porcentaje de 10% de musgo deshidratado, se aprecia que contiene una menor retentividad en comparación a la mezcla patrón, esto se debe a que por la menor cantidad de musgo presente en la mezcla en relación a las demás muestras, este no es capaz de absorber toda el agua suministrada con la cual se realizó la dosificación, ya que en un principio en el momento de confeccionar la mezcla se ve el musgo saturado, pero después con el amasado este no es capaz de retener toda el agua que se le suministro en un comienzo, provocando una leve pérdida de agua.

En el gráfico de la figura 4.13. Se puede apreciar el comportamiento de las diferentes mezclas con distintos porcentajes de arena/musgo.

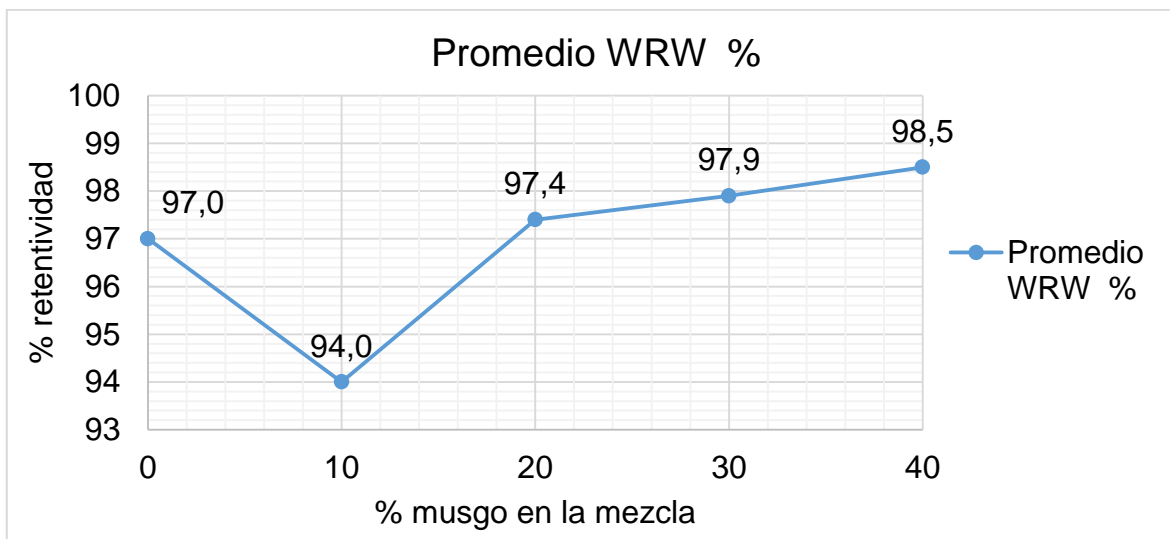


Figura 4.1327: Retentividad de agua para las distintas mezclas de mortero.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como se puede apreciar en la tabla 4.12 y el gráfico de la figura 4.13 todos los resultados arrojan grandes porcentajes de retentividad mayores al 90%. En la NCh 2256/1 of 2001 se exige que para los morteros de estuco la retentividad sea superior al 60%, aunque se utilizó la Norma Alemana DIN 18555 parte 7 para efectuar este ensayo los porcentajes cumplen totalmente con los requisitos de los morteros de estuco dictados en la norma chilena.

4.2.3 Ensayo de resistencia a la flexión y compresión

Para determinar la resistencia de las probetas RILEM primero se procedió a realizar el ensayo de flexión, este fue realizado mediante lo establecido en la NCh 158 of 1967. Primero se preparó cada una de las mezclas; 1 patrón y 4 con distintos porcentajes de arena/musgo, luego la mezcla fue vertida en las probetas RILEM. Posteriormente se procedió a realizar un vibrado para disminuir la cantidad de espacios libres y el aire contenido en la mezcla dentro de la probeta para después ser enrasadas y dejadas en los moldes por 24 horas, este procedimiento terminó con el desmolde de las probetas y dejaron en proceso de fraguado por un periodo de 28 días.

El procedimiento de confección y desmolde de las probetas RILEM lo podemos apreciar en la figura 4.14.

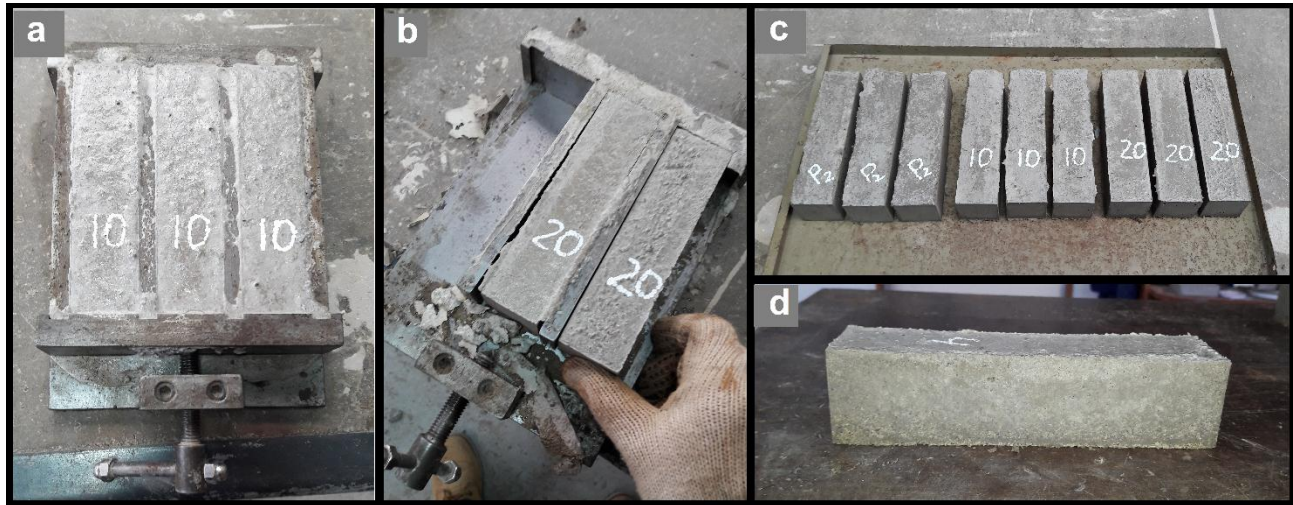


Figura 4.14: (a) Probeta RILEM confeccionada, (b) desmoldando probetas, (c, d) Probetas ya desmoldada

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.3.1 Densidades aparente probetas RILEM

Luego de transcurridos los 28 días se procedió a registrar el peso de cada una de las probetas, los resultados podemos apreciarlos en la tabla 4.13.

Peso probetas RILEM (g)					
% arena/musgo	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Muestra 1 (g)	571,3	550,8	520,0	454,3	434,2
Muestra 2 (g)	568,7	543,7	515,0	453,6	433,3
Muestra 3 (g)	567,9	550,7	504,2	455,8	433,1
Promedio (g)	569,3	548,4	513,1	454,6	433,5

Tabla 4. 13: peso promedio probetas RILEM.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como podemos apreciar en los resultados de la tabla 4.13, a medida que aumenta la cantidad de musgo presente en cada una de las mezclas, se obtienen probetas con menor

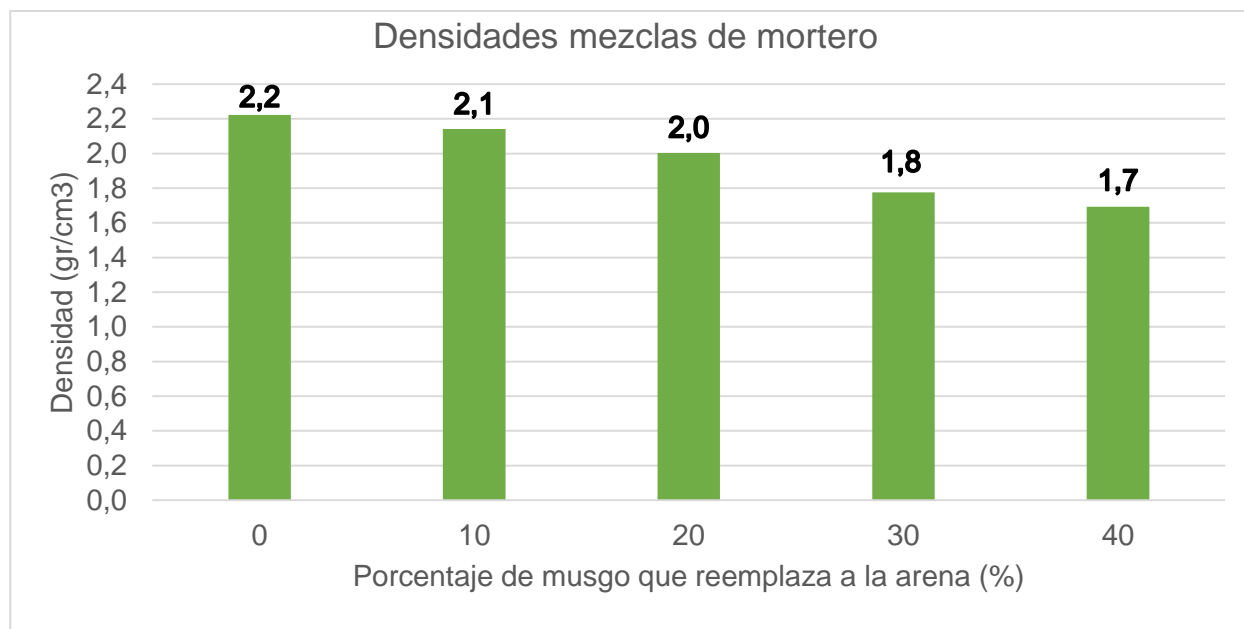
densidad en relación a la probeta que se confecciono con la mezcla patrón, esto se ve reflejado en la tabla 4.14. Esto se debe a la baja densidad del musgo deshidratado, que al aumentar en porcentaje en las diferentes mezclas remplazando en cierta cantidad por la arena provoca una disminución en el peso de cada probeta. Se puede apreciar también que la diferencia de peso de la probeta patrón con la probeta que contiene un porcentaje de arena/musgo de 60/40 existe una diferencia de densidad de un 22.7%.

Densidad de la probetas RILEM (g/cm³)					
% arena/musgo	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Muestra 1 (g/cm³)	2,23	2,15	2,03	1,77	1,70
Muestra 2 (g/cm³)	2,22	2,12	2,01	1,77	1,69
Muestra 3 (g/cm³)	2,22	2,15	1,97	1,78	1,69
Promedio (g/cm³)	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7

Tabla 4. 14: Densidad de las distintas mezclas de morteros.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la figura 4.15 podemos observar como a medida que aumenta la cantidad de musgo en la mezcla del mortero, va disminuyendo la densidad de las probetas a ensayar.



4.2.3.2 Ensayo de Flexión Probetas RILEM.

Figura 4. 305: Densidad de las mezclas de mortero

Fuente: Elaboración propia, 2016.

A continuación se procede a realizar el ensayo de flexión. En la figura 4.16 se puede apreciar imágenes de dicho ensayo.



Figura 4. 1633: (a), (b), (c) Secuencia del procedimiento ensayo de flexión, probeta RILEM con 70/30 porcentaje de arena/musgo.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la tabla 4.15 podemos apreciar los resultados del ensayo de flexión realizado a las distintas muestras con diferentes porcentajes de arena/musgo. Se puede apreciar que a medida que aumenta la cantidad de musgo presente en la mezcla la resistencia a la flexión disminuye en un 69% considerando la muestra patrón y la muestra con más % de musgo, en este caso siendo la mezcla 60/40 de arena/musgo.

Ensayo de flexión (kg/cm ²)					
% arena/musgo	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Muestra 1 (kg/cm ²)	59	55	35	21	16
Muestra 2 (kg/cm ²)	55	54	33	21	19
Muestra 3 (kg/cm ²)	56	49	37	19	18
Promedio (kg/cm ²)	57	53	35	20	18
% Variación muestra patrón	100	93	62	36	31

Tabla 4. 15: Ensayo de Flexión, NCh 2256 of 2001.

Fuente – Elaboración propia, 2016

En grafico de la figura 4.17 se puede observar el porcentaje de variación del ensayo de flexión, donde se realiza una comparación de las distintas mezclas ensayadas con respecto a la mezcla patrón que contiene un 100% de arena. A continuación podemos

apreciar una evidente baja en la resistencia por flexión de los morteros a medida que se incrementa la cantidad de musgo deshidratado incorporado en estas.

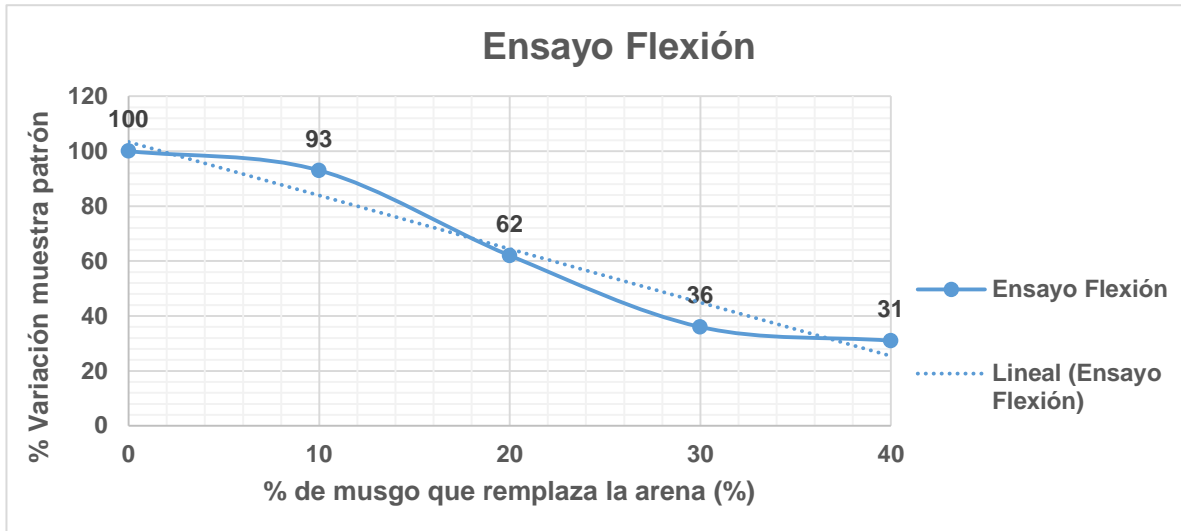


Figura 4. 17: Disminución de la resistencia a la flexión.
Fuente: Elaboración propia, basado en la tabla 4.15, 2016.

Después de realizar el ensayo de flexión, obtenemos por cada probeta ensayada obtenemos dos muestras, las cuales ocuparemos para ensayar a la compresión. La NCh 2256 of 2001 no presenta exigencias ni requerimientos para el ensayo de flexión.

4.2.3.3 Ensayo de Flexión Probetas RILEM.

En la figura 4.18 podemos apreciar la condición de las probetas después del ensayo de flexión las cuales nos servirán para el ensayo a la compresión.

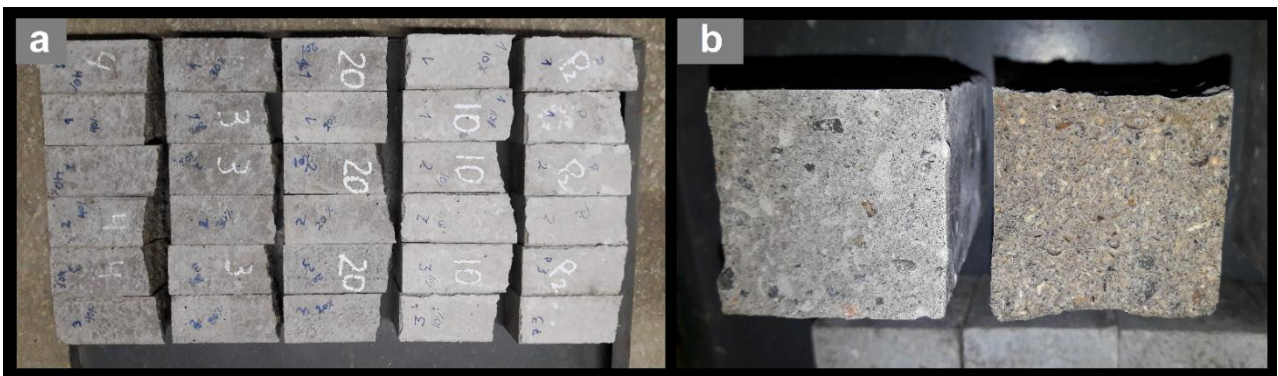


Figura 4. 18: (A) Probetas ensayadas a la compresión, (B) izquierda probeta patrón, derecha probeta 60/40 porcentaje arena/musgo.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el ensayo a la compresión se analizaron 30 muestras las cuales fueron obtenidas después de realizar el ensayo a la flexión, en la tabla 4.16, podemos apreciar los resultados del ensayo a la compresión realizados en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso y en la figura 4.19 se puede ver la probeta de la muestra patrón sometida al ensayo de compresión.

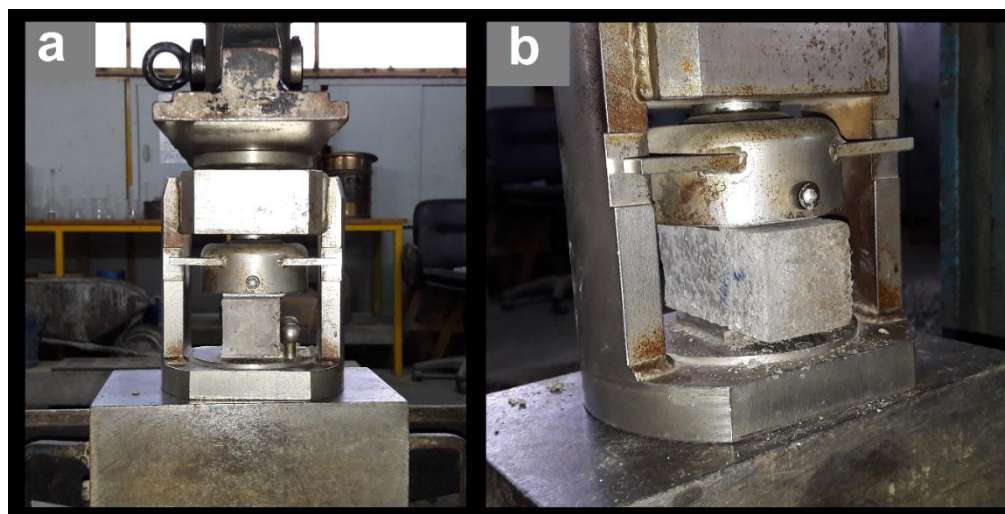


Figura 4. 409: Probeta de la muestra patrón sometida a ensayo de compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ensayo de Compresión (Mpa)					
% arena/musgo	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
Muestra 1 (Mpa)	17,50	15,63	11,60	5,90	4,60
	17,80	15,30	11,90	5,80	4,10
Muestra 2 (Mpa)	19,40	15,60	11,90	6,30	4,10
	18,10	16,90	11,90	5,60	4,20
Muestra 3 (Mpa)	19,10	15,30	11,90	5,60	4,40
	19,40	15,60	11,60	6,90	4,10
Promedio (Mpa)	19	16	12	6	4
% Variación muestra patrón	100	85	85	32	23

Tabla 4. 16: Ensayo de Compresión, NCh 2256 of 2001.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como vemos en la tabla 4.16, la resistencia a la compresión disminuye al aumentar el contenido de musgo deshidratado en el mortero, observando que la mezcla con más porcentaje en este caso la 60/40 presenta la menor resistencia con un valor promedio de 4.0 Mpa, disminuyendo en un 77% la resistencia a la compresión en relación a la resistencia de la muestra patrón. En el gráfico de la figura 4.20 podemos apreciar el porcentaje en el cual

disminuye la compresión por cada mortero dosificado con distintos porcentajes de arena/musgo en comparación con la muestra patrón.

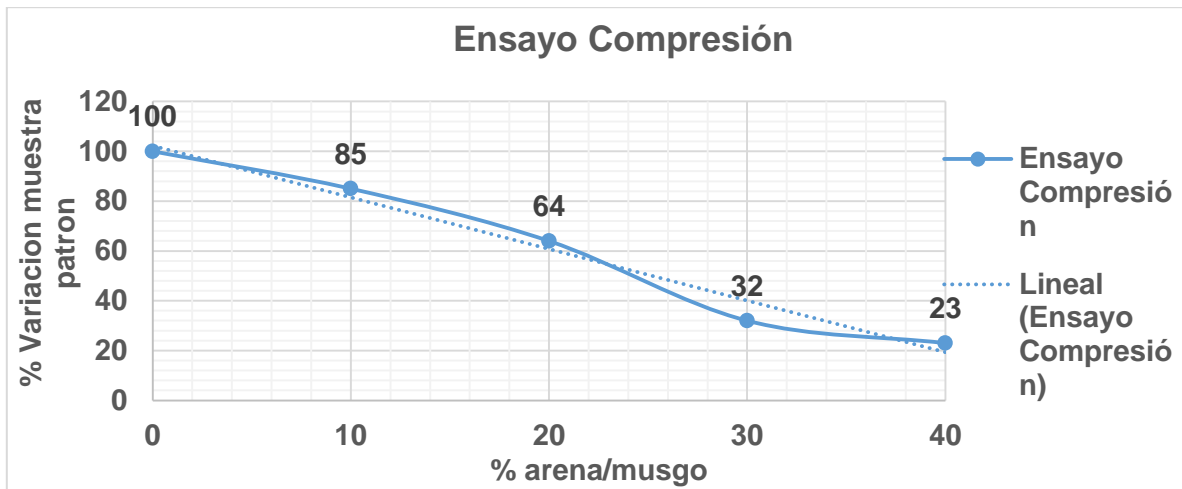


Figura 4. 2043: disminución de la resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia, basado en la tabla 4.16,

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La NCh 2256/1 of 2001 exige para los morteros de revestimiento continuo una resistencia mínima a la compresión de 2.5 Mpa a la edad de 28 días. En el gráfico de la figura 4.21 podemos ver y analizar el comportamiento de cada una de las probetas con distinta dosificación y su resistencia a la compresión según los requisitos de la norma aplicada.

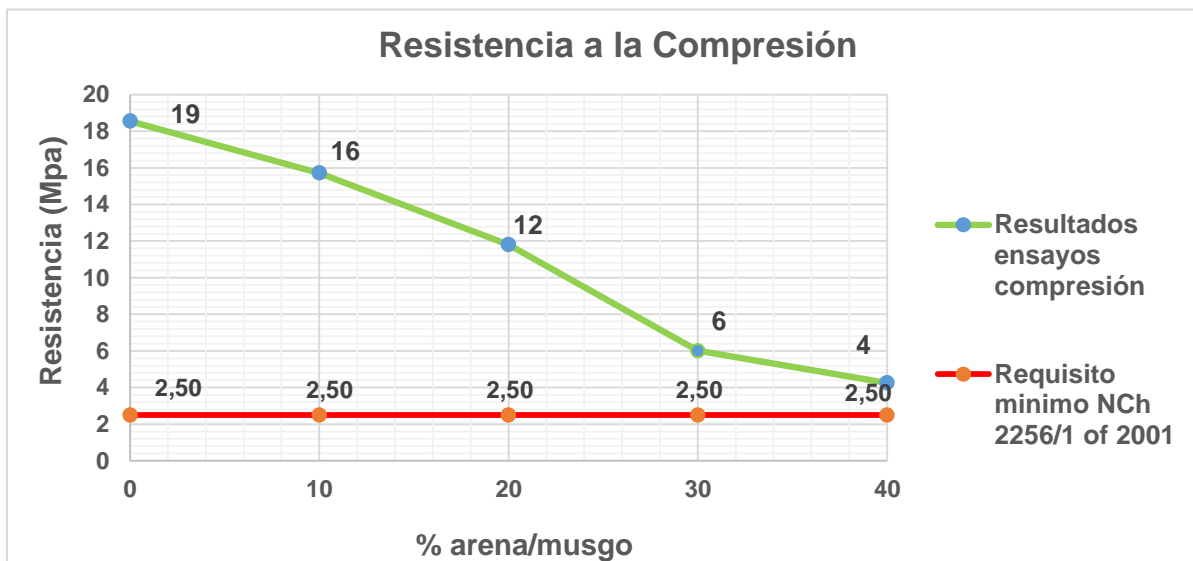


Figura 4. 21: Resistencia a la compresión de las probetas según cumplimiento de la NCh 2256/1 of 2001

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según los datos obtenidos anteriormente podemos evidenciar claramente una baja en la compresión de las probetas a medida que incrementamos el porcentaje de musgo en el mortero, esto se debe a que este material no presenta características granulares y es de muy baja densidad lo que favorece considerablemente la presencia de espacios huecos presentes en la mezcla, esto conlleva a una baja en la compactación de la misma favoreciendo una baja en el desempeño a la compresión de las probetas. En la figura 4.22 podemos apreciar en detalle la porosidad de la probeta dosificada con un porcentaje de 60/40 de incorporación de arena musgo.

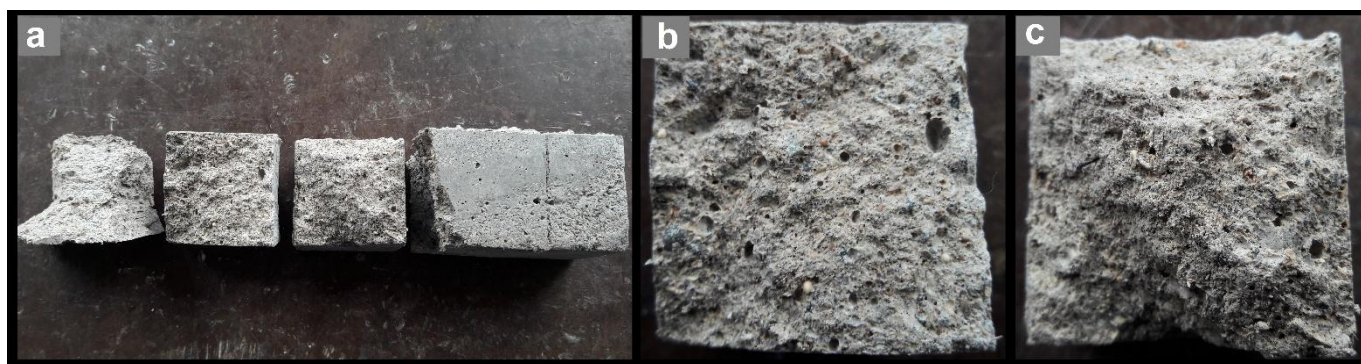


Figura 4.22: Detalle de restos de probetas ensayadas a la flexión y compresión, en una relación 60/40 de arena musgo incorporado en la mezcla.

Fuente: Elaboración propia, 2016

A continuación en la tabla 4.17 podemos apreciar un cuadro resumen con los resultados de los ensayos físicos y mecánicos descritos en la NCh 2256 of 2001 y la Norma Alemana DIN 18555 parte 7.

CUADRO RESUMEN		Mezclas de mortero - Dosificación % arena-musgo					Requisitos NCh 2256/1 of 2001
		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	
Ensayos							
Consistencia (mm)	resultado	197	204	201	205	210	180 -220 (mm)
	¿Cumple?	√	√	√	√	√	
Retentividad (g)	resultado	97	94	97,4	97,9	98,5	≥60 (g)
	¿Cumple?	√	√	√	√	√	
Resistencia a Flexión (Mpa)	resultado	5,6	5,2	3,4	2	1,8	no aplica
	¿Cumple?	-	-	-	-	-	
Resistencia a	resultado	19	16	12	6	4	≥2.5 (Mpa)

Compresión (Mpa)	¿Cumple?	√	√	√	√	√	
Densidad Aparente (g/cm³)	resultado	2,2	2,1	2	1,8	1,7	no aplica
	¿Cumple?	-	-	-	-	-	

Tabla 4. 17: Tabla cuadro resumen ensayos físicos y mecánicos.
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como se puede observar en la tabla 4.17 todas las mezclas cumplen con los requisitos de las normas establecidas y mencionadas en los alcances de dicha investigación, por ende pueden ser ocupadas para la confección de morteros de estuco continuo incluyendo la mezcla más desfavorable, que en este caso corresponde a la mezcla con un 40% de musgo deshidratado en reemplazo de la arena total ocupada en la dosificación.

El mortero escogido para realizar el ensayo de aislación térmica y acústica, es el que contiene un 40% de musgo deshidratado incorporado en relación a la arena total de la mezcla, a pesar de ser la mezcla con los resultados obtenidos más desfavorables, cumple de todas maneras con los requisitos mínimos especulados en las normas utilizadas en esta investigación.

4.2.4 Ensayo de Aislación térmico y acústico.

En la presente subcapítulo se entregan los resultados y el análisis del ensayo térmico y acústico realizado en la cámara ubicada en los laboratorios de hormigón de la Universidad de Valparaíso. Para llevar a cabo estos ensayos ubicaron unos bloques de albañilería de 60x60x14cm estucados por una cara con una capa de mortero de 15mm de espesor. Los ensayos se realizaron con la finalidad de efectuar un análisis comparativo de aislación térmica y acústica en un bloque de albañilería estucado con la mezcla patrón y otro con un mortero que contenía un 40% de este material en reemplazo de arena en la mezcla.

Para facilitar la confección de los bloques de albañilería se fabricó una matriz cuadrada de terciado para moldaje con un vano de 60x60cm. En su interior se fueron colocando los ladrillos los cuales fueron pegados con un mortero de pega en una razón de cemento: arena de 1:3 y en un espesor de 20mm. Luego de terminado la confección del bloque de albañilería se procedió a puntear su superficie expuesta del bloque con un cincel para asegurar la adherencia del mortero con el ladrillo. En la figura 4.23 podemos

apreciar el bloque de albañilería que posteriormente será sometido al ensayo de aislación térmica y acústica dentro de la cámara acondicionada para realizar este ensayo.

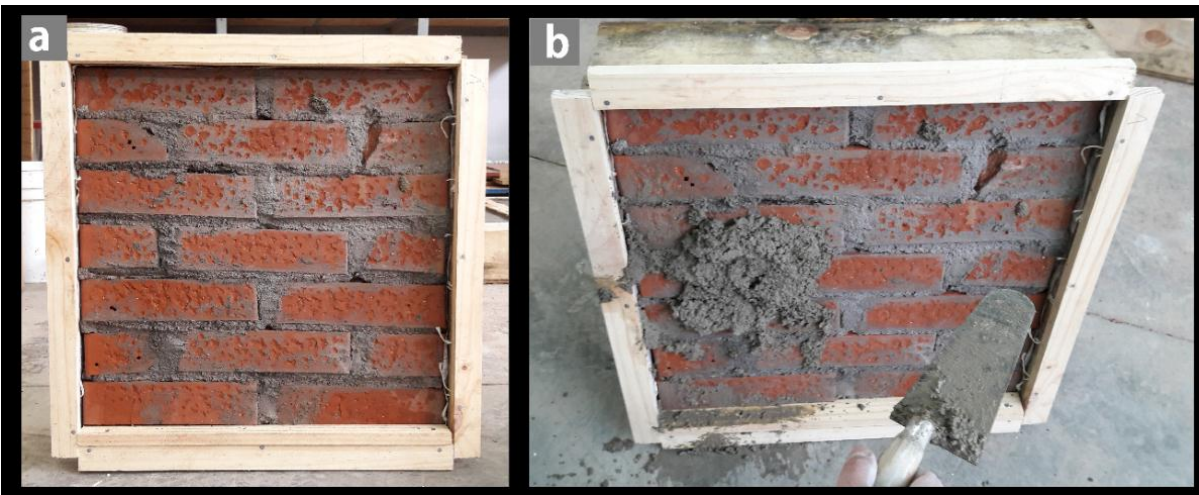


Figura 4.23: (a) Matriz con bloque de albañilería puntereadado, (b) aplicación del mortero de estuco, comprobando la adherencia de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4.1 Ensayo Térmico

Este ensayo fue realizado con el fin de determinar las propiedades de aislación que posee el mortero de estuco con agregado de musgo deshidratado, realizando un análisis comparativo con un mortero de dosificación y elaboración tradicional, a los cuales se les aplico en una de sus caras una capa de estuco de 15mm.

La metodología aplicada para realizar este ensayo consistió en introducir el bloque de albañilería en forma vertical dentro de la cámara y posteriormente se emitió una fuente de calor la cual se produjo con la ayuda de 2 ampolletas incandescente de 100 watts situadas en un extremo de la cámara paralelas al muro a ensayar. Para registrar los diferenciales de temperatura se ocuparon 4 sensores los cuales fueron dispuestos dentro de la cámara, 2 de estos registrando las temperaturas ambientes de ambos extremos de la

cámara y otros 2 registrando la temperatura en la cara estucada y la cara trasera del bloque de albañilería. En la figura 4.24 se puede observar la cámara y los equipos utilizados para registrar los datos y poder llevar a cabo el ensayo.



Figura 4. 2448: (a) bloque de albañilería dispuesto dentro de la cámara, (b) sensores, (c) panel emisor de calor, (d) maquina, (e) cámara de ensayo.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Para la obtencion y registro de los datos, se emitió una fuente de calor constante por un periodo de 240 minutos. En este periodo se registraron los diferenciales de temperaturas de los 4 sensores cada 2 minutos. Primero se ensayo el blqoue de albañilería sin ningun tipo de estuco, los resultados obtenidos en los 240 minutos se pueden apreciar en la tabla 4.18.

Tiempo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 - T2 (°C)
0	15,84	14,21	1,63
2	15,93	14,21	1,72
4	16,03	14,20	1,83
6	16,13	14,19	1,94
8	16,24	14,19	2,05
10	16,35	14,18	2,17
12	16,45	14,19	2,26
14	16,54	14,20	2,34

16	16,62	14,20	2,42
18	16,72	14,21	2,51
20	16,83	14,21	2,62
22	16,95	14,21	2,74
24	17,04	14,21	2,83
26	17,12	14,22	2,90
28	17,21	14,22	2,99
30	17,31	14,23	3,08
32	17,41	14,23	3,18
34	17,52	14,23	3,29
36	17,63	14,24	3,39
38	17,73	14,25	3,48
40	17,82	14,26	3,56
42	17,90	14,26	3,64
44	18,00	14,27	3,73
46	18,11	14,28	3,83
48	18,23	14,28	3,95
50	18,32	14,29	4,03
52	18,40	14,30	4,10
54	18,49	14,30	4,19
56	18,59	14,32	4,27
58	18,69	14,33	4,36
60	18,80	14,34	4,46
62	18,91	14,35	4,56
64	19,01	14,36	4,65
66	19,10	14,37	4,73
68	19,18	14,38	4,80
70	19,28	14,38	4,90
72	19,39	14,39	5,00
74	19,51	14,40	5,11
76	19,60	14,41	5,19
78	19,68	14,42	5,26
80	19,77	14,43	5,34
82	19,87	14,43	5,44
84	19,97	14,44	5,53
86	20,08	14,45	5,63
88	20,19	14,45	5,74
90	20,29	14,46	5,83
92	20,38	14,47	5,91

94	20,46	14,48	5,98
96	20,56	14,49	6,07
98	20,67	14,50	6,17
100	20,79	14,51	6,28
102	20,88	14,52	6,36
104	20,96	14,53	6,43
106	21,05	14,54	6,51
108	21,15	14,55	6,60
110	21,25	14,55	6,70
112	21,36	14,56	6,80
114	21,47	14,57	6,90
116	21,57	14,58	6,99
118	21,66	14,59	7,07
120	21,74	14,60	7,14
122	21,84	14,61	7,23
124	21,95	14,62	7,33
126	22,07	14,62	7,45
128	22,16	14,63	7,53
130	22,24	14,63	7,61
132	22,33	14,64	7,69
134	22,43	14,66	7,77
136	22,53	14,68	7,85
138	22,64	14,70	7,94
140	22,75	14,72	8,03
142	22,85	14,74	8,11
144	22,94	14,76	8,18
146	23,02	14,78	8,24
148	23,12	14,80	8,32
150	23,23	14,82	8,41
152	23,35	14,84	8,51
154	23,44	14,86	8,58
156	23,52	14,88	8,64
158	23,61	14,90	8,71
160	23,71	14,92	8,79
162	23,81	14,94	8,87
164	23,92	14,96	8,96
166	24,03	14,98	9,05
168	24,13	15,00	9,13
170	24,22	15,02	9,20

172	24,30	15,04	9,26
174	24,40	15,06	9,34
176	24,51	15,08	9,43
178	24,63	15,10	9,53
180	24,72	15,13	9,60
182	24,80	15,15	9,65
184	24,89	15,18	9,72
186	24,99	15,20	9,79
188	25,09	15,23	9,87
190	25,20	15,25	9,95
192	25,31	15,28	10,04
194	25,41	15,30	10,11
196	25,50	15,33	10,18
198	25,58	15,35	10,23
200	25,68	15,38	10,31
202	25,79	15,40	10,39
204	25,91	15,43	10,49
206	26,00	15,45	10,55
208	26,08	15,48	10,61
210	26,17	15,50	10,67
212	26,27	15,53	10,75
214	26,37	15,55	10,82
216	26,48	15,58	10,91
218	26,59	15,60	10,99
220	26,69	15,63	11,07
222	26,78	15,65	11,13
224	26,86	15,68	11,19
226	26,97	15,70	11,27
228	27,08	15,73	11,36
230	27,20	15,75	11,45
232	27,29	15,78	11,52
234	27,37	15,80	11,57
236	27,48	15,83	11,66
238	27,60	15,85	11,75
240	27,69	15,88	11,82

Tabla 4. 18: Resultados ensayo de aislacion termica realizado al bloque de albañileria sin ningun tipo de estuco.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T1: Temperatura medida en la cara del bloque de albañilería expuesta a la fuente de calor.

T2: Temperatura medida en la cara trasera del bloque de albañilería sin estucar.

T1-T2 : Diferencial de temperatura entre la cara expuesta a la fuente de calor y la cara trasera del bloque de albañilería sin estuco.

En la tabla 4.18 se puede apreciar los valores de las temperaturas medidas por los sensores en cada cara del muro, en donde la cara expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura de 15.84 °C a 27.69°C, mientras que la cara que no se encuentra expuesta a la fuente de calor (T2), no presenta grandes cambios de temperatura, variando de 14.21°C a 15.88 °C durante los 240 minutos que se realizó el ensayo. Los datos los podemos apreciar de mejor manera en el gráfico de la figura 4.25.

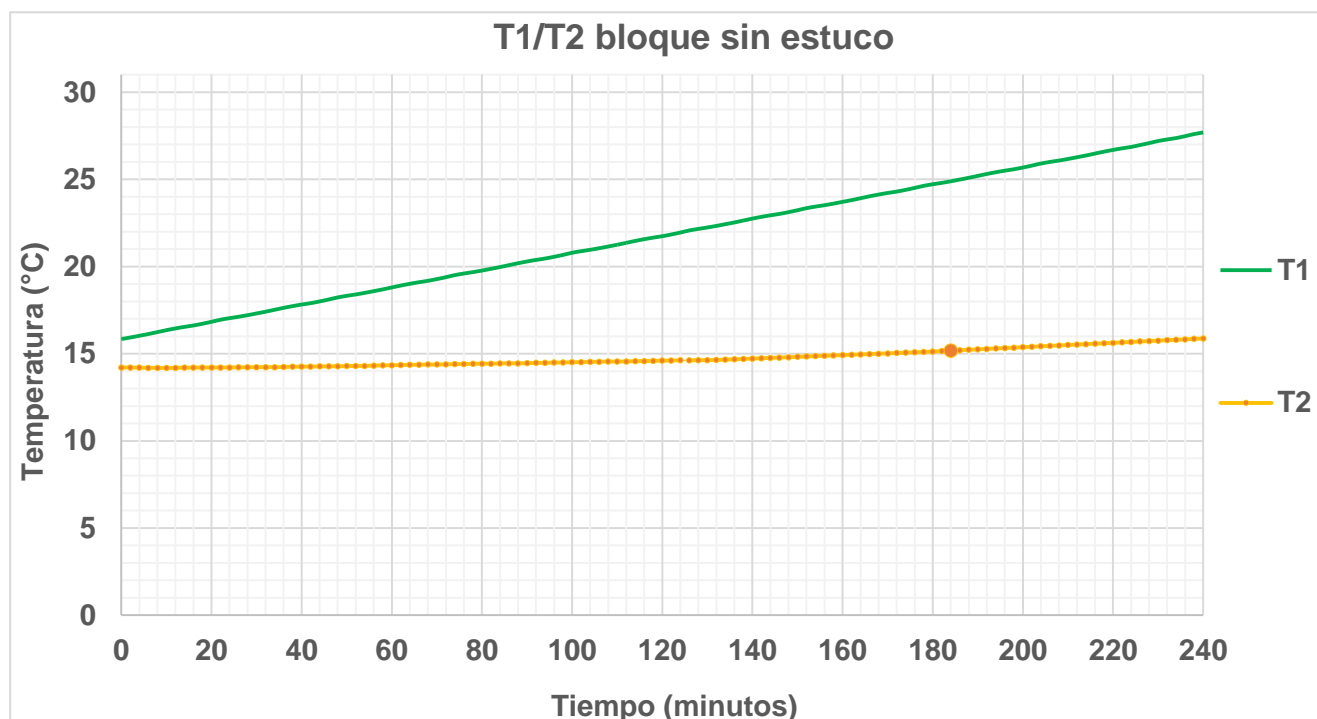


Figura 4. 51: Gráfico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañilería sin estuco ensayado en la cámara.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La cara del muro expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura en promedio 0.09°C cada 2 minutos, incrementando su temperatura en tan solo 11.9°C durante los 240 minutos que dura el ensayo. Por otra parte la cara del muro que no se encuentra expuesta a la fuente de calor, no presenta grandes cambios en el aumento de temperatura, solo presentando un incremento de 1,7 °C en el tiempo que duró el ensayo.

Además se midió la temperatura ambiente de la cámara de aislamiento, en donde se registraron los datos mediante los sensores T3 y T4, el primero ubicado en el sector donde

se encontraba la fuente de calor y el segundo se encontraba en el lado de la cámara donde se mantenía aislado de la fuente de calor. En la tabla 4.19 podemos apreciar los datos obtenidos mediante los sensores T3 y T4.

Tiempo (min)	T3 (°C)	T4 (°C)	T3 - T4 (°C)
0	21,60	15,01	6,59
2	21,83	14,99	6,84
4	22,01	14,96	7,05
6	22,17	14,90	7,27
8	22,34	14,88	7,46
10	22,52	14,87	7,65
12	22,71	14,86	7,85
14	22,88	14,85	8,03
16	23,06	14,84	8,22
18	23,22	14,83	8,39
20	23,38	14,82	8,56
22	23,53	14,82	8,71
24	23,70	14,81	8,89
26	23,89	14,81	9,08
28	24,10	14,80	9,30
30	24,29	14,81	9,48
32	24,47	14,81	9,66
34	24,66	14,82	9,84
36	24,87	14,82	10,05
38	25,07	14,82	10,25
40	25,30	14,83	10,47
42	25,48	14,83	10,65
44	25,64	14,84	10,80
46	25,81	14,85	10,96
48	25,99	14,85	11,14
50	26,18	14,86	11,32
52	26,35	14,87	11,48
54	26,53	14,88	11,65
56	26,69	14,88	11,81
58	26,85	14,89	11,96
60	27,00	14,90	12,10
62	27,17	14,91	12,26
64	27,36	14,92	12,44
66	27,57	14,93	12,64

68	27,76	14,94	12,82
70	27,94	14,95	12,99
72	28,13	14,96	13,17
74	28,34	14,97	13,37
76	28,54	14,98	13,56
78	28,77	14,99	13,78
80	28,95	15,01	13,94
82	29,11	15,02	14,09
84	29,28	15,03	14,25
86	29,46	15,04	14,42
88	29,65	15,04	14,61
90	29,82	15,05	14,77
92	30,00	15,06	14,94
94	30,16	15,07	15,09
96	30,32	15,08	15,24
98	30,47	15,09	15,38
100	30,64	15,10	15,54
102	30,83	15,12	15,71
104	31,04	15,14	15,90
106	31,23	15,16	16,07
108	31,41	15,17	16,24
110	31,60	15,19	16,41
112	31,81	15,21	16,60
114	32,01	15,22	16,79
116	32,24	15,24	17,00
118	32,42	15,26	17,16
120	32,58	15,27	17,31
122	32,75	15,28	17,47
124	32,93	15,30	17,63
126	33,12	15,31	17,81
128	33,29	15,33	17,96
130	33,47	15,35	18,12
132	33,63	15,36	18,27
134	33,79	15,37	18,42
136	33,94	15,39	18,55
138	34,11	15,41	18,70
140	34,30	15,45	18,85
142	34,51	15,47	19,04
144	34,70	15,49	19,21

146	34,88	15,51	19,37
148	35,07	15,52	19,55
150	35,28	15,54	19,74
152	35,48	15,56	19,92
154	35,71	15,58	20,13
156	35,89	15,59	20,30
158	36,05	15,61	20,44
160	36,22	15,62	20,60
162	36,40	15,63	20,77
164	36,59	15,65	20,94
166	36,76	15,67	21,09
168	36,94	15,69	21,25
170	37,10	15,71	21,39
172	37,26	15,73	21,53
174	37,41	15,74	21,67
176	37,58	15,77	21,81
178	37,77	15,80	21,97
180	37,98	15,83	22,15
182	38,17	15,86	22,31
184	38,35	15,89	22,46
186	38,54	15,92	22,62
188	38,75	15,95	22,80
190	38,95	15,98	22,97
192	39,18	16,01	23,17
194	39,36	16,14	23,22
196	39,52	16,07	23,45
198	39,69	16,11	23,58
200	39,87	16,15	23,72
202	40,06	16,18	23,88
204	40,23	16,22	24,01
206	40,41	16,26	24,15
208	40,57	16,30	24,27
210	40,73	16,33	24,40
212	40,88	16,36	24,52
214	41,05	16,39	24,66
216	41,24	16,41	24,83
218	41,45	16,42	25,03
220	41,64	16,45	25,19
222	41,82	16,48	25,34

224	42,01	16,53	25,48
226	42,22	16,57	25,65
228	42,42	16,63	25,79
230	42,65	16,68	25,97
232	42,83	16,73	26,10
234	42,99	16,80	26,19
236	43,16	16,94	26,22
238	43,34	17,05	26,29
240	43,53	17,13	26,40

Tabla 4. 19: Resultados ensayo de aislacion termica.
Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T3: Temperatura ambiente medida en la parte con emision de calor.

T4: Temperatura ambiente medida en la parte aislada de la camara .

T3-T4 : Diferencial de tenmperatura ambiente entre ambos lados de la camara.

En la tabla 4.19 se aprecia los valores de las temperatura ambiente medidas por los sensores T3 y T4 dispuestos en la tabiquería de la cámara de aislación. En el espacio de la cámara donde se encontraba el sensor T3 la temperatura registrada vario de los 21.6°C a los 43.5 °C, mientras que el espacio que no se encontraba expuesto a la fuente de calor T4 vario de los 15.0°C a los 17.1°C durante los 240 minutos en los que se efectuó el ensayo.

La forma que se comportan los datos mediante las variaciones de temperatura los podemos apreciar el grafico de la figura 4.26.

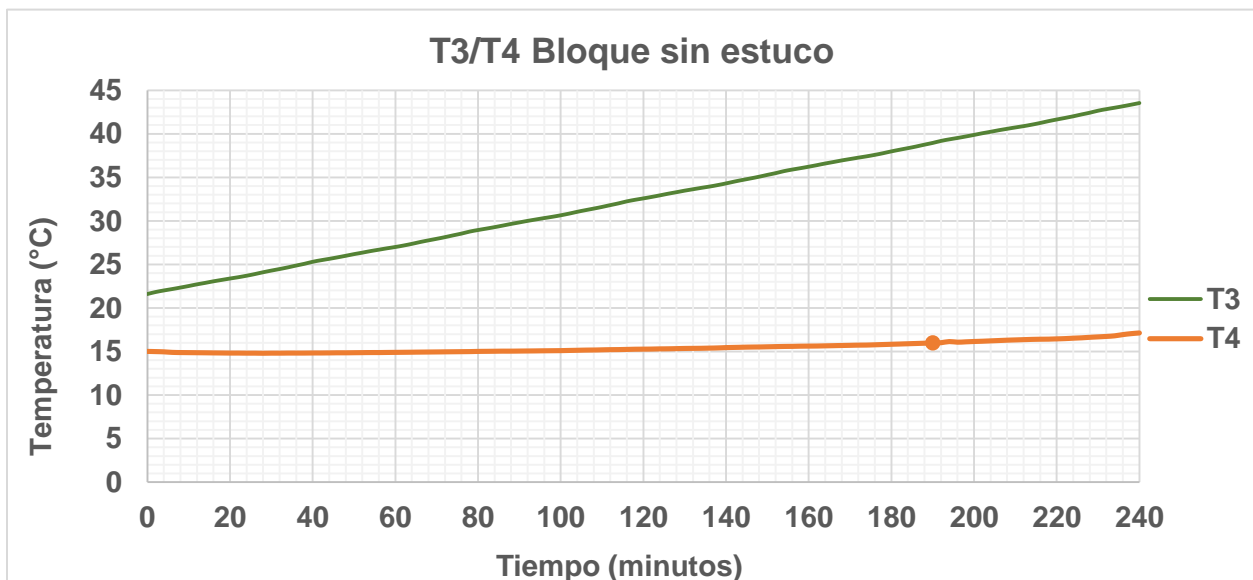


Figura 4. 2654: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en amboss espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4, en el bloque de albañileria sin estucar.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Según los datos registrados y expuestos en la tabla 4.19 la temperatura ambiente del lado de la cámara donde se encuentra el sensor T3 eleva su temperatura en promedio 0.19°C cada 2 minutos incrementando su temperatura en 21.09°C . Por otro lado la parte de la cámara donde se encontraba el sensor T4 no tubo un incremento significativo de la temperatura, en el cual se registro una temperatura inicial de 15.0°C llegando a los 17.1°C en los 240 minutos en los cuales se realizo el ensayo.

El promedio del diferencial de temperatura entre ambos lados de la cámara, en este caso T3 – T4 fue de un 17.1°C .

A continuación se exponen los datos obtenidos en el ensayo termico evaluando el bloque de albañilería estucado con la mezcla patron.. En la tabla 4.20 se pueden ver los datos obtenidos al realizar el ensayo de aislacion terminca en la cámara de aislacion.

Tiempo (min)	T1 ($^{\circ}\text{C}$)	T2 ($^{\circ}\text{C}$)	T1 - T2 ($^{\circ}\text{C}$)
0	14,73	12,65	2,08
2	14,90	12,62	2,28
4	15,05	12,60	2,45
6	15,19	12,58	2,61
8	15,32	12,56	2,76
10	15,48	12,55	2,93
12	15,62	12,53	3,09
14	15,78	12,53	3,25
16	15,92	12,52	3,40
18	16,06	12,52	3,54
20	16,19	12,51	3,68
22	16,34	12,51	3,83
24	16,50	12,51	3,99
26	16,63	12,51	4,12
28	16,76	12,51	4,25
30	16,90	12,51	4,39
32	17,02	12,52	4,50
34	17,16	12,52	4,64
36	17,27	12,52	4,75
38	17,41	12,52	4,89
40	17,54	12,53	5,01
42	17,66	12,53	5,13
44	17,79	12,54	5,25
46	17,92	12,55	5,37

48	18,05	12,55	5,50
50	18,17	12,56	5,61
52	18,31	12,56	5,75
54	18,43	12,57	5,86
56	18,54	12,58	5,96
58	18,65	12,59	6,06
60	18,76	12,60	6,16
62	18,87	12,60	6,27
64	18,98	12,62	6,36
66	19,08	12,63	6,45
68	19,18	12,64	6,54
70	19,29	12,65	6,64
72	19,40	12,66	6,74
74	19,50	12,67	6,83
76	19,60	12,68	6,92
78	19,70	12,69	7,01
80	19,80	12,71	7,09
82	19,90	12,72	7,18
84	20,02	12,73	7,29
86	20,14	12,75	7,39
88	20,23	12,76	7,47
90	20,31	12,78	7,53
92	20,39	12,79	7,60
94	20,50	12,81	7,69
96	20,61	12,82	7,79
98	20,73	12,84	7,89
100	20,83	12,86	7,97
102	20,93	12,87	8,06
104	21,00	12,89	8,11
106	21,10	12,91	8,19
108	21,20	12,93	8,27
110	21,29	12,95	8,34
112	21,39	12,97	8,42
114	21,48	12,99	8,49
116	21,57	13,00	8,57
118	21,64	13,02	8,62
120	21,73	13,04	8,69
122	21,82	13,06	8,76
124	21,91	13,08	8,83

126	22,01	13,10	8,91
128	22,10	13,13	8,97
130	22,19	13,15	9,04
132	22,27	13,17	9,10
134	22,35	13,19	9,16
136	22,44	13,21	9,23
138	22,54	13,24	9,30
140	22,67	13,26	9,41
142	22,75	13,29	9,46
144	22,82	13,31	9,51
146	22,90	13,33	9,57
148	23,00	13,36	9,64
150	23,09	13,38	9,71
152	23,17	13,39	9,78
154	23,25	13,40	9,85
156	23,32	13,41	9,91
158	23,4	13,43	9,97
160	23,49	13,44	10,05
162	23,57	13,45	10,12
164	23,66	13,48	10,18
166	23,74	13,49	10,25
168	23,82	13,5	10,32
170	23,90	13,52	10,38
172	23,98	13,53	10,45
174	24,05	13,55	10,50
176	24,13	13,56	10,57
178	24,21	13,57	10,64
180	24,30	13,57	10,73
182	24,38	13,59	10,79
184	24,45	13,60	10,85
186	24,53	13,62	10,91
188	24,61	13,63	10,98
190	24,7	13,65	11,05
192	24,79	13,66	11,13
194	24,86	13,68	11,18
196	24,93	13,69	11,24
198	25,03	13,7	11,33
200	25,11	13,72	11,39
202	25,19	13,73	11,46

204	25,26	13,75	11,51
206	25,35	13,76	11,59
208	25,46	13,77	11,69
210	25,53	13,79	11,74
212	25,62	13,8	11,82
214	25,71	13,81	11,90
216	25,8	13,82	11,98
218	25,91	13,84	12,07
220	26,04	13,85	12,19
222	26,15	13,86	12,29
224	26,23	13,88	12,35
226	26,34	13,89	12,45
228	26,42	13,91	12,51
230	26,54	13,92	12,62
232	26,63	13,93	12,70
234	26,71	13,94	12,77
236	26,80	13,96	12,84
238	26,90	13,97	12,93
240	27,02	13,98	13,04

Tabla 4. 20: Resultados ensayo de aislacion termica utilizando muestra patron.
Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T1: Temperatura medida en la cara estucada del bloque de albañileria.

T2: Temperatura medida en la cara trasera del bloque de albañileria.

T1-T2 : Diferencial de tenperatura entre la cara estucada y la cara trasero del bloque de albañileria.

En la tabla 4.20 se puede apreciar los valores de las temperaturas medidas por los sensores en cada cara del muro, en donde la cara expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura de 14.73 °C a 27.02°C, mientras que la cara que no se encuentra expuesta a la fuente de calor (T2), no presento grandes cambio de temperatura, variando de 12.65°C a 13.98 °C durante los 240 minutos que se realizo el ensayo. Los datos los podemos apreciar de mejor manera en el grafico de la figura 4.27.

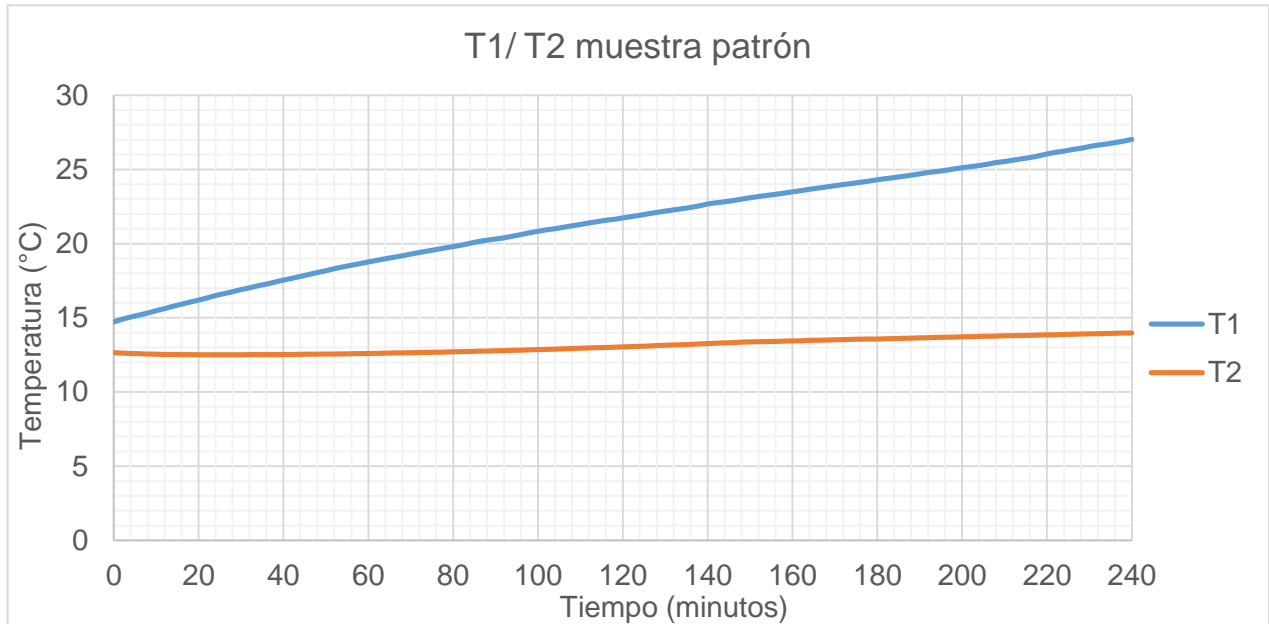


Figura 4. 2757: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañería ensayado en la camara termica utilizando mortero con mezcla patron.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

La cara del muro expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura en 0.15°C cada 2 minutos, incrementando su temperatura en tan solo 12.29°C durante los 240 minutos que dura el ensayo. Por otra parte la cara del muro que no se encuentra expuesta a la fuente de calor, no presenta grandes cambios en el aumento de temperatura, solo presentando un incremento de $1,33^{\circ}\text{C}$ en el tiempo que duro el ensayo.

Ademas se midio la temperatura ambiente de la camara de aislacion, en donde se registraron los datos mediante los sensores T3 y T4, el primero ubicado en el sector donde se encontraba la fuente de calor y el segundo se encontraba en el lado de la camara donde se mantenia aislado de la fuente de calor. En la tabla 4.21 podemos apreciar los datos obtenidos mediante los sensores T3 y T4.

Tiempo (min)	T3 (°C)	T4 (°C)	T3 - T4 (°C)
0	20,57	14,14	6,43
2	21,01	14,10	6,91
4	21,39	14,06	7,33
6	21,72	14,04	7,68
8	22,05	14,02	8,03
10	22,40	14,00	8,40

12	22,74	13,99	8,75
14	23,07	13,98	9,09
16	23,39	13,97	9,42
18	23,67	13,96	9,71
20	23,96	13,96	10,00
22	24,27	13,95	10,32
24	24,57	13,94	10,63
26	24,84	13,94	10,90
28	25,08	13,94	11,14
30	25,34	13,93	11,41
32	25,58	13,93	11,65
34	25,81	13,93	11,88
36	26,03	13,92	12,11
38	26,24	13,92	12,32
40	26,45	13,92	12,53
42	26,67	13,92	12,75
44	26,92	13,91	13,01
46	27,12	13,92	13,20
48	27,32	13,91	13,41
50	27,53	13,92	13,61
52	27,74	13,92	13,82
54	27,95	13,92	14,03
56	28,11	13,92	14,19
58	28,28	13,92	14,36
60	28,46	13,92	14,54
62	28,63	13,93	14,70
64	28,80	13,93	14,87
66	28,93	13,94	14,99
68	29,08	13,93	15,15
70	29,22	13,94	15,28
72	29,40	13,94	15,46
74	29,58	13,95	15,63
76	29,76	13,95	15,81
78	29,94	13,95	15,99
80	30,12	13,96	16,16
82	30,30	13,96	16,34
84	30,48	13,97	16,51
86	30,66	13,97	16,69
88	30,84	13,98	16,86

90	31,02	13,98	17,04
92	31,20	13,99	17,21
94	31,38	13,99	17,39
96	31,56	14,00	17,56
98	31,74	14,00	17,74
100	31,92	14,01	17,91
102	32,10	14,01	18,09
104	32,28	14,02	18,26
106	32,46	14,03	18,43
108	32,64	14,03	18,61
110	32,82	14,04	18,78
112	33,00	14,05	18,95
114	33,18	14,06	19,12
116	33,36	14,06	19,30
118	33,54	14,07	19,47
120	33,72	14,08	19,64
122	33,90	14,08	19,82
124	34,08	14,09	19,99
126	34,26	14,10	20,16
128	34,44	14,11	20,33
130	34,62	14,11	20,51
132	34,80	14,12	20,68
134	34,98	14,13	20,85
136	35,16	14,14	21,02
138	35,34	14,15	21,19
140	35,52	14,15	21,37
142	35,70	14,16	21,54
144	35,88	14,17	21,71
146	36,06	14,18	21,88
148	36,24	14,19	22,05
150	36,42	14,20	22,22
152	36,60	14,21	22,39
154	36,78	14,22	22,56
156	36,96	14,23	22,73
158	37,14	14,24	22,90
160	37,32	14,25	23,07
162	37,50	14,26	23,24
164	37,68	14,27	23,41
166	37,86	14,28	23,58

168	38,04	14,29	23,75
170	38,22	14,30	23,92
172	38,40	14,31	24,09
174	38,58	14,32	24,26
176	38,76	14,33	24,43
178	38,94	14,34	24,60
180	39,12	14,35	24,77
182	39,30	14,36	24,94
184	39,48	14,37	25,11
186	39,66	14,38	25,28
188	39,84	14,39	25,45
190	40,02	14,40	25,62
192	40,20	14,41	25,79
194	40,38	14,42	25,96
196	40,56	14,43	26,13
198	40,74	14,44	26,30
200	40,92	14,45	26,47
202	41,10	14,46	26,64
204	41,28	14,47	26,81
206	41,46	14,48	26,98
208	41,64	14,49	27,15
210	41,82	14,50	27,32
212	42,00	14,51	27,49
214	42,18	14,52	27,66
216	42,36	14,53	27,83
218	42,54	14,54	28,00
220	42,72	14,55	28,17
222	42,90	14,56	28,34
224	43,08	14,57	28,51
226	43,26	14,58	28,68
228	43,44	14,59	28,85
230	43,62	14,60	29,02
232	43,80	14,61	29,19
234	43,98	14,62	29,36
236	44,16	14,63	29,53
238	44,34	14,64	29,70
240	44,52	14,65	29,87

Tabla 4. 21: Resultados ensayo de aislacion termica, utilizando la mezlca patron.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T3: Temperatura ambiente medida en la parte con emision de calor.

T4: Temperatura ambiente medida en la parte aislada de la camara .

T3-T4 : Diferencial de tenperatura ambiente entre ambos lados de la camara.

En la tabla 4.21 se aprecia los valores de las temperatura ambiente medidas por los sensores T3 y T4 dispuestos en la tabiquería de la cámara de aislación. En el espacio de la cámara donde se encontraba el sensor T3 la temperatura registrada vario de los 20.57°C a los 44.52 °C, mientras que el espacio que no se encontraba expuesto a la fuente de calor T4 vario de los 14.14°C a los 14.65°C durante los 240 minutos en los que se efectuó el ensayo. La forma que se comportan los datos mediante las variaciones de temperatura los podemos apreciar el grafico de la figura 4.28.

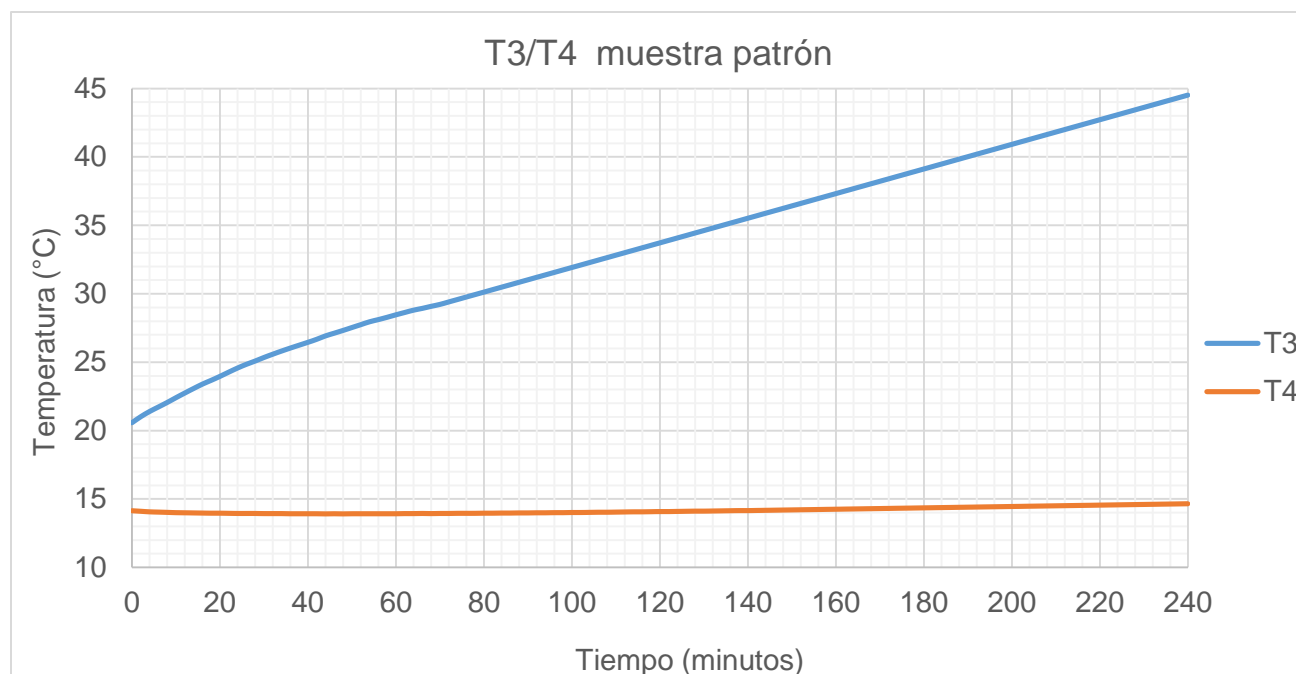


Figura 4. 2860: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en ambos espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4, en el bloque de albañileria donde se empleo la muestra patron

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Según los datos registrados y expuestos en la tabla 4.21 la temperatura ambiente del lado de la camara donde se encuentra el sensor T3 eleva su temperatura en promedio 0.31°C cada 2 minutos incrementando su temperatura en 21.06°C. Por otro lado la parte de la camara donde se encontraba el sensor T4 no tubo un incremento significativo de la temperatura, en el cual se registro una temperatura inicial de 14.14°C llegando a los 14.65°C en los 240 minutos en los cuales se realizo el ensayo.

El promedio del diferencial de temperatura entre ambos lados de la cámara, en este caso T3 – T4 fue de un 19.4°C.

A continuación se exponen los datos obtenidos en el ensayo térmico evaluando el bloque de albañilería estucado con una mezcla que posee un 40% de musgo en remplazo de arena.. En la tabla 4.22 se pueden ver los datos obtenidos al realizar el ensayo de aislamiento terminca en la cámara de aislamiento.

Tiempo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 - T2 (°C)
0	16,30	13,88	2,42
2	16,50	13,87	2,63
4	16,65	13,87	2,78
6	16,78	13,86	2,92
8	16,90	13,86	3,04
10	17,01	13,85	3,16
12	17,15	13,86	3,29
14	17,30	13,87	3,43
16	17,42	13,88	3,54
18	17,54	13,88	3,66
20	17,65	13,88	3,77
22	17,75	13,89	3,86
24	17,85	13,89	3,96
26	17,97	13,89	4,08
28	18,11	13,90	4,21
30	18,24	13,90	4,34
32	18,36	13,90	4,46
34	18,46	13,91	4,55
36	18,56	13,91	4,65
38	18,68	13,91	4,77
40	18,79	13,91	4,88
42	18,90	13,92	4,98
44	19,01	13,92	5,09
46	19,12	13,92	5,20
48	19,22	13,92	5,30
50	19,34	13,93	5,41
52	19,46	13,93	5,53
54	19,58	13,93	5,65
56	19,67	13,94	5,73
58	19,77	13,94	5,83
60	19,86	13,95	5,91

62	19,97	13,95	6,02
64	20,10	13,96	6,14
66	20,21	13,96	6,25
68	20,28	13,97	6,31
70	20,37	13,97	6,40
72	20,46	13,98	6,48
74	20,56	13,98	6,58
76	20,68	13,99	6,69
78	20,80	13,99	6,81
80	20,91	14,00	6,91
82	21,00	14,01	6,99
84	21,10	14,02	7,08
86	21,20	14,03	7,17
88	21,30	14,03	7,27
90	21,40	14,04	7,36
92	21,60	14,06	7,54
94	21,68	14,07	7,61
96	21,76	14,08	7,68
98	21,84	14,09	7,75
100	21,92	14,10	7,82
102	22,00	14,11	7,89
104	22,09	14,12	7,97
106	22,17	14,13	8,04
108	22,25	14,14	8,11
110	22,32	14,16	8,16
112	22,44	14,17	8,27
114	22,54	14,18	8,36
116	22,64	14,19	8,45
118	22,72	14,21	8,51
120	22,79	14,22	8,57
122	22,85	14,23	8,62
124	22,92	14,24	8,68
126	23,00	14,25	8,75
128	23,08	14,27	8,81
130	23,15	14,28	8,87
132	23,24	14,30	8,94
134	23,33	14,32	9,01
136	23,41	14,33	9,08
138	23,47	14,34	9,13
140	23,54	14,36	9,18

142	23,61	14,38	9,23
144	23,67	14,39	9,28
146	23,75	14,40	9,35
148	23,85	14,42	9,43
150	23,93	14,44	9,49
152	24,01	14,45	9,56
156	24,09	14,47	9,62
158	24,16	14,48	9,68
160	24,25	14,50	9,75
162	24,34	14,51	9,83
164	24,43	14,53	9,90
166	24,47	14,54	9,93
168	24,55	14,56	9,99
170	24,63	14,57	10,06
172	24,68	14,59	10,09
174	24,76	14,60	10,16
176	24,83	14,61	10,22
178	24,95	14,63	10,32
180	25,02	14,64	10,38
182	25,08	14,66	10,42
184	25,15	14,67	10,48
186	25,24	14,68	10,56
188	25,33	14,69	10,64
190	25,42	14,77	10,65
192	25,48	14,72	10,76
194	25,54	14,73	10,81
196	25,62	14,74	10,88
198	25,67	14,76	10,91
200	25,75	14,78	10,97
202	25,82	14,79	11,03
204	25,93	14,80	11,13
206	26,01	14,81	11,20
208	26,07	14,82	11,25
210	26,14	14,84	11,30
212	26,25	14,85	11,40
214	26,33	14,86	11,47
216	26,43	14,88	11,55
218	26,49	14,90	11,59
220	26,55	14,91	11,64
222	26,61	14,92	11,69

224	26,68	14,94	11,74
226	26,74	14,95	11,79
228	26,80	14,96	11,84
230	26,88	14,97	11,91
232	26,92	14,98	11,94
234	26,99	14,99	12,00
236	27,05	15,01	12,04
238	27,11	15,02	12,09
240	27,15	15,03	12,12

Tabla 4. 22: Resultados ensayo de aislacion termica, utilizando, la mezcla 60/40 de arena/musgo.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T1: Temperatura medida en la cara estucada del bloque de albañileria.

T2: Temperatura medida en la cara trasera del bloque de albañileria.

T1-T2 : Diferencial de temperatura entre la cara estucada y la cara trasero del bloque de albañileria.

En la tabla 4.22 se puede apreciar los valores de las temperaturas medidas por los sensores en cada cara del muro, en donde la cara expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura de 16.30°C a 27.15°C, mientras que la cara que no se encuentra expuesta a la fuente de calor (T2), no presento grandes cambio de temperatura, variando de 13.88°C a 15.03°C durante los 240 minutos que se realizo el ensayo. Los datos los podemos apreciar de mejor manera en el grafico de la figura 4.29.

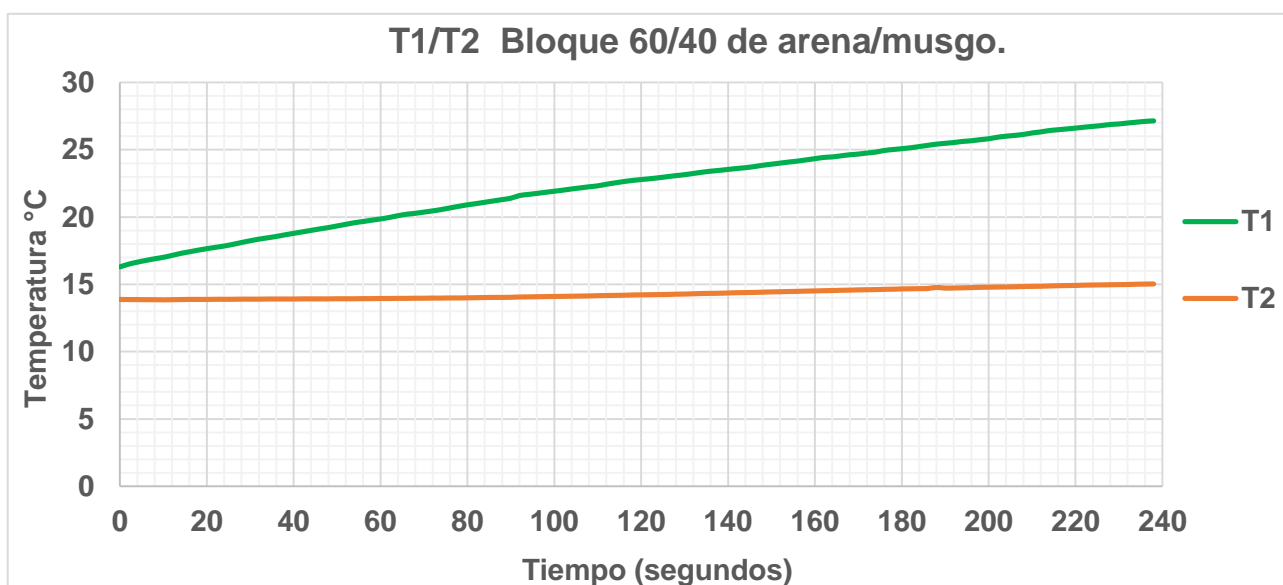


Figura 4.29: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en las temperaturas registradas en ambas caras del bloque de albañileria ensayado en la camara termica.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Como se puede observar en la figura 4.31, la cara del muro expuesta a la fuente de calor (T1) eleva su temperatura en 0.14°C cada 2 minutos, incrementando su temperatura en tan solo 10.85°C durante los 240 minutos que dura el ensayo. Por otra parte la cara del muro que no se encuentra expuesta a la fuente de calor, no presenta grandes cambios en el aumento de temperatura, solo presentando un incremento de $1,15^{\circ}\text{C}$ en el tiempo que duro el ensayo.

Ademas se midio la temperatura ambiente de la camara de aislacion, en donde se registraron los datos mediante los sensores T3 y T4, el primero ubicado en el sector donde se encontraba la fuente de calor y el segundo se encontraba en el lado de la camara donde se mantenía aislado de la fuente de calor. En la tabla 4.23 podemos apreciar los datos obtenidos mediante los sensores T3 y T4.

Tiempo (min)	T3 ($^{\circ}\text{C}$)	T4 ($^{\circ}\text{C}$)	T3 - T4 ($^{\circ}\text{C}$)
0	22,22	14,73	7,49
2	22,79	14,72	8,07
4	23,21	14,71	8,50
6	23,56	14,70	8,86
8	23,88	14,70	9,18
10	24,19	14,69	9,50
12	24,56	14,69	9,87
14	24,95	14,68	10,27
16	25,26	14,68	10,58
18	25,55	14,67	10,88
20	25,81	14,67	11,14
22	26,01	14,67	11,34
24	26,23	14,67	11,56
26	26,54	14,66	11,88
28	26,89	14,66	12,23
30	27,18	14,66	12,52
32	27,41	14,66	12,75
34	27,65	14,66	12,99
36	27,86	14,66	13,20
38	28,13	14,65	13,48
40	28,40	14,65	13,75
42	28,64	14,65	13,99
44	28,84	14,65	14,19
46	29,05	14,65	14,40
48	29,24	14,65	14,59
50	29,48	14,65	14,83
52	29,73	14,65	15,08

54	29,93	14,65	15,28
56	30,10	14,65	15,45
58	30,27	14,65	15,62
60	30,46	14,65	15,81
62	30,69	14,65	16,04
64	30,93	14,64	16,29
66	31,14	14,65	16,49
68	31,22	14,65	16,57
70	31,34	14,65	16,69
72	31,51	14,65	16,86
74	31,68	14,65	17,03
76	31,91	14,65	17,26
78	32,15	14,65	17,50
80	32,35	14,65	17,70
82	32,49	14,65	17,84
84	32,63	14,66	17,97
86	32,79	14,66	18,13
88	32,94	14,66	18,28
90	33,15	14,66	18,49
92	33,49	14,67	18,82
94	33,58	14,68	18,90
96	33,68	14,68	19,00
98	33,8	14,68	19,12
100	33,92	14,69	19,23
102	34,03	14,69	19,34
104	34,15	14,69	19,46
106	34,25	14,70	19,55
108	34,37	14,70	19,67
110	34,49	14,71	19,78
112	34,7	14,72	19,98
114	34,88	14,72	20,16
116	35,03	14,73	20,30
118	35,13	14,74	20,39
120	35,2	14,74	20,46
122	35,25	14,75	20,50
124	35,31	14,75	20,56
126	35,42	14,76	20,66
128	35,54	14,76	20,78
130	35,62	14,77	20,85
132	35,73	14,77	20,96

134	35,87	14,78	21,09
136	36	14,78	21,22
138	36,06	14,79	21,27
140	36,13	14,79	21,34
142	36,2	14,80	21,40
144	36,3	14,81	21,49
146	36,4	14,81	21,59
148	36,55	14,82	21,73
150	36,67	14,82	21,85
152	36,78	14,83	21,95
154	36,84	14,83	22,01
156	36,9	14,83	22,07
158	36,98	14,84	22,14
160	37,03	14,84	22,19
162	37,11	14,84	22,27
164	37,19	14,85	22,34
166	37,28	14,85	22,43
168	37,37	14,85	22,52
170	37,45	14,85	22,60
172	37,55	14,85	22,70
174	37,64	14,86	22,78
176	37,75	14,86	22,89
178	37,83	14,86	22,97
180	37,95	14,86	23,09
182	38,06	14,86	23,20
184	38,14	14,86	23,28
186	38,22	14,87	23,35
188	38,3	14,87	23,43
190	38,39	14,87	23,52
192	38,47	14,88	23,59
194	38,58	14,88	23,70
196	38,69	14,88	23,81
198	38,78	14,88	23,90
200	38,87	14,88	23,99
202	38,96	14,88	24,08
204	39,08	14,88	24,20
206	39,19	14,89	24,30
208	39,28	14,89	24,39
210	39,37	14,9	24,47
212	39,46	14,9	24,56

214	39,55	14,9	24,65
216	39,64	14,9	24,74
218	39,73	14,9	24,83
220	39,82	14,9	24,92
222	39,91	14,91	25,00
224	40,08	14,91	25,17
226	40,18	14,91	25,27
228	40,27	14,91	25,36
230	40,35	14,92	25,43
232	40,44	14,92	25,52
234	40,56	14,92	25,64
236	40,64	14,92	25,72
238	40,73	14,92	25,81
240	40,8	14,92	25,88

Tabla 4. 23: Resultados ensayo de aislacion termica.
Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Donde:

T3: Temperatura ambiente medida en la parte con emision de calor.

T4: Temperatura ambiente medida en la parte aislada de la camara .

T3-T4 : Diferencial de tenperatura ambiente entre ambos lados de la camara.

En la tabla 4.23 se aprecia los valores de las temperatura ambiente medidas por los sensores T3 y T4 dispuestos en la tabiquería de la cámara de aislación. En el espacio de la cámara donde se encontraba el sensor T3 la temperatura registrada vario de los 22.22°C a los 40.8 °C, mientras que el espacio que no se encontraba expuesto a la fuente de calor vario de los 14.73°C a los 14.92°C durante los 240 minutos en los que se efectuó el ensayo. La forma que se comportan los datos mediante las variaciones de temperatura los podemos apreciar el grafico de la figura 4.30.

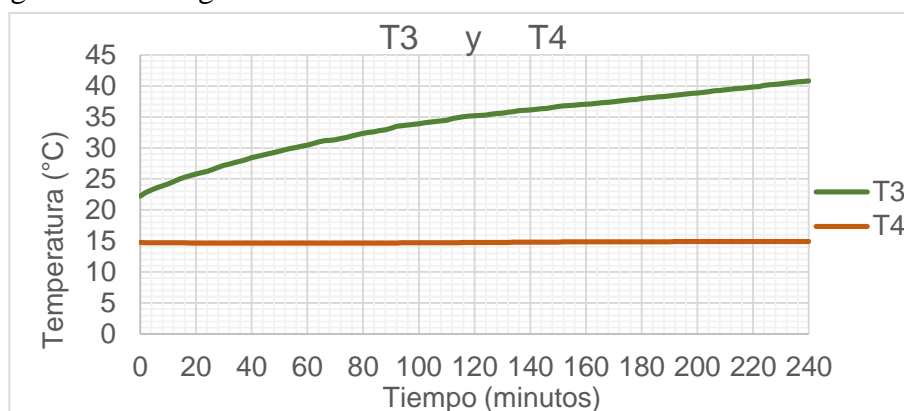


Figura 4. 3065: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min), basado en la temperatura ambiente registrada en amboss espacios de la camara aislante donde se encontraban los sensores T3 y T4.

Fuente: Elaboracion propia, 2016.

Según los datos registrados y expuestos en la tabla 4.19 la temperatura ambiente del lado de la cámara donde se encuentra el sensor T3 eleva su temperatura en promedio 0.39°C cada 2 minutos incrementando su temperatura en 18.58°C. Por otro lado la parte de la cámara donde se encontraba el sensor T4 no tubo un incremento significativo de la temperatura, en el cual se registro una temperatura inicial de 14.73°C llegando a los 14.92°C en los 240 minutos en los cuales se realizó el ensayo.

El promedio del diferencial de temperatura entre ambos lados de la cámara, en este caso T3 – T4 fue de un 19.2°C.

4.2.4.2 Resumen de resultados del ensayo térmico

Para clarificar la gran cantidad de datos prestados se realizó un cuadro comparativo, que se puede observar en la tabla 4.24, con el fin de mejorar la interpretación de los resultados obtenidos del ensayo térmico y así facilitar el análisis de este.

Valor	Albañilería sin estuco (B.AS)				Albañilería estuco mezcla patrón (B.A.P)				Albañilería estuco mezcla 60/40 de arena/musgo (B.A.M)			
	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C
Mínimo	15,8	14,2	21,6	15,0	14,7	12,7	20,6	14,1	16,3	13,9	22,2	14,7
Máximo	27,7	15,9	43,5	17,1	27,0	14,0	44,5	14,7	27,2	15,0	40,8	14,9
Diferencial de Temperatura	11,9	1,7	21,9	2,1	12,3	1,3	24,0	0,5	10,9	1,2	18,6	0,2
Promedio valor min/máx.	21,8	14,8	32,5	15,5	21,4	13,1	33,6	14,2	22,4	14,3	34,0	14,8
Promedio diferencial de temperatura	7,0		17,1		8,3		19,4		8,1		19,2	

Tabla 4. 24: Resumen temperaturas (°C) de los ensayos térmicos de los tres tipos de bloques de albañilería realizado en la cámara térmica.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Donde:

T1 °C: Temperatura medida en la cara delantera del bloque de albañilería expuesta a la fuente de calor.

T2 °C: Temperatura medida en la cara trasera del bloque de albañilería aislada del la fuente de calor.

T3 °C: Temperatura ambiente medida en la parte con fuente de calor.

T4 °C: Temperatura ambiente medida en la parte aislada de la cámara .
B.A.S: Bloque de albañilería sin estucar.

B.A.P: Bloque de albañilería con muestra patrón.

B.A.M: Bloque de albañilería con agregado de musgo.

En la tabla 4.24 podemos observar que B.A.S presentó un aumento de temperatura de 11.9°C en donde se encontraba T1, a su vez, la cara opuesta T2 presentó un aumento de 1.7°C, promediando entre ambas caras una diferencia de temperaturas de 7.0°C.

En el caso siguiente B.A.P presentó un aumento de temperatura de en T1 de 12.3°C, mientras que T2 aumento tan solo 1.3°C, promediando un diferencial de temperatura de 8.3°C entre ambas caras. Si comparamos este último valor con el promedio de diferencia de temperatura de B.A.S podemos ver que solo difiere en 1.3°C, o sea el B.A.P aísla térmicamente solo 1.3°C más que B.A.S.

Ahora si nos vamos a B.A.M, podemos darnos cuenta que tiene un comportamiento similar a B.A.P, en donde T1 registra un aumento de temperatura de 10.9°C, mientras que T2 aumenta tan solo en 1.2°C, registrando un promedio diferencial de temperatura de 8.1°C.

En el gráfico de la figura 4.31 se puede observar el comportamiento del diferencial de temperatura T1-T2, en donde se aprecia claramente que no existe gran diferencia entre B.A.S y B.A.P.

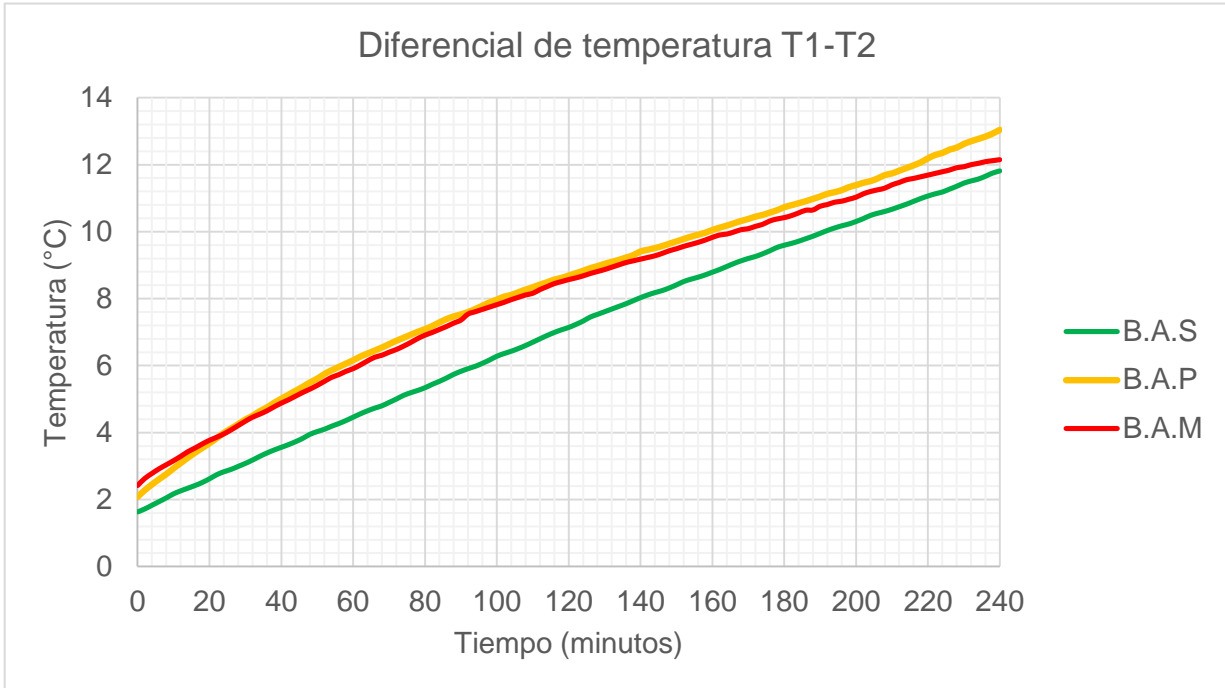


Figura 4.31: Gráfico comportamiento diferencial de temperatura T1-T2
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Por otra parte los resultados de T3 y T4 se puede observar la misma tendencia que en T1 y T2 en donde los sensores que se encuentran en la parte de la cámara donde está la fuente de calor elevan su temperatura considerablemente en comparación a los sensores que están en la parte aislada sin fuente emisora de calor.

En el caso de B.A.S T3 tiene un aumento del 21.9°C mientras que T4 registra un aumento de tan solo 2.1°C. En B.A.P el aumento de temperatura es de 24°C mientras que T4 es de 0.5°C. Por ultimo tenemos B.A.M en donde T3 aumenta su temperatura en 18.6°C y T4 en 0.2°C no registrando grandes cambios prácticamente en los 240 minutos en los cuales se realizó el ensayo.

A continuación en el gráfico de la figura 4.32 se puede ver el diferencial de temperatura de T3-T4.

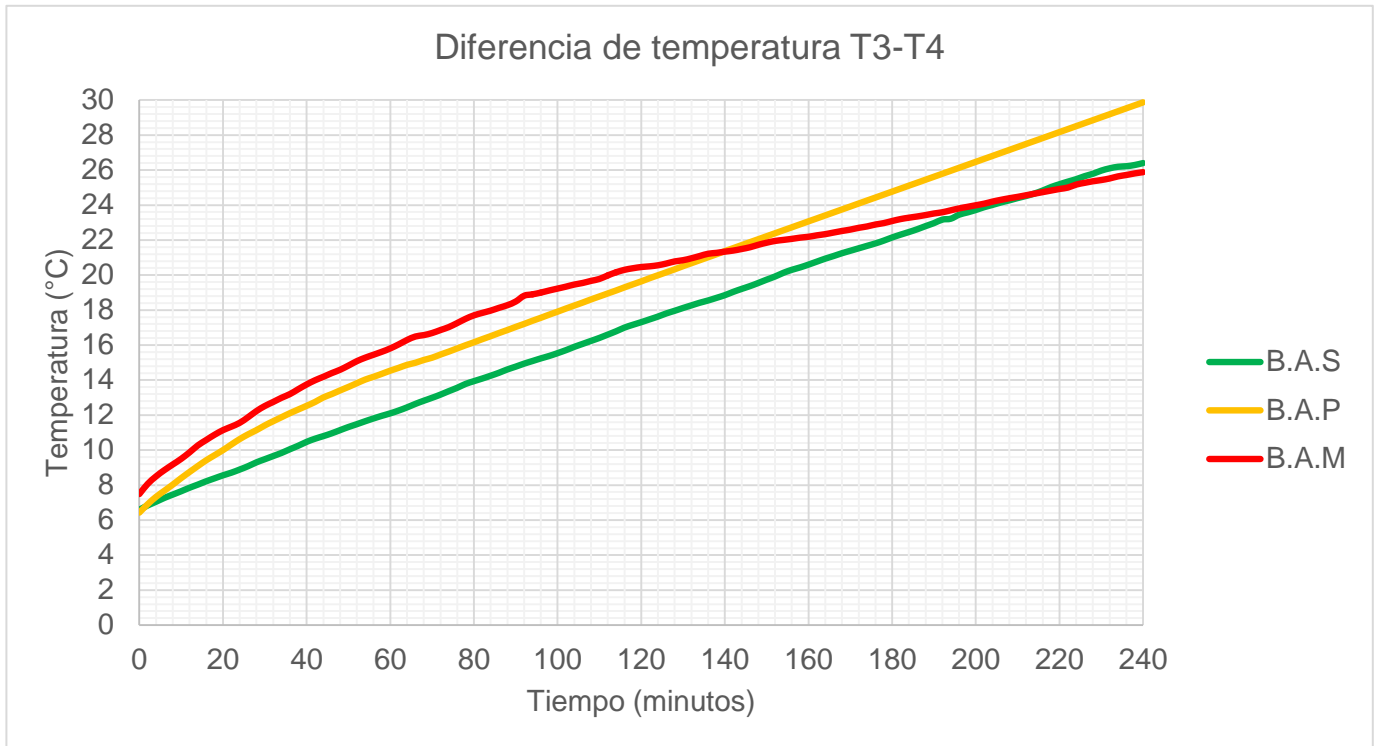


Figura 4.32: Grafico comportamiento diferencial de temperatura T3-T4.
Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4.2 Ensayo Acústico.

Como en el ensayo térmico el ensayo acústico fue realizado sobre 3 muestras diferentes en este caso, se evaluó el comportamiento acústico de tres bloques de albañilería, uno sin estuco, otro con estuco patrón y otro con estuco con agregado de musgo.

El ensayo se realizó en la cámara de aislamiento, la cual las dependencias de la Universidad de Valparaíso. Para la realización de este ensayo se ocuparon unos parlantes multimedia, los cuales se instalaron en un extremo de la cámara térmica, en este caso en el mismo lugar donde se encontraba la fuente emisora de calor en el ensayo térmico, a 1.2mts del bloque de albañilería y el sonómetro para medir la intensidad de las ondas emitidas de llegada de cada frecuencia se ubicó a la misma distancia de 1.2mts del bloque pero en el extremo opuesto de la cámara. En la figura 4.33 se puede apreciar la disposición de los elementos antes mencionados dentro de la cámara para llevar a cabo el ensayo acústico.

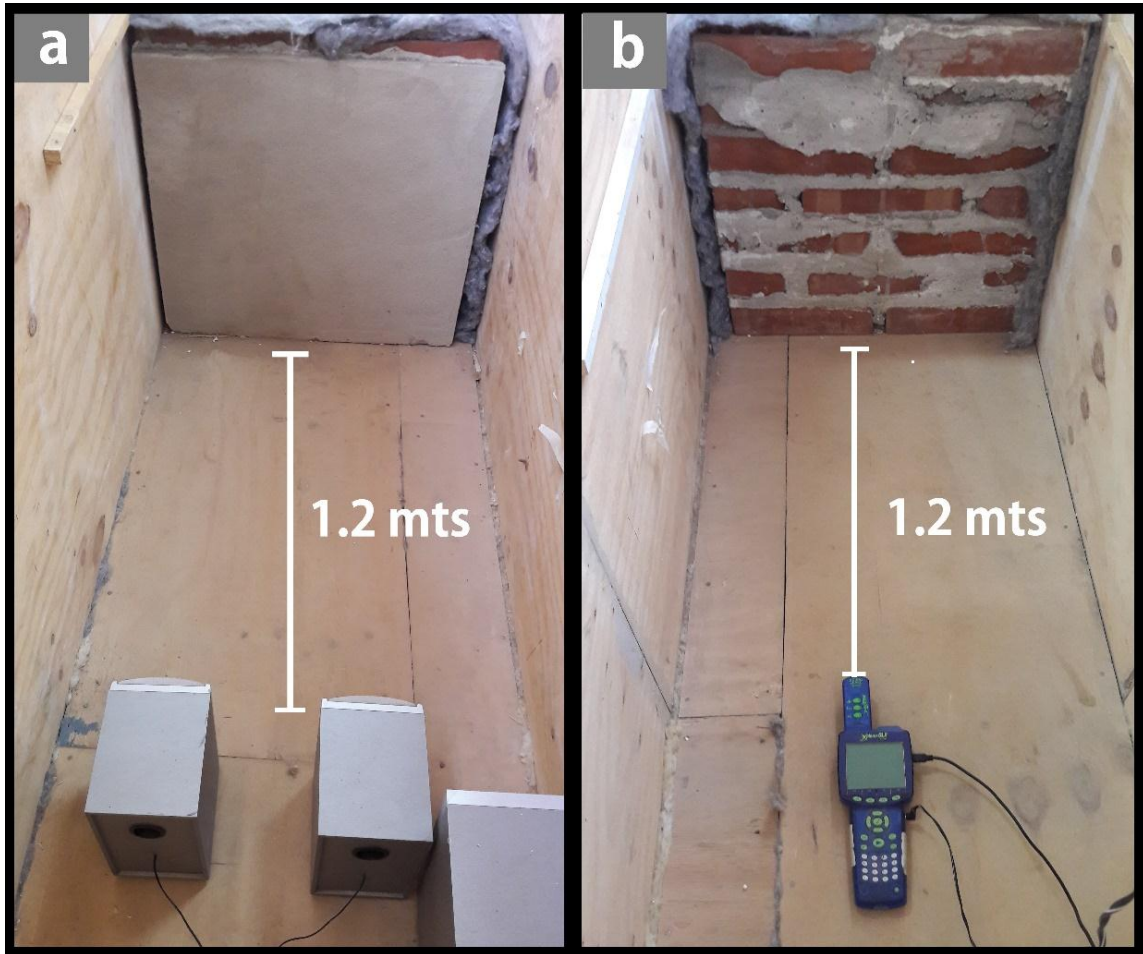


Figura 4. 3368: (a) ubicación parlantes, (b) ubicación sonómetro dentro de la cámara de aislación.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Las frecuencias a emitir corresponden a bandas de octava, las cuales van desde los 100 Hz hasta los 5000 Hz. Cada una de estas fueron generadas mediante un software externo instalado en el ordenador llamado "Audacity", y se transmitieron por periodos de tiempo de 30 segundos, los datos de estas frecuencias fueron registradas ocupando el software "PASCO Caspone". Los datos registrados en el ensayo acústico se pueden observar en la tabla 4.25.

Frecuencia (Hz)	Decibeles registrados por el sonómetro dentro de la cámara (dB)				Diferencial acústico		
	Sin bloque de albañilería (S.B.A)	Bloque sin estuco (B.S.E)	Bloque con estuco patrón (B.E.P)	Bloque con estuco con musgo (B.E.M)	(S.B.A)-(B.S.E)	(S.B.A)-(B.E.P)	(S.B.A)-(B.E.M)
100	77,6	56,6	48,3	45,4	21	29,3	32,2
125	84,3	70	53,4	52,7	14,3	30,9	31,6
160	96,5	77,5	54,1	54,8	19	42,4	41,7
200	89,7	63,9	57,4	56,5	25,8	32,3	33,2
250	87,2	66,8	59,5	58,8	20,4	27,7	28,4
315	86,8	62,6	59,8	60	24,2	27	26,8
400	94,6	80	59,1	62	14,6	35,5	32,6
500	95,4	89,7	63,6	63,7	5,7	31,8	31,7
630	97,6	78,5	65,4	65,6	19,1	32,2	32
800	97,8	78,8	68	68,3	19	29,8	29,5
1000	89,4	71,2	69	70	18,2	20,4	19,4
1250	87,6	67,2	68,4	68,2	20,4	19,2	19,4
1600	99,7	76,6	66,9	67,8	23,1	32,8	31,9
2000	99	77,9	69,8	67,8	21,1	29,2	31,2
2500	99,2	74,9	64,6	64,7	24,3	34,6	34,5
3150	100,1	82,5	68,5	68,3	17,6	31,6	31,8
4000	99,6	79,1	68,1	67,6	20,5	31,5	32
5000	87,5	71,1	69,2	67	16,4	18,3	20,5

Tabla 4. 25: registro de la presión sonora registrada por el sonómetro mediante el software PASCO Caspone.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Donde:

S.B.A: ensayo cámara sin bloque de albañilería

B.S.E: ensayo en cámara con bloque de albañilería sin estuco.

B.E.P: ensayo cámara con bloque de albañilería estucado con mezcla patrón.

B.E.M: ensayo cámara con bloque de albañilería estucado con mezcla 60/40 agregado de arena/musgo.

Como se puede apreciar en los datos de la tabla 4.25 el estuco que se le aplica a los bloques de albañilería, reducen la fuerza de la energía sonora emitida en las distintas frecuencias, es decir se aprecia una considerable reducción acústica en los bloques de albañilería con una capa de estuco de mortero. También se puede apreciar que no existen grandes diferencias en el comportamiento de reducción sonora entre el bloque B.E.P y

B.E.M, es decir que el mortero con agregado de musgo sphagnum deshidratado no implica significativos cambios en el ámbito de aislación acústica. En el gráfico de la figura 4.34 podemos apreciar el comportamiento de las diferentes ensayos realizados en la cámara de aislación y cómo se comporta el bloque con estuco patrón y el con agregado de musgo.

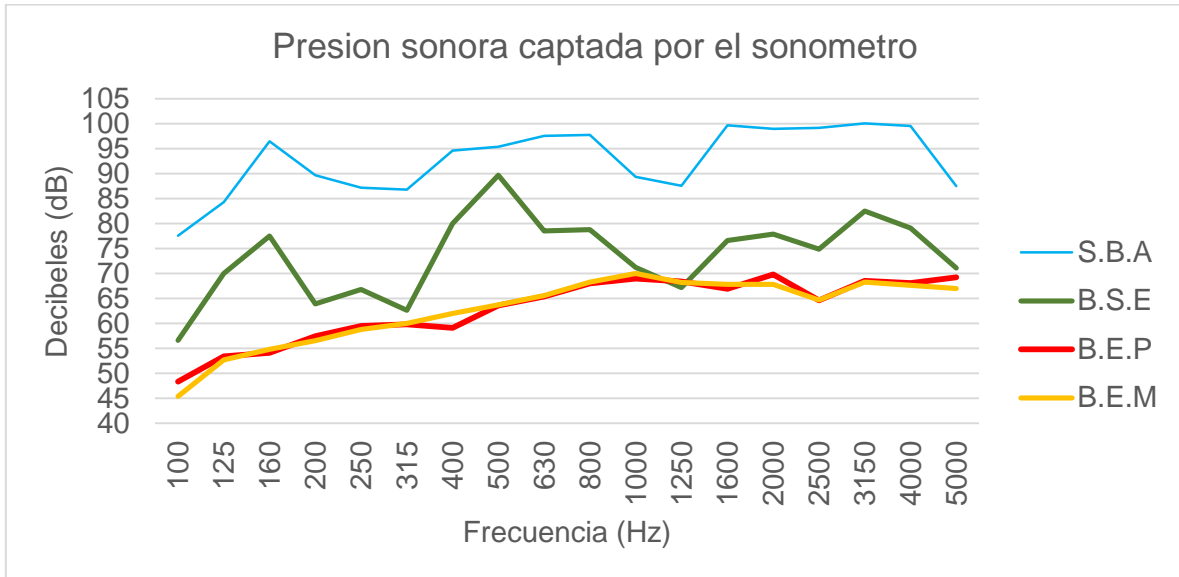


Figura 4. 34: Representación gráfica de los distintos ensayos realizados en la cámara de aislación.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico de la figura 4.34 se observa claramente que no existe gran diferencia en el comportamiento el bloque de albañilería estucado con la mezcla patrón (curva roja) y el bloque estuco con la mezcla con agregado de musgo (curva amarilla). Con eso se puede concluir a simple vista que el mortero con agregado de musgo sphagnum no presenta una mejora en el ámbito de reducción acústica si lo comparamos con un mortero tradicional.

4.3 Análisis de resultados

Uno de los principales enemigos de un mortero es la materia orgánica, hasta tal punto que esta puede llegar a impedir que el hormigón fragüe o, en el mejor de los casos, reducirá su resistencia mecánica haciéndole más atacable por los agentes atmosféricos y reduciendo en mayor o menor cantidad su durabilidad. En esta investigación a pesar de ocupar un material de procedencia orgánica se eludió ocupar cualquier tipo de tratamiento químico para tratar la composición de este material, debido a que no se pudo encontrar y obtener información previa sobre la utilización de musgo para crear morteros u otro tipo de hormigón, por tal motivo la presente investigación se desarrolló utilizando el musgo sin algún tratamiento para ver su reacción y comportamiento en estado natural en la mezcla de mortero de estuco.

El musgo deshidratado es un material que posee en su estructura física con un pseudotallo principal con fascículos de ramas filamentosas, lo que nos proporciona un material con mucha fibra, no se utilizó en su forma natural debido a que los pompones deshidratados al estar apelmazados podían crear grandes huecos y espacios de aire dentro del mortero lo que seguramente iba a afectar el desempeño del mortero de estuco al realizar los ensayos mecánicos. Para evitar esto se trituro el musgo con la ayuda de una maquina hasta que alcanzara un tamaño de partículas homogéneo a la vista, posteriormente se tamizo y registro el mayor porcentaje de partículas retenidas en los distintos tamices, lo que nos llevó a ocupar finalmente un tamaño de partículas $\leq 2.36\text{mm}$.

Al reemplazar la arena por musgo deshidratado en las mezclas, se pudo observar que la resistencia a la flexión y compresión disminuye considerablemente. En donde mezcla con más porcentaje de agregado de musgo, en este caso la que tenía incorporado un 40% de musgo en reemplazo de la arena, disminuyo su resistencia a la flexión en un 68.42% con respecto a la mezcla patrón. Por otro lado la resistencia a la compresión en esta misma mezcla se redujo en un 78.94%. Se puede decir que una de las principales causas de este suceso es por la baja densidad presente en las probetas con agregado de musgo, en donde la probeta con un 40% de agregado de musgo tuvo una baja de densidad del 22.73% a su equivalente con realizado con la mezcla patrón. A pesar de esta baja todas las mezclas cumplieron con lo especificado en la normativa en cuanto a resistencia para poder ser utilizado en mortero de estuco continuo.

En el ensayo de consistencia fue donde más inconvenientes se tuvieron, se sabe que el musgo es capaz de absorber grandes cantidades de agua, pero durante la realización del ensayo se pudo observar que este no es capaz de retenerla en su totalidad, debido a que al aplicarle una fuerza o presión a este material, este reacciona expulsando el agua que contiene dentro de sus partículas, motivo por lo cual se debió realizar una serie de correcciones para encontrar la dosificación adecuada para que la mezcla cumpliera con lo especificado en la norma. Como el musgo es capaz de absorber 20 veces su peso en agua, se tuvo que corregir la dosificación agregando más cantidad de agua a la mezcla para evitar que el musgo absorbiera el agua de amasado de la mezcla, pero al realizar esto la mezcla adquiriría una consistencia irregular debido a que durante el amasado quedaba mucha agua

aflorada en la mezcla y en el ensayo de mesa de sacudidas la mezcla quedaba con una consistencia excesivamente fluida, lo que no cumplía con lo exigido en la norma para mortero de revestimiento continuo. La solución se encontró realizando una dosificación con el módulo de finura ($MF=2.47$) obtenido en la granulometría pero dosificando la mezcla para un mortero de fluidez baja, el cual con la gran cantidad de agua proporcionada por la corrección de absorción del musgo, al confeccionar la mezcla esta adquiría características de un mortero de fluidez alta y no quedaba agua aflorada en la superficie de esta. Con esto se cumplió con los límites establecidos en la norma y se concluyó que a medida de que incrementamos la cantidad de musgo en la mezcla, esta aumenta su consistencia debido a que posee más cantidad de agua dentro de la mezcla.

Los valores de retentividad de las distintas mezclas se obtuvieron mediante el ensayo especificado en la norma alemana DIN 18555 parte 7. Según los resultados obtenidos en laboratorio todas las mezclas cumplen considerablemente con lo requerido según la normativa chilena que exige porcentajes de retentividad $\geq 60\%$, los resultados para las distintas mezclas fueron superiores al 94% alcanzando un 98.5% en la mezcla que contenía un 40% de agregado de musgo.

Se concluye que todas las mezclas realizadas y analizadas en laboratorio, de los ensayos de consistencia, retentividad, resistencia a la flexión y compresión cumplen con los requisitos especificados en la norma NCh 2256/1 Of 2001 – Requisitos generales de los morteros. Lo cual nos indica que el mortero con agregado de musgo deshidratado puede ser utilizado como un mortero de estuco de revestimiento continuo.

Al agregar musgo a la mezcla de mortero, se produce una disminución en el peso de hasta un 23.85% en relación al mortero confeccionado con la mezcla patrón. Esta baja genera morteros de densidades del orden de los 1.7 (g/cm^3) al reemplazar la arena en un 40% por musgo deshidratado.

Se espera que baja en la densidad produzca una disminución en el coeficiente de conductividad térmica, provocando un aumento en la resistencia al flujo del calor, pero a pesar de esto la baja en la densidad presente en la mezcla no es suficiente para marcar una diferencia en el ámbito de aislación térmica, ya que pesar de lo mencionado anteriormente el mortero con agregado de musgo tiene un desempeño prácticamente idéntico en al mortero de estuco tradicional variando en tan solo 0.2°C uno del otro. Sin embargo si comparamos el desempeño de los bloques de albañilería estucados analizados en laboratorio y el muro de albañilería sin estucar, se aprecia una diferencia térmica de 2.3°C , en este caso esto no representa una diferencia significativa pero, se aprecia el desempeño de los muro estucados con una capa de 15 mm de mortero frente a uno muro que no está estucado.

En el ensayo acústico al analizar el mortero con un 40% de agregado de musgo en reemplazo de la arena se puede observar que se comporta de manera similar al mortero confeccionado con la mezcla patrón, en donde no se aprecia ninguna mejora significativa en este aspecto. Si se aprecia una reducción en las frecuencias bajas entre las de 125 Hz y

1000 Hz, pero es prácticamente la misma reducción que tiene el bloque estucado con la mezcla patrón.

Durante el desarrollo de la investigación se pudo observar que en el tratamiento e curado, se produjo un proceso de curado interno, el material al retener una gran cantidad de agua, fue proporcionándole esta de forma paulatina.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
FUTURAS INVESTIGACIONES

5.1 Conclusiones

De los ensayos desarrollados en los laboratorios de la Universidad de Valparaíso se puede inferir que:

1. Se concluye en esta investigación que el mortero con agregado de musgo deshidratado cumple con la normativa chilena, en este caso los ensayos especificados en la NCh 2256/1 Of 2001, por lo cual puede ser usado como mortero de estuco de revestimiento continuo en las viviendas de albañilería de ladrillo.
2. Desde el punto de vista de la capacidad de aislación térmica del mortero con agregado de musgo deshidratado, no produce mejora alguna en la capacidad de aislación térmica de las viviendas de albañilería de ladrillo en comparación a un mortero de estuco tradicional.
3. En el ámbito de aislación acústica, el mortero con agregado de musgo sphagnum deshidratado no mejora las condiciones de aislación acústica de las viviendas de albañilería de ladrillo, en comparación a un mortero de estuco tradicional.

5.2 Investigaciones futuras

- Evaluar el comportamiento del mortero con agregado de musgo deshidratado, para mejorar las condiciones de curado y evitar la retracción en los estucos de revestimiento continuo.
- Estudiar la durabilidad del mortero con agregado de musgo sphagnum deshidratado.
- Estudiar el desempeño frente a otros ensayos nombrados en la NCh 2256/1 Of 2001, como ensayo de exudación y permeabilidad.
- Estudiar las propiedades de adherencia del mortero con agregado de musgo sphagnum deshidratado, ya que a sus buenas características de retentividad y exudación, debería presentar mejoras en la adherencia.
- Dada la alta retentividad de este mortero, se aconseja evaluar su aplicación como mortero de junta de albañilería para zonas de poca humedad.

5.3 Bibliografía.

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), Reporte Balance Nacional de Energía (BNE) 2011.
- ALVARADO (2010), Construcción Industrializada para la Vivienda Social en Chile.
- Arraigada B, (2002), Catastro y Caracterización de la Calidad Térmica de Soluciones para Muros de Albañilería de Ladrillos Cerámicos y Hormigón de Uso Perimetral en la Edificación Nacional”.
- Barioglio, C. (2006), Diccionario de Las Ciencias Agropecuarias.
- Bustamante. (2009), El establecimiento de prioridades geográficas para la conservación marina en América Latina y el Caribe.
- Bustamante, et all, (2005), diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- CHILE, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (2007), art. 4.1.10, Chile.
- Comisión Nacional de Energía (2008). Balance energético. [En línea] http://www.cne.cl/cnewww/opencms/06_Estadisticas/Balances_Energ.html.
- Dosificación de Morteros – Armando Soto.
- E. ROMERO (2009), El Problema Energético Mundial, Centro de Ciencias de Benasque “Pedro Pascual”.
- Empresa de Ladrillos Princesa, Artículo de Soluciones Integrales para la Reglamentación Térmica.
- Holmberg, A. (s/a), Instituto de Cemento y Hormigón de Chile, Efectos Prácticos Nueva Reglamentación Térmica para Muros.
- ICH, 2010 - Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile – Manual del Albañil de Ladrillos de Cerámicos.
- INN, (2001), www.registrocdt.cl Registro Técnico de Materiales, Requisitos de los Morteros de Revestimiento Continuo (estucos).
- G. Lacoste, (2005), Desafío Ambiental, Estudiar sin Contaminación. [En Línea]: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0121042005021X0060045>.

- Jesús de la Osa, (2007), El ruido y el riesgo cardiovascular. [En Línea]: <http://www.compromisorse.com/rse/2013/04/24/el-ruido-puede-quitarnos-anos-de-vida/>.
- Larraín, J. (2007), Musgos (Bryophyta) de la estación biológica Senda Darwin, Ancud, Isla de Chiloé: Lista de Especies y claves para su identificación. Chloris Chilensis.
- Lidón, J. (2001). Servicio de Acústica del COAATV; Acústica de los espacios cerrados. [En Línea]: <http://www.deteca.es/espacios%20cerrados.pdf>.
- Mideplan, Casen (2006), Encuesta caracterización socioeconómica nacional. [En Línea]: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/layout/doc/casen/Resultados_Familia_Casen_2006.pdf
- Ministerio de Energía, (2010), Habito Consumo Energético Familiar. [En Línea]: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14_portal_informacion/06_Estadisticas/Balances_Energ.html.
- Ministerio de Salud, (2006), Mortalidad de Ambos Sexos, Según las Principales Causas Específicas de Defunción.
- Ministerio de Salud, (2013), Guia de Calefacción Sustentable. [En Línea]: http://www.calefaccionsustentable.cl/wp-content/uploads/2015/07/guiacalefactores_G2Osorno_24062015.pdf.
- MINVU, (2007) Instituto de la construcción, Manual de Aplicación Reglamentaria Térmica, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- MINVU, (2007) Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Muñoz, (2012), Validación del reacondicionamiento térmico de viviendas para la reconstrucción pos-terremoto 2010. [En Línea]: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000200005.
- Pascual, L (2009):J. la dinámica de crecimiento urbano en las regiones costeras.
- R. Fernández y A. Carella, ESSO y la Conservación de la Energía en Viviendas y Edificios, Buenos Aires – Circa 1981.
- Salaverry (2008), Inercia Térmica: Influencia de la masa de muros en el comportamiento térmico de viviendas sociales. [En Línea]:

http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/salaverry_mr/sources/salaverry_mr.pdf.

- Staforelli C. (2008), Estudio y Generación de Proyectos Para Reducir Consumo de Energía Calórica inforsa. [En Línea]:
http://atcp.cl/Privado/Docs/Documentos/Documentos_161164406940.pdf.
- Vásquez, J (2008). Características anatómicas, propiedades físico-químicas y capacidad de retención de agua en gametofitos de Sphagnum Magellanicum Brid. en un gradiente longitudinal. Tesis Título Químico Farmacéutico. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Zabaleta, H. y Egaña, J. (1989) Manual del mortero. Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón.
- XVII Bienal de Arquitectura (2010), Concurso Nacional de Proyectos de Vivienda de Interés Social en Albañilería de Ladrillo. [En Línea]:
<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62663/primer-lugar-concurso-de-arquitectura-en-ladrillo>.