



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Evaluación de las Propiedades Termo Acústicas y Mecánicas de Mortero de Estuco con Agregado de Corcho Reciclado.

Por

Felipe Eduardo Aranda Galleguillos

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

Prof. Guía: Gastón Soto

Noviembre, 2015

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que colaboraron en mi proyecto de tesis, en especial al personal de laboratorio de hormigón Don Aldo y Don Víctor, por la ayuda incondicional, siempre aportando ideas para solucionar problemas del momento, también agradecer a mi profesor Guía Don Gastón Soto, por aportar soluciones a mi Tesis, a Maximiliano Thollander por guiarme en la tesis, además del apoyo de mi familia, Cristian Aranda, Fernando Aranda, Alberto Aranda, Wilma Galleguillos, Rita Galleguillos y Priscila Galleguillos, por la permanente preocupación y motivación a finalizar este proyecto.

Agradecer a mis compañeros y futuros colegas que siempre estuvieron ahí para darme ánimo y guiarme en mi proyecto de tesis, también agradecer a mi pareja Elba Leyton por todo el apoyo incondicional en este proceso.

Índice

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DEL TEMA	15
1.1 Introducción	15
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivos generales	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 Hipótesis	19
1.5 Alcances	19
1.6 Metodología de investigación	20
CAPITULO II: FUNDAMENTOS GENERALES	21
2.1 Aislación térmica	21
2.2 Transferencia de calor	21
2.2.1 Calor	22
2.2.2 Temperatura	22
a) Transferencia por conducción	23
b) Transferencia por convección	23
c) Transferencia por radiación	23
2.3 Flujo de calor y densidad de flujo	24
2.4 Conductividad térmica	25
2.4.1 Resistencia térmica	26
2.4.2 Tramitación térmica	26
2.5 Confort térmico	27
2.6 Aislación acústica	28
2.6.1 Sonido	28

2.6.2 Propiedades de ondas sonoras.....	28
2.6.3 Características del sonido.....	29
2.7 El ruido	29
2.7.1 Características del ruido.	29
2.7.2 Tipos de ruido.....	29
2.7.3 Ruido exterior	29
2.7.4 Ruido interior	30
2. 8 Corcho como material de construcción	31
2.8.1 Superficie del alcornoque en países productores.....	32
2.8.2 Estructura del corcho	33
2.8.3 Composición química.....	33
2.9 Características del corcho como material	34
2.10 El corcho y su reciclaje en Chile.....	35
2.10.1 El corcho en Chile	35
2.10.2 Iniciativas para producir corcho en Chile.....	36
2.10.3 Reciclaje del corcho	36
2.11 Clasificación de los morteros	37
2.11.1 Tipos de morteros y su aplicación.....	37
2.12 Materiales	37
2.12.1 Cemento	37
2.12.2 Ladrillos	38
2.12.3 Arena	39
2.12.4 Agua	39
CAPITULO III: DESARROLLO EXPERIMENTAL	40
3.1 Etapas de recopilación de materiales	40
3.2 Etapa confección mortero con corcho reciclado	40

3.2.1 Confección muro de albañilería.....	41
3.3 Etapa ensayos de laboratorio.....	41
3.3.1. Ensayos y estudios	43
3.3.2 Estudio de la granulometría	43
3.3.3 Estudio de densidades.....	44
3.3.4 Resistencia mecánica	44
3.3.5 Adherencia.....	45
3.3.6 Ensayos físicos.....	46
3.3.6.1 Ensayo para la determinación de las propiedades de aislación térmica.....	46
3.3.6.2 Ensayo para determinar propiedades de aislación acústica	48
CAPITULO IV: Presentación de resultados y análisis.....	51
4.1 Introducción.....	51
4.1.1 Ensayo granulometría de áridos	51
4.1.2 Cálculo de densidad real, neta y absorción de la arena	54
4.1.3 Estudio de densidad aparente.....	55
4.1.4 Dosificación de los morteros	57
4.1.5 Confección muro de albañilería.....	57
4.1.6 Ensayo de consistencia	59
4.1.7 Resistencia mecánica	61
4.1.8 Adherencia.....	71
4.2 Resultados de los ensayos Físicos.....	77
4.2.1 Ensayo térmico	77
4.2.2 Resultados ensayo térmico M.A.....	78
4.2.3 Resultados ensayo térmico M.A con Corcho reciclado.....	83
4.6.1.3 Resumen de los resultados obtenidos en ensayo térmico.....	87
4.2.4 Síntesis de resultados.....	91

4.2.5 Resultados ensayo de aislación acústica	92
5.1 Conclusiones y propuestas de futuras investigaciones	95
5.1.1 Conclusiones	95
5.1.2 Futuras investigaciones	97
Bibliografía	98

Lista de figuras

Figura 1.1: Producción de corcho a nivel mundial.....	17
Figura 1.2: Cantidad de corcho natural disponible.....	18
Figura 1.3: Metodología de investigación.....	20
Figura 2.1: Tipos de transferencia de calor en una vivienda	21
Figura 2.2: Esquema de mecanismos de calor	22
Figura 2.3: Esquema simplificado de la envolvente.....	22
Figura 2.4: Esquema de Conducción, Convección y Radiación	23
Figura 2.5: Alcornoque y detalle muestra de corteza.....	31
Figura 2.6: Evaluación de la superficie arbolada del alcornoque, según tres periodos	32
Figura 2.7: Diagrama composición de la célula del corcho.....	33
Figura 3.1: Ladrillo Ceramico titan.....	41
Figura 3.2: Cámara de medición de ensayos térmicos, muro de albañilería estucada en 1 cara	42
Figura 3.3: Ensayo flexión y compresión.....	44
Figura 3.4: Muro de prueba de ensayo adherencia.....	45
Figura 3.5: Cámara térmica 50x50 cm.....	47
Figura 3.6: Equipo XPLOER.....	48
Figura 3.7: Disposición de sensores cámara de ensayo.....	48
Figura 3.8: Sistema de sonido para emitir las frecuencias del ensayo.....	49
Figura 3.9: Sonómetro.....	49
Figura 3.10: Cámara de medición ensayo acústico.....	50
Figura 4.1: Granulometría de la arena.....	52
Figura 4.2: Serie Tamices Arena ASTM	52
Figura 4.3: Arena Tamizada	52
Figura 4.4: Granulometría del Corcho.....	53
Figura 4.5 Serie tamices Corcho ASTM.....	53
Figura 4.6 Tamizado Granulometría del Corcho.....	53
Figura 4.7: Muestra arena saturada.....	54

Figura 4.8: Arena sss	54
Figura 4.9: Matraz con agua y arena	54
Figura 4.10: Densidad Aparente arena	55
Figura 4.11: Recipiente para medir Densidad Aparente	55
Figura 4.12: Densidad Aparente Suelta Corcho	56
Figura 4.13: Densidad Apisonada Corcho	56
Figura 4.14: Muro de albañilería (50x50 cm)	57
Figura 4.15: : Moldaje Muro Albañilería	58
Figura 4.16: Muro revestido, mortero patrón	58
Figura 4.17: Mezcla mortero Corcho	59
Figura 4.18: Muestra cono de la mesa de sacudida	59
Figura 4.19: Ensayo consistencia de mortero	60
Figura 4.20: Muestra cono de la mesa de sacudida	60
Figura 4.21: Consistencia del mortero	60
Figura 4.22: Probeta RILEM	61
Figura 4.23: Probetas RILEM sumergida 28 días al agua	61
Figura 4.24: Grafico de resultados ensayo densidad	63
Figura 4.25: Probeta RILEM ensayo de Flexión	64
Figura 4.26: Probeta RILEMA en ensayo de Flexión 70/30	64
Figura 4.27: Grafico Flexión	65
Figura 4.28: Probeta RILEM ensayo compresión	66
Figura 4.29: Grafico de compresión	68
Figura 4.30: ensayo a compresión	69
Figura 4.31: Grafico de relación porcentual de densidad, compresión, flexión	70
Figura 4.32: Muro de albañilería de ladrillos	71
Figura 4.33: Muro de prueba de albañilería con mortero patrón	71
Figura 4.34: Resina epoxica sikadura 31	72

Figura 4.35: Pastillas de acero pegadas sobre estuco y corte con esmeril sobre muestra de mortero con 30% de corcho reciclado	72
Figura 4.36: Extracción de pastillas por carga directa	73
Figura 4.37: Extracción de pastillas con acero	74
Figura 4.38: (a) y (a1) Despegue producido en las superficie de contacto entre mortero y sustrato.....	74
Figura 4.39: Grafico adherencia.....	75
Figura 4.40: Cámara térmica ubicada en dependencias de los laboratorios de hormigón	77
Figura 4.41: Ensayo térmico muro de albañilería.....	78
Figura 4.42: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en caras del M.A. dentro de la cámara térmica	80
Figura 4.43: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en cámara A y B.....	82
Figura 4.44: Ensayo térmico muro de albañilería estucado con corcho reciclado	83
Figura 4.45: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en las caras del M.A. con corcho reciclado	85
Figura 4.46: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en cámara A y B.....	87
Figura 4.47: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en cámara A y B en las caras del M.A. con corcho reciclado	88
Figura 4.48: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en cámara A y B.....	89
Figura 4.49: Resultados ensayo “Aislación térmica” propuesta con adiciones de cascara de arroz.....	90
Figura 4.50: Ensayo acústico	92
Figura 4.51: Resumen aislación acústica.....	94

Lista de ecuaciones

Ecuación 2.1: Flujo de calor.....	24
Ecuación 2.2: Densidad de flujo.....	25
Ecuación 2.3: Conductividad térmica.....	25
Ecuación 2.4: Resistencia térmica.....	26
Ecuación 2.5: Tramitación térmica.....	26
Ecuación 3.1: Densidad aparente.....	44
Ecuación 3.2: Adherencia en Mpa.....	45

Lista de Tablas

Tabla 2.1: Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios.....	28
Tabla 2.2: Clasificación de los tipos de cemento.....	37
Tabla 3.1: Clasificación granulométrica del árido fino	43
Tabla 3.2: Filtros de bandas de octava.....	50
Tabla 4.1: Análisis Granulometría de la Arena	51
Tabla 4.2: Análisis granulométrico del Corcho.....	53
Tabla 4.3: Densidades y absorción de la arena.....	54
Tabla 4.4: Densidad Aparente Suelta y Compactada Arena.....	55
Tabla 4.5: Densidad Aparente Suelta y Compactada Corcho.....	56
Tabla 4.6: Dosificación teórica de mezclas de mortero.....	57
Tabla 4.7: Consistencia.....	59
Tabla 4.8: Requisitos de consistencia para diversos usos de mortero (NCh 2265-1Of2001)	60
Tabla 4.9: Ensayo densidad.....	62
Tabla 4.10: Varianza y desviación estándar de resultados de densidad	62
Tabla 4.11: Ensayo flexión.....	64
Tabla 4.12: Varianza y desviación estándar de resultados de flexión	65
Tabla 4.13: Ensayo compresión.....	66
Tabla 4.14: Varianza y desviación estándar de resultados de compresión.....	67
Tabla 4.15: Requisitos de resistencia de acuerdo a usos de mortero (NCh 2256-1Of2001)	68
Tabla 4.16: Relación porcentual densidad, compresión y flexión	69
Tabla 4.17: Resumen ensayo de adherencia.....	75
Tabla 4.18: Resumen ensayos mecánicos.....	76
Tabla 4.19: Temperatura muro albañilería A y B.....	79
Tabla 4.20: Temperatura ambiente cámara A y B.....	81
Tabla 4.21: Ensayo aislación térmica M.A. con corcho reciclado	84
Tabla 4.22: Temperatura ambiente cámara A y B.....	86
Tabla 4.23: Tabla resumen temperatura (°C) en cámara A y B de muro de ensayo.....	87

Tabla 4.24: Tabla resumen temperatura ambiente (°C) en cámara A y B de muro de ensayo	89
Tabla 4.25: Promedio diferencial térmico.....	91
Tabla 4.26: Presión sonora captada por el sonómetro ensayados acústicos.....	93

Resumen

Debido al impacto ambiental que se produce diariamente en nuestro entorno, además que el consumo energético no renovable es mayor cada día, es necesario encontrar maneras de frenar este exceso de contaminación al medio ambiente, ayudando con nuevos e innovadores proyectos siendo sustentable para el ambiente.

La reutilización de materiales, aprovechamiento de recursos y ahorro energético son factores que ayudan lograr lo antes mencionado.

Se plantea realizar el estudio de un elemento de estuco de mortero como revestimiento con adiciones de corcho reciclado que ayudo a la sustentabilidad del medio ambiente.

El objetivo del presente trabajo de titulo, es evaluar térmica, acústica y mecánicamente una propuesta de mortero de estuco con adiciones de corcho reciclado.

El resultado final de la investigación propone resultados positivos en ensayos de resistencia a la flexión y compresión, además de obtener una mejor aislación térmica y acústica en comparación al elemento patrón.

Abstract

Due to the environmental impact that occurs daily in our environment, in addition to non-renewable energy consumption is growing every day, you need to find ways to curb this excessive environmental pollution, helping with new and innovative projects to be sustainable for the environment.

The reuse of materials, use of resources and energy savings are factors that help achieve the above.

It raises the study of an element of mortar and stucco coating with additions of recycled cork to assist environmental sustainability.

The objective of this work's title, to evaluate thermal, acoustic and mechanically a proposal stucco mortar with additions of recycled cork.

The end result of the research proposes positive results in tests for resistance to bending and compression, plus gets better thermal and acoustic insulation compared to the pattern element.

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DEL TEMA

1.1 Introducción

Dentro de la construcción siempre se ha buscado obtener los mejores resultados al momento de elaborar nuevos materiales que puedan beneficiar la calidad de vida de las personas, tanto en el ámbito acústico, térmico, impermeabilidad, etc.

El alcornoque es un árbol del cual llega a crecer 8 a 10 metros aproximadamente ,a medida que va obteniendo una corteza gruesa y rugosa, se va extrayendo el corcho, el cual tiene una propiedades únicas dentro del mundo de las maderas.

El corcho como material de construcción se ha utilizado desde tiempos muy antiguos al apreciar empíricamente propiedades únicas, como la capacidad de aislamiento, ligereza y resistencia a los agentes exteriores, adema de aprovechando su capacidad de aislante térmico y acústico en revestimientos de viviendas.

En esta investigación se aprovechan las propiedades térmicas y acústicas para confeccionar un mortero de estuco para albañilería con adiciones de corcho reciclado. Utilizando cemento portland puzolánico y reemplazando porcentajes de arena por corcho triturado.

Por lo tanto, en esta investigación experimental se logra desarrollar un mortero con corcho natural reciclado, de tal manera de incrementar las propiedades térmicas, acústicas, además de evaluar resistencia a la compresión y flexión para clasificarse dentro de la normativa vigente Nch 2256/1 Of 2001.

1.2 Planteamiento del problema

El mortero es un material de unión entre los sillares de un muro. Debe endurecerse, adherirse al material y presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos. Es hecho con aglomerante, arena y agua. (Lahuerta, 1984)

Usado como materia de agarre y como revestimiento de paredes, los morteros se componen en su mayoría por cemento (que mantiene unidas las partículas), arena (que proporciona estabilidad a la mezcla) y agua. (BIT, 2012)

La correcta determinación de las características físicas y mecánicas de estas argamasas es sumamente importante al llevar a cabo un trabajo de reparación de las mamposterías, ya que en su relación con el barro es posible determinar el nivel de homogeneidad y monoliticidad de los muros. (Gulli, 2002)

Los romanos lograron un avance importante al agregar puzolana al mortero de cal; esta "es un material fino de origen volcánico que reacciona directamente con la cal, produciendo su carbonatación sin necesidad de su exposición al aire; da lugar a un endurecimiento mucho más rápido y a un importante aumento de resistencia e impermeabilidad y, por consiguiente de durabilidad". (Meli 1998)

Los morteros se componen, además de los aglomerantes, de arena y agua. Los morteros de cal y arena alcanzan resistencias a la compresión de entre 5 y 20 kg/cm². Aunque mejores que los de barro, también son vulnerables a los efectos de la intemperie debido a que su relativa porosidad permite la penetración de la humedad. (Meli, 1998)

La arena utilizada para la elaboración de morteros define algunas de las características que tendrá la mezcla, y puede con el tiempo dar lugar a defectos si contiene partículas de tierra o arcilla, sales (las arenas marinas que no están bien lavadas) y depósitos orgánicos que pueden provocar eflorescencia y descomposición, llevando a la disgregación de la pasta. (Di Battista, 1989)

La mejor arena es la que tiene un contenido mínimo de partes terrosas (inferior a 10%), con un incremento porcentual de minerales de cuarzo (sílices), por lo que a menudo requieren ser sometidas a procesos de lavado para eliminar las partes más finas, y aquellas mayormente friables que comprometan la calidad de la mezcla.

Las arenas muy finas pueden ocasionar un revestimiento mayor. En los aplanados finos, los materiales impuros tienden a aparecer en la superficie produciendo manchas. La presencia de óxido de hierro o de partículas carbónicas puede producir fisuras y manchas. (Di Battista, 1989)

Se considera como agregado fino aquel que pasa por la malla número cuatro de medio centímetro por lado si es cuadrada o su equivalente si es redonda. (Plazola y Plazola, 1976)

La calidad del agua utilizada para la realización de la mezcla es muy importante en la duración de los morteros (y concretos). El agua para mezcla que contiene sales en solución (cloruros, sulfatos) o impurezas orgánicas ocasionan efectos retardantes en el fraguado (o aceleraciones por la presencia de calcio o magnesio), y también acciones diferenciadas en la masa de la construcción, y fenómenos de eflorescencia salina. (Di Battista, 1989)

Los Morteros de cemento alcanzan resistencias muy superiores a las del mortero de cal (50-200 kg/cm²), tienen un endurecimiento muy rápido y mayor módulo de elasticidad, lo que se refleja en más rigidez de la obra de mampostería; es decir, en un muro elaborado con mortero de

cemento se pueden producir zonas más rígidas y, por tanto, concentraciones de esfuerzo. (Meli, 1998)

Hoy en día es muy importante tener nuevas ideas para poder cuidar el medio ambiente, es por esto que utilizar nuevos materiales desechados y poder reciclarlos, hace que surgan nuevas ideas para ser un aporte al medio ambiente.

La elaboración del mortero de calidad de cemento se realiza, en los diferentes países, por diversos procedimientos, aunque existen internacionalmente dos tendencias predominantes: la enunciada por la Internacional Organización for Standarization (ISO) y por la American Society for Testing and Materials. (ASTM). (Rizo, Alvarez. 2001)

El hecho que la relación agua/cemento, en cualesquiera de las etapas de hidratación determina la porosidad de la pasta y consecuentemente la del mortero resultante, tanto o más que el grado de compactación, reafirma que las resistencias mecánicas del mortero dependen fundamentalmente de su compacidad y consecuentemente de su porosidad total. (Andrés Solas A., Ricardo Giani D., 2010)

Cuando un líquido o un gas penetran en la estructura de un sólido, el tamaño de las partículas que entran debe ser comparable al del poro del sólido. Se ha demostrado que el mecanismo mediante el cual un fluido penetra en el mortero depende del tamaño del poro. (Tecnología de carreteras MOPU, España 1989)

Poder reciclar los tapones de corcho utilizados en la industria vitivinícola en el área de la construcción hace que sea un gran aporte en cuanto al tamaño de obras que se generan anualmente, es por esto que se realiza esta investigación de un mortero de estuco con adiciones de corcho triturado, para ayudar al medio ambiente y disminuir la contaminación.

El corcho es un material extraordinario, de propiedades únicas. Es un producto completamente natural, renovable y biodegradable. Por ello, su producción no produce ninguna contaminación ni perjudica al ecosistema del que se extrae, ya que se obtiene por descortezamiento del alcornoque. En el año 2014 ubo una producción de 340.000 Toneladas de Corcho en el mundo, en donde se produjeron la mayor parte en Portugal (61%) y España (30%).

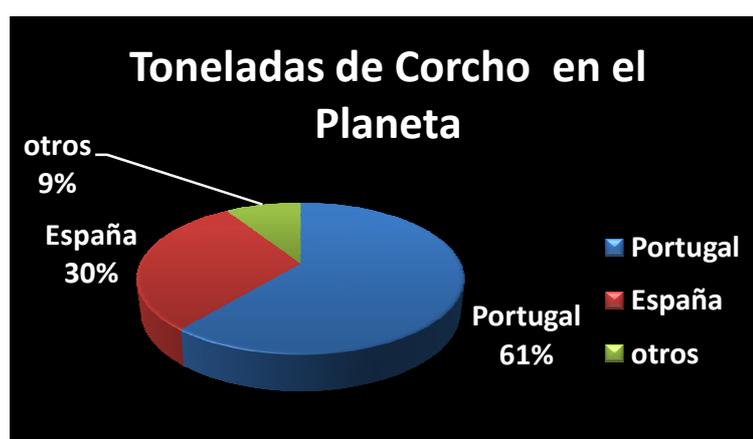


Figura 1.1: Producción de corcho a nivel mundial

Fuente: Elaboración propia basada en ODEPA, 2014

El corcho es un tejido vegetal constituido por la agrupación de células muertas (40 millones/cm³), con forma, estructura y disposición muy particular, lo que le confiere unas características muy interesantes para la elaboración de algunas materias de construcción. (B. González, A. Juan, I. Guerra, 2007)

Existen muchos materiales que, evidentemente, tienen virtudes en algunos casos altamente apreciables, pero ninguno como el corcho y sus manufacturas (aglomerados en este caso), posee tan alto número de dichas virtudes agrupadas en un solo producto (Luis Velasco Fernández, 2007).

En el empleo del corcho en campo del aislamiento se adecua el material para el cumplimiento de una función análoga a la propia de su naturaleza, bien que referida a una construcción o edificación, en donde actuara con aprovechamiento en varias direcciones.

Durante el periodo del 2014 se dejó un residuo en la industria vitivinícola de 221 millones de corcho, del cual un 20% corresponde a corcho natural, que equivale a 44,2 millones de corcho natural, estos datos permiten saber que hay material para el reciclaje.



Figura 1.2: Cantidad de corcho natural disponible 2014

Fuente: Elaboración propia basada en ODEPA, 2014

En la actualidad se busca ayudar al medio ambiente, la propuesta generada corresponde al estudio de las propiedades mecánicas y termo acústicas de un nuevo elemento constructivo, agregando porcentajes de corcho triturado en remplazo de la arena.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

- Evaluar las propiedades termo acústicas y mecánicas en un mortero con agregado de corcho reciclado como estuco de albañilería.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un mortero de estuco con adiciones de corcho que cumplan con la normativa vigente NCh 2256/1 Of 2001.
- Determinar las propiedades mecánicas del elemento propuesto para compararlas con la norma vigente NCh 2256/1 Of 2001.
- Determinar las propiedades de aislación térmica y acústica del elemento propuesto, comparándolas con el elemento patrón.

1.4 Hipótesis

El elemento propuesto con adiciones de corcho reciclado, alcanza propiedades termo acústicas mejores al elemento patrón, además las propiedades mecánicas cumplen con la normativa vigente en Chile.

1.5 Alcances

- Los ensayos se realizan y son evaluados en los laboratorios de la universidad de Valparaíso, facultad de Ingeniería, Playa ancha.
- Para la confección del mortero se utiliza cemento portland puzolánico de grado corriente nacional (cemento melón) y solo un tipo de arena.
- El corcho es reciclado de la industria vitivinícola, de tipo natural con una previa limpieza para su utilización.
- El diseño del mortero es fabricado con solo una razón Agua/Cemento, variando solo el porcentaje de corcho en remplazo de la Arena.
- El mortero estudiado es aplicado solamente como estuco.

1.6 Metodología de investigación

El siguiente esquema señala la metodología que se empleara para determinar la capacidad termo – acústica y mecánica del elemento propuesto.

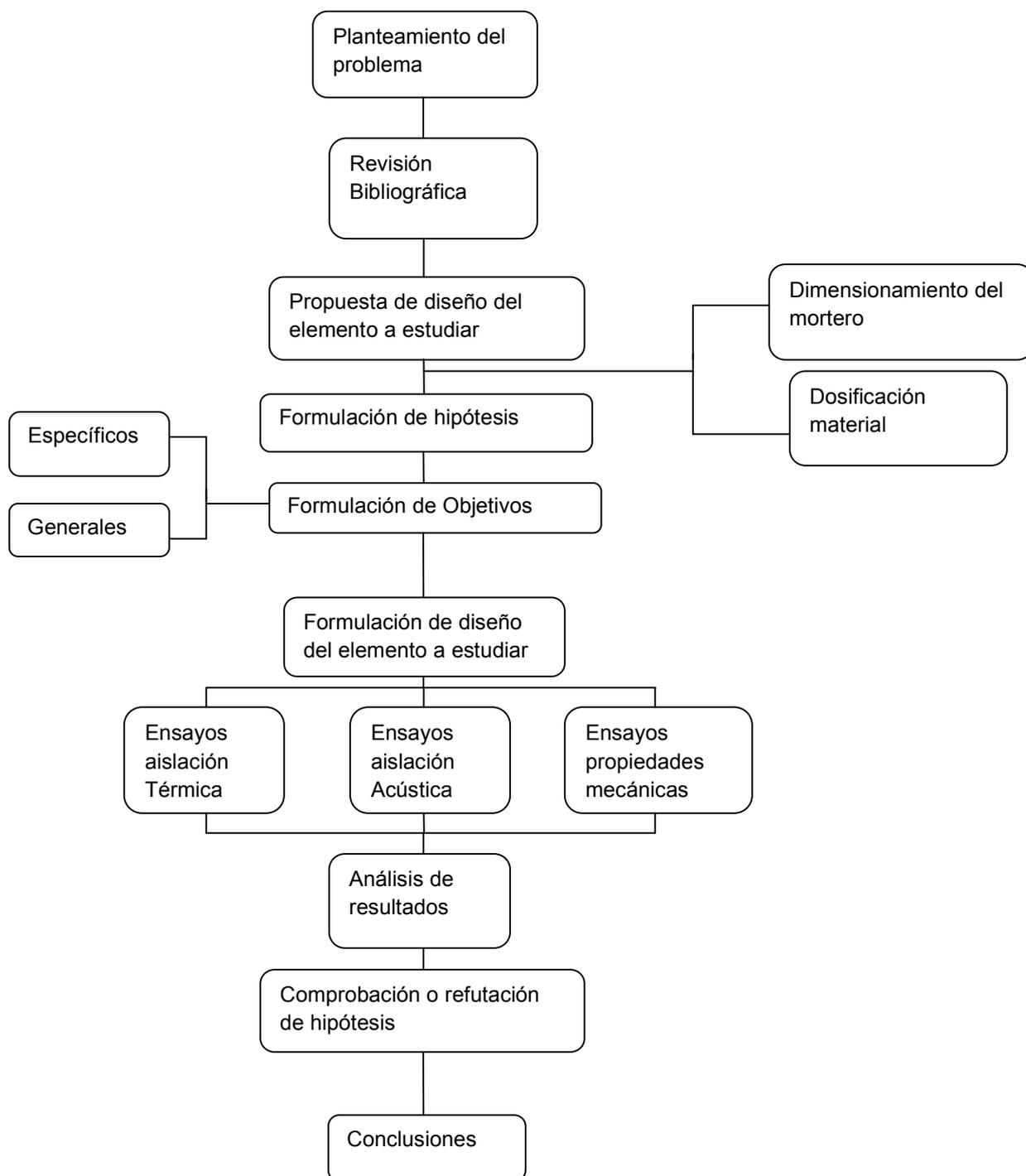


Figura 1.3: Metodología de investigación

CAPITULO II: FUNDAMENTOS GENERALES

2.1 Aislación térmica

Un aislante térmico es un material usado en la construcción, la industria y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tendería a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor del sistema que nos interesa como una vivienda.

Chile ocupa el segundo lugar e el ranking de países de Latinoamérica relacionado al consumo de electricidad per cápita, a esto se suma que el 25% de este consumo corresponde al sector residencial y alrededor de un 57% del consumo de energía en la vivienda es utilizado para la calefacción de la misma. “En este marco se han desarrollado diferentes iniciativas y proyectos que buscan responder a esta problemática genérica. Sin embargo, la efectividad de muchas medidas de eficiencia energética y confort en la vivienda, se ven afectadas por una falta de aislación térmica de la misma” (Cristian Yáñez, CDT, 2015)

2.2 Transferencia de calor

La Cámara Chilena de la Construcción sostiene que la energía calórica se transmite desde las zonas de alta temperatura a las de baja temperatura, hasta lograr el equilibrio térmico caracterizado por una distribución uniforme de temperatura. Se supone una situación típica en periodos fríos del año, el ambiente interior se encuentra más caliente que el exterior. La transferencia de calor puede ocurrir de los siguientes fenómenos en una vivienda, tal como indica la figura 2.1.



Figura 2.1: Tipos de transferencia de calor en una vivienda

Fuente: CChC, 2010

El Significado de los conceptos de calor y temperatura:

2.2.1 Calor

Se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia. Que es transferida de un sistema a otro debido en general a una diferencia de temperatura entre ellos.

2.2.2 Temperatura

Es una medida de calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Cuando se agrega calor a una sustancia, sus átomos o moléculas se mueven más rápido y su temperatura se eleva o viceversa.



Figura 2.2: Esquema de mecanismos de calor

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor,
Frank P. Incropera, 1999

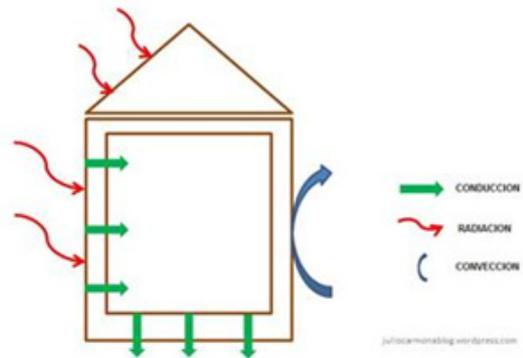


Figura 2.3: Esquema simplificado de la envolvente

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor
Frank P. Incropera, 1999

a) Transferencia por conducción

La conducción es un mecanismo de transferencia de calor entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto por medio de ondas (Fundamentos de la transferencia de calor, Frank P. Incropera, 1999).

b) Transferencia por convección

La convección se caracteriza porque se produce por intermedios de un fluido (líquido o gas) que transporta la energía térmica entre distintas zonas que poseen diferentes temperaturas. Esto ocurre ya que los fluidos al calentarse aumentan de volumen y en consecuencia disminuyen su densidad y de esta forma asciende desplazando al fluido que se encuentra en la parte superior a menos temperatura (Fundamentos de la transferencia de calor, Frank P. Incropera, 1999).

c) Transferencia por radiación

La radiación corresponde al intercambio de calor en forma de ondas electromagnéticas o partículas sub atómicas a través de un material o incluso en ausencia del mismo, como por ejemplo, el calor que recibimos del sol durante el día, o cuando acercamos la mano a una bombilla y esta nos transfiere calor (Fundamentos de la transferencia de calor, Frank P. Incropera, 1999).

A continuación se presentan los tres tipos de transferencia descritos anteriormente, en la figura 2.4.

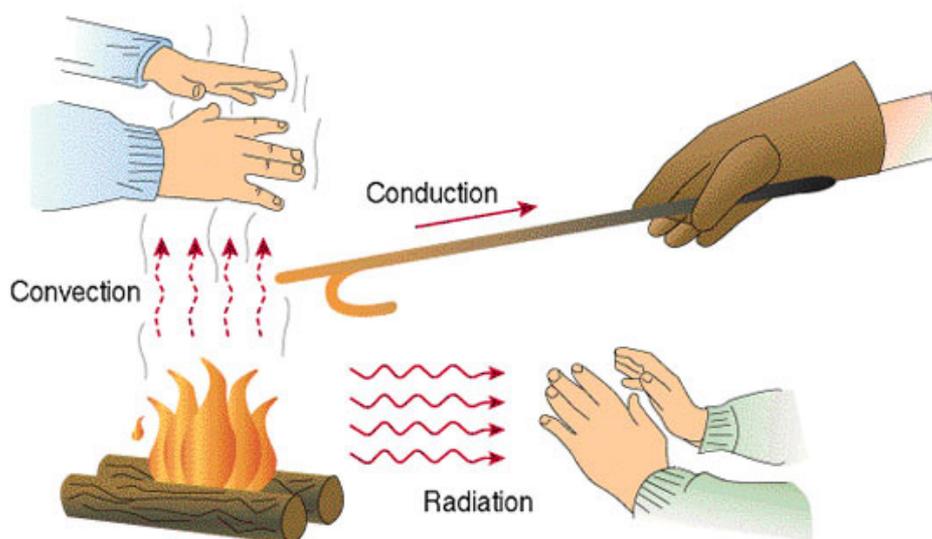


Figura 2.4: Esquema de Conducción, Convección y Radiación.

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor, Frank P. Incropera, 1999

2.3 Flujo de calor y densidad de flujo

Al momento de aislar un edificio, lo que se hace, es impedir que el calor se transmita por conducción desde el exterior al interior (verano) y desde el interior al exterior en situaciones donde la temperatura ambiental es baja (invierno), manteniendo así un ambiente con temperatura confort, si no se consigue hay que gastar en energía. Para lograr la envolvente térmica se debe utilizar materiales aislantes que son los que tienen una baja conductividad térmica.

Para disminuir las pérdidas de calor a través de la envolvente, necesitamos ocupar materiales o soluciones constructivas que disminuyen la transferencia de calor debemos tener en cuenta que:

- Los materiales de baja conductividad térmica disminuyen las pérdidas por conducción
- La producción de flujos convectivos (deficientes sellos de puertas y ventanas, celosías de ventilación permanente, aberturas en cielos, chimeneas no controladas) aumentan las pérdidas de convección.
- Los materiales de baja emisividad son capaces de reflejar las ondas y permiten disminuir las pérdidas por radiación.
- Los materiales que permiten disminuir las pérdidas de calor productos del intercambio energético, principalmente a través de fenómenos de conducción, son denominados aislantes térmicos. Esto se debe a su alta resistencia al paso del calor.

Para comprender de mejor manera los mecanismos de transferencia del calor, se debe comprender el concepto de flujo de calor y densidad de flujo.

El flujo de calor es la cantidad de calor cambiado por unidad de tiempo, está representado en la siguiente fórmula:

Ecuación 2.1
$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} [W]$$

Donde encontramos:

ϕ : Flujo de calor

ΔQ : cantidad de calor transmitido [W]

Δt : Variación de tiempo [S]

La densidad de flujo es el flujo de calor que pasa a través de una superficie. Lo que queda expresado de la siguiente manera:

$$\text{Ecuación 2.2} \quad \Phi = \frac{\emptyset [W]}{S [m^2]}$$

Donde:

Φ : Densidad de flujo

\emptyset : Flujo de calor [W]

S: Unidad de superficie [m^2]

2.4 Conductividad térmica

Es la capacidad de los materiales para dejar pasar el calor. En otras palabras, la conductividad térmica es la capacidad de los elementos de transmitir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otros elementos cercanos. Cuando se calienta la materia varía el comportamiento de su estado molecular, incrementando su movimiento. Es decir las moléculas salen de su estado de inercia o reposo y adquieren un movimiento cinético provocado por el aumento de temperatura.

La norma NCh 853 Of. 91 entrega una tabla con valores de conductividad térmica para materiales en estado seco, a una temperatura media de 20 °C. Dichos valores con su respectiva conductividad térmica. Con esto se podrá analizar si se trata de un posible aislamiento térmico, recordando que un material debe poseer una baja conductividad para poder lograrlo.

Estos 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" que se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación 2.3} \quad K_e = \frac{\emptyset}{A(t_2 - t_1)}$$

Donde:

K_e : Coeficiente de transmisión térmica.

\emptyset : Potencia entregada

A: Área del elemento estudiado.

t_2 : temperatura de la zona afectada por la fuente calórica.

t_1 : Temperatura de la zona que no está afectada por la fuente calórica.

2.4.1 Resistencia térmica

La resistencia térmica se define como la propiedad de un elemento material de oponerse al paso de calor, vale decir representa su “poder aislante”. Esta resistencia térmica depende de la conductividad térmica del material y su espesor, lo que se ve expresado en la siguiente fórmula.

Ecuación 2.4

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[\frac{m^2 \times K}{W} \right]$$

Donde:

e: espesor del material [m]

λ : Conductividad térmica del material [W/mk]

Como conclusión al utilizar materiales con menor conductividad, es decir, mejores aislaciones térmicas se necesitará un menor espesor, lo que implica que las soluciones constructivas dejan una mayor superficie libre para el uso de la vivienda.

2.4.2 Tramitación térmica

Corresponde al calor por unidad de tiempo y área, que se transfiere a través de un sistema constructivo, al existir una diferencia de temperatura de 1°C (1 K) entre los ambiente que este separa. Incluye la resistencia térmica superficial en ambos caras del sistema. Es el recíproco de la resistencia térmica total. Mientras más pequeño es el valor de U, menor es el traspaso de energía y por tanto mejor aislación del elemento constructivo.

Ecuación 2.5

$$U = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$$

Donde:

R_T : Resistencia térmica total

2.5 Confort térmico

Debido a la crisis energética de los años 70; la aislación térmica tomo un rol adicional al de brindar confort, contribuyendo a un uso más eficiente de la energía para calefacción. Es así como la nuevas edificaciones se construyen con niveles de aislación más alto y las construcciones antiguas requieren renovar y mejorar sus condiciones de aislación, lo que se ha traducido en un aumento sustantivo en la demanda de materiales aislantes de buena calidad (Revista BIT, marzo 2001).

Podríamos decir que existe <<confort térmico>> cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frio; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

Evaluar el confort térmico es una tarea compleja, ya que valorar sensaciones conlleva siempre una importante carga subjetiva; no obstante, existen unas variables modificables que influyen en los intercambios térmicos entre el individuo y el medio ambiente y que contribuyen a la sensación de confort, estas son: la temperatura de aire, la temperatura de las paredes y objetivos que nos rodean, la humedad del aire, la actividad física, la clase de vestido y la velocidad del aire (INSHT, 2007).

Los factores que se deben considerar para que la vivienda entregue condiciones de confort térmico adecuadas son los que menciona FUNDACION CHILE et al (2004), y que forman parte del factor térmico del bienestar habitacional:

- El clima del lugar de emplazamiento
- La orientación de la vivienda y el control de asoleamiento y radiación
- La materialidad de la envolvente de la vivienda
- La presencia de humedad al interior
- El tipo de calefacción que se utiliza al interior
- La ventilación

Independiente de los factores mencionados existen otros que influyen en el confort térmico como por ejemplo la cantidad, calidad o materialidad de la vestimenta utilizada, la influencia del color de la habitación, la edad o estado psicológico de la persona en un determinado momento, pero si todos estos factores en conjunto no logran un nivel adecuado de confort térmico, es necesario recurrir a soluciones para este problema. Una de las soluciones que se tiende a recurrir es acceder a altos consumos de energía por conceptos de equipos que brindan calefacción o refrigeración, lo que aumenta el impacto ambiental (Salvo 2013). Esto produciría una disminución en la sustentabilidad, ya que no se mantendría por sí mismo, ocupando recursos exteriores, otra alternativa es acondicionar lo ya construido con soluciones que aporten aislación térmica, como lo que se pretende lograr con el elementos propuestos, conformados con corcho triturado el cual tiene propiedades de aislación térmica y provocando un menor impacto en el medio ambiente.

2.6 Aislación acústica

2.6.1 Sonido

El sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso). Para que se produzca sonido necesitamos la existencia de un campo vibrante y de un medio elástico que se encargue de transmitir las vibraciones.

El sonido tiene mejor comportamiento de propagación en medios más densos. La velocidad de propagación de una onda sonora depende del medio a través del cual se propaga, considerando dos factores: la temperatura del medio y la densidad del medio, debido a que en un medio elástico, las partículas están más juntas permitiendo que la transmisión de la energía de las ondas tenga menos pérdida.

La tabla 2.1 muestra las velocidades de propagación del sonido en distintos medios. Estas fueron medidas en condiciones normales de presión 1 atmósfera y temperatura 25°C, demostrando que la velocidad de propagación de un sonido es mayor en materiales más densos. Quedando en evidencia que al hacer el ensayo acústico con el elemento propuesto lograra una mayor aislación, siendo menos denso que el elemento patrón.

Tabla 2.1.- Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios.

Medio de propagación	Velocidad del sonido (m/s)
Aire	346
Hormigón	4000
Madera	3700

Fuente: Recuero. M.(2010)

2.6.2 Propiedades de ondas sonoras

- a) Amplitud (A): Es la elongación máxima o punto de la onda más distante del eje, es decir, distancia desde la posición de reposo hasta el punto de máximo alejamiento alcanzado por una molécula del medio. Cuanto mayor sea este valor más fuerte será la sensación de sonido que se percibe.
- b) Longitud de onda (λ): Es la distancia del medio que recorre una molécula para realizar un ciclo o vibración completa. También se define como el segmento de eje que corresponde a una vibración completa.
- c) Elongación (s): Es la distancia entre cualquier punto de una onda y su posición de equilibrio.
- d) Periodo (T): Es el tiempo que tarda en realizarse un ciclo de la onda. El periodo es el inverso de la frecuencia y viceversa.
- e) Frecuencia (F): Es el número de ciclos realizados por unidad de tiempo. Se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundos (c/s)

2.6.3 Características del sonido

La aislación acústica es el recurso empleado para impedir la propagación del mismo mediante materiales o recursos constructivos que determinan un obstáculo reflecto de mayor o menor efecto. Esta tiene que brindar un mayor confort para los habitantes logrando este objetivo, se debe tener en cuenta las características del sonido las cuales son:

- a) Intensidad: Esta cualidad determina si un sonido es fuerte o débil. La intensidad de un sonido depende de: La amplitud, ya que a medida que esta aumenta, la intensidad también aumenta; de la distancia existente entre la fuente sonora y el oyente, a mayor distancia, menor intensidad, y finalmente, la intensidad es mayor si la superficie que vibra también lo es.
- b) Tono: Esta cualidad del sonido depende de la frecuencia con la que vibra del cual el emisor del sonido. A mayor frecuencia, el sonido es más alto o agudo, a menor frecuencia el sonido es más bajo o grave.
- c) Timbre: Cualidad que otorga los armónicos al sonido son los que acompañan a la frecuencia fundamental. Permitiendo distinguir los sonidos, entre la misma nota (Tono) con igual intensidad producida por distintos instrumentos musicales.

2.7 El ruido

Es la sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable. En el medio ambiente, se define como todo lo molesto para el oído. El ruido afecta de forma constante en la mayoría de las ciudades afectando la calidad de vida, este se ha convertido en un grave problema.

2.7.1 Características del ruido.

- Su producción es muy barata y su emisión requiere muy poca energía.
- Su medición y cuantificación es compleja.
- No genera ruidos, no produce un efecto acumulativo en el medio
- Su radio de acción es inferior al de otros contaminantes

2.7.2 Tipos de ruido

Estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Ruido continuo: se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de procesos. Para determinar el nivel de ruido es suficiente medir durante unos pocos minutos con un equipo manual.
- b) Ruido intermitente: Cuando la maquinaria opera en ciclos, o cuando pasan vehículos aislados aviones, el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente.
- c) Ruido impulsivo: Es el caso del ruido de impactos o explotaciones, por ejemplo el de una pistola, es breve y abrupto, y su efecto causa mayor molestia.

2.7.3 Ruido exterior

Está relacionado con la densidad de la población que en la mayoría de los casos no es uniforme con el espacio. Se puede encontrar ciertas zonas con un mayor nivel de ruido que otras, estos depende del tipo y la intensidad de las actividades que se desarrollan en la zona.

Las fuentes de ruido exterior de las viviendas se clasifican en dos, las fijas y las móviles. Las fijas son emisoras de ruido y se ubican permanentemente en un lugar, las móviles son las que se desplazan.

Las medidas de control para estos ruidos pueden aplicarse a las viviendas, mediante técnicas de aislamiento acústico como se propone en esta investigación.

2.7.4 Ruido interior

Las fuentes de ruido al interior de las viviendas provienen principalmente de sus ocupantes, además existen los ruidos producidos por los servicios e instalaciones que estos posean como ascensores, vertido de basura, artefactos sanitarios (Pailaqueo 2010).

2. 8 Corcho como material de construcción

El alcornoque (*Quercus suber* L.) es el árbol productor de corcho por ser el único que regenera una corteza suberícola específica, que es la única que sirve para fabricar tapones, después del descorche, además de acumular con regularidad su corteza. Es una especie polimorfa, con una decena de formas botánicas.



Figura 2.5: Alcornoque y detalle muestra de corteza

Fuente: Tecnología del corcho, 2008

El hombre se está comenzando a dar cuenta de sus actos y las consecuencias que traen al entorno en el cual se desenvuelve. Una de las medidas básicas que se están implementando para disminuir los impactos del hombre en el medio ambiente, es la utilización de materiales reutilizables o de menor impacto para el planeta.

Dentro de la gama de materiales que son extraídos de la naturaleza y que es 100% reutilizable se encuentra el corcho.

Una de las mayores desventajas de la producción de corcho es su largo periodo para realizar los descorches. La primera extracción de corteza de alcornoque se puede extraer tan solo después de 15 a 20 años de vida del árbol.

En la actualidad existen organizaciones que se preocupan de la protección y preservación del medio ambiente, entidades como la WWF (Fondo mundial para la naturaleza). Si bien el alcornoque está actualmente en peligro de extinción debido a que hay sobre explotación en la industria corchera, además del surgimiento de las tapas metálicas y plásticas. La WWF, ha presentado diversas propuestas para la conservación y no extinción de los Alcornocales.

El surgimiento de las tapas metálicas y plásticas ha puesto a los taponos naturales de corcho en peligro de extinción. Sin embargo la empresa productora de corcho más grande del mundo (AMORIM), ha invertido dinero mejorando la tecnología para mantenerse en el mercado, una de las características principales con las que se recomienda preferir el producto natural, es debido a su contaminación de dióxido de carbono (huella de carbono), ya que los productos sintéticos pueden contaminar diez veces más que la producción de sus análogos naturales.

El corcho puede ser un nuevo material que aporte en la industria de materiales, ya que posee un bajo nivel de impacto ambiental.

2.8.1 Superficie del alcornoque en países productores

La superficie del alcornocal en su área natural esta ceñida a siete países de la cueca del Mediterráneo occidental: Italia, Francia, España, Portugal, Marruecos, Argelia y Tunes. Des estos países el que tiene mayor superficie alcornocal es de 2,3 millones de hectáreas de las cuales 54% se encuentra en Portugal y España y el 37% en el norte de África.

PAIS	Superficie (Ha): 1950, Viera Natividade	% sobre el total	Superficie (Ha): 1991, Miguel Elena	% sobre el total	Superficie (Ha): 1999, Simposio Mérida ICMC	% sobre el total
Portugal	740.000	34.2	750.000	32.7	859.300	32.0
España	340.000	15.7	500.000	21.8	725.000	27.0
Argelia	450.000	20.4	410.000	17.9	440.000	16.4
Marruecos	325.000	15.0	340.000	14.8	377.000	14.0
Francia	140.000	6.5	100.000	4.3	44.000	1.6
Túnez	115.000	5.4	99.000	4.3	99.000	3.6
Italia	60.000	2.8	90.000	3.9	144.000	5.4
TOTAL	2.170.000	100	2.289.000	100	2.688.300	100

Figura 2.6: Evaluación de la superficie arbolada del alcornoque, según tres periodos

Fuente: Tecnología del corcho, 2008

La empresa productora de corcho natural más grande del planeta, tiene una de las misiones de entregar informes de sustentabilidad de hace 8 años, actualmente describe como promueve la sustentabilidad del área económica y social, garantizando la preservación del gran ecosistema donde habitan los alcornocales, extrayendo cíclicamente la corteza sin dañarla.

Actualmente son reconocidos por los estudios que se han promovido y que demuestran el rendimiento superior (técnicos y ambientales) de soluciones de corcho, además de reducir la actividad de intensidad de carbono.

Para aumentar la conciencia de la sociedad en general a adoptar un comportamiento más sostenible, se considera que los estudiantes son un público prioridad. En el año 2013 participaron más de 3250 estudiantes principalmente en Portugal, visitando las plantas industriales Corticerías Amorim.

Los empleados de Corticeras Amorim son promotores de prácticas de reciclaje en general y, en particular, el reciclaje de tapones de corcho. Desde el inicio del programa de reciclaje verde que data del 2008, que todas las unidades industriales de Portugal, tienen contenedores de recogida de corcho usados, teniendo cerca de 4.400 kg de tapones de corcho en 2013.

Cabe destacar que al haber conciencia de sustentabilidad en los corchos y en la protección de los Alcornocales, habrá producción de corchos, por lo tanto también exportación del material. Por lo tanto el material propuesto en esta investigación podrá ser aplicable en Chile

2.8.2 Estructura del corcho

El corcho es un tejido vegetal formado por celular muertas que protegen las partes vivas del tronco y ramas del alcornoque. Las células del corcho se forman en el sentido radial del árbol. El crecimiento anual en espesor forma un anillo de crecimiento. Los anillos suelen tener de 1 a 6 mm. Los corchos bornizos presentan normalmente los anillos de crecimiento más delgados.

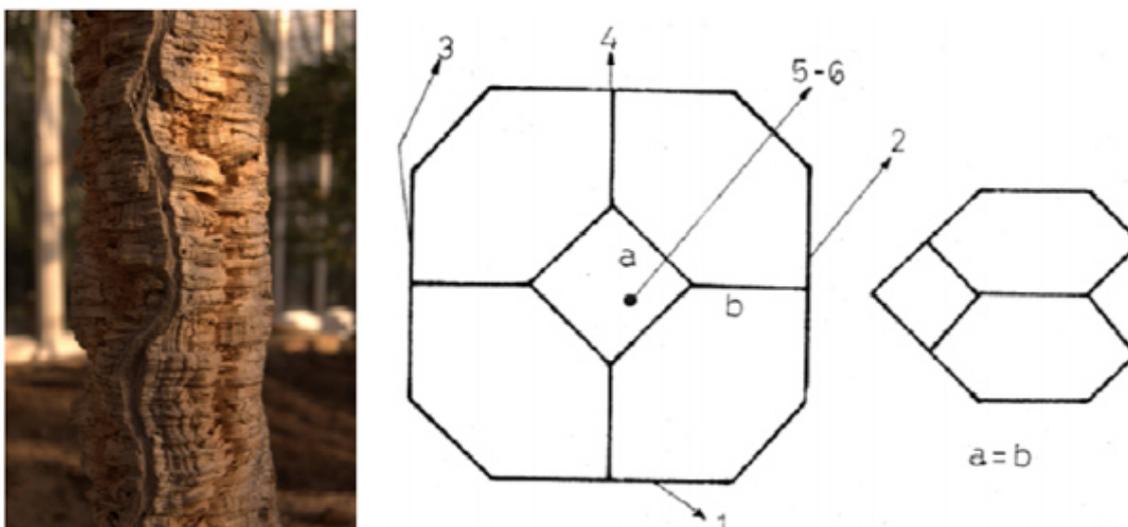


Figura 2.7: Diagrama composición de la célula del corcho

Fuente: Tecnología del Corcho, 2008

De la estructura de la celular del corcho se deduce que para que no haya aberturas "a" debe ser igual a "b", que define la estructura perfecta del corcho.

2.8.3 Composición química

Composición química del corcho (Guillermonat, 1960):

- Suberina: 45%
- Lignina: 27%
- Polisacáridos y celulosa: 12%
- Taninos: 6%
- Otros (minerales, agua, glicerina, etc.): 5%

2.9 Características del corcho como material

Son numerosas las propiedades del corcho, gracias a su estructura y composición química (Remacha Gaete, 2002).

a) Ligereza

Se debe a que el 88% de su volumen es aire, lo que se traduce en una densidad baja, comprendidas entre 0,12 y 0,24 kg/litro.

b) Flotabilidad

Debido a la gran cantidad de aire que hay en las células y a su impermeabilidad.

c) Elasticidad

Es la capacidad de recuperar el volumen inicial tras sufrir una deformación que justifique, entre otras, su utilización en tapamiento.

d) Coeficiente de rozamiento elevado

La superficie del corcho queda tapizada por micro ventosas que le permiten una gran adherencia y dificultan su desplazamiento.

e) Alta impermeabilidad

Debido a la incomunicación de las células ya que está recubierta con suberina (mezcla compleja de ácidos grasos y de alcoholes orgánicos pesados) y cerina. Estos componentes hacen del tejido de corcho impermeable tanto a los líquidos como a los gases.

f) Se pudre difícilmente

Sin embargo en las botellas de vino se deteriora cuando están en contacto con el vino en corchos de media calidad entre 15 y 20 años y cuando descorchamos una botella cuyo vino es de esa edad se suele romper el corcho, de todas formas es considerado el mejor aislante natural que existe. La existencia del corcho que después de estar sumergido en agua durante muchos años no se pudre. El corcho no absorbe más de un 18 a 20% de agua lo que influye de manera importante en su conservación y su imputrescibilidad.

g) Aislante térmico

Su función natural es proteger al árbol lo que genera. Presenta una resistencia de paso de calor 30 veces superior a la del hormigón gracias a su estructura alveolar, el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos. Esto es debido a la suberina que refuerza la condición aislante que le confiere el aire que hay en el interior de la cavidad celular. Es mejor aislante de temperatura bajas que altas, utilizado para frigoríficos, ya que no permite que el agua se condense en su superficie.

h) Buen absorbente del sonido:

Para bajas y medias frecuencias, menos eficaz para altas frecuencias, contrariamente a lo que suele ocurrir con el resto de los aislantes sonidos. Aislamiento acústico frente a impactos muy altos por su elevada elasticidad.

i) Absorción acústica muy elevada

Alto coeficiente de absorción, por su propia porosidad y eliminación de la reverberación.

j) Durabilidad:

El corcho es un material difícilmente alterable tanto por sustancias químicas, naturales o artificiales, el hecho de no contener células con protoplasma hace que sea higiénico, por lo que se puede decir que es resistente a la acción de la humedad y los cambios atmosféricos ya que la humedad de equilibrio medio que alcanza es de 6%. No se oxida ni por la acción del aire ni por la humedad.

k) Resistencia al desgaste por rozamiento:

Alta resistencia a la fricción debido a la estructura alveolar que actúa a modo de ventosas. La superficie del corcho queda tapizada por micro ventosas que dificultan su deslizamiento lo que justifica su aplicación para parquet.

2.10 El corcho y su reciclaje en Chile

2.10.1 El corcho en Chile

Nacionalmente, no existe una producción estandarizada del corcho, solo estudios con suposiciones y terrenos destinados a plantaciones que aún están en crecimiento, sin embargo, existen iniciativas para introducir corcho en Chile como producto no vitivinícola.

En Chile se utiliza el corcho principalmente para sellar las botellas de vino al ser un gran productor. Chile solo en el año 2005 importó 67 mil toneladas de corcho desde Portugal, principal productor de esta corteza arbórea en el mundo.

En Chile si bien este material es popular sólo como un elemento de garantía en el sellado de las botellas de vino, el corcho es además un aporte a la arquitectura especialmente por sus cualidades ecológicas que lo hacen un excelente aliado para una mejor calidad de vida y el equilibrio ecológico planetario.

Las viñas para vinificación ocupan más de 125 mil hectáreas, de las cuales se están obteniendo producciones del orden de 1.200 millones de litros. Las exportaciones de vinos y mostos de 2012 se aproximan a 700 millones de litros, quedando en el territorio nacional un 42% de la producción de vinos.(ODEPA, 2013)

Para generar reciclaje, debe haber desechos de algún material que quede en desuso y que sea potencialmente útil, además de reducir materias primas, como en Chile se produce una enorme cantidad de litro de vino, el corcho sería un material que se podría reutilizar a través del reciclaje, ya que en Chile el consumo anual per cápita de vino es de 13 litros (Economía y Negocios, 2013), generando un aproximado de 221 millones de corcho anuales, de los cuales 44,2 millones son corchos de origen natural.

2.10.2 Iniciativas para producir corcho en Chile

Chile posee ventajas comparativas excepcionales para la plantación de alcornoque, se sostiene que debido a la alta demanda y escasez de corcho en el mundo, la inexistencia en Chile de plantaciones de alcornoque y de producción de corcho podría ser considerada una amenaza para una actividad de enorme dinamismo e importancia como es la industria exportadora vitivinícola. El desarrollo de esta actividad permitiría asegurar el abastecimiento de un insumo de una actividad rentable en zonas económicamente deprimidas. (Ovalle M. 2005)

Chile posee condiciones ambientales muy apropiadas para el crecimiento del alcornoque. El alcornoque es un árbol exclusivamente mediterráneo y de difícil reproducción en grandes extensiones fuera de su clima.

Antecedentes de crecimiento son aún escasos. Los únicos disponibles han sido obtenidos por INIA, ubicado en Cauquenes (secano interior sub húmedo de la VII Región), sobre un periodo de 12 años. Allí se han obtenido valores de crecimiento de 4,2 m en altura de plantas, 12,9 cm en diámetro de tronco y 350 cm en diámetro de copas. A pesar de ser un árbol de crecimiento lento, estos resultados son bastante auspiciosos, considerando que han sido obtenidos en arboles no manejados intensivamente (sin control de malezas, ni fertilización). Esta producción permite estimar sobre la base de modelos de crecimiento y la producción que se podría obtener (Montero et al., 1996).

El INIA y un conjunto de agricultores visionarios han sido pioneros en la plantación de alcornoque en Chile. En el Centro Experimental Cauquenes de INIA existe un conjunto de árboles plantados hace 70 años, a partir de los cuales se ha obtenido semillas para plantaciones a a mayor escala.

2.10.3 Reciclaje del corcho

En la mayoría de los países no existe una cultura de reciclaje de los tapones. Actualmente el corcho se suele tirar a la basura y, en el mejor de los casos, es reciclado como materia orgánica.

El reciclaje del corcho serviría para reutilizar el material y no aumentar el problema de acumulación de basuras que tenemos en el mundo, para que la industria del corcho consiga y pueda presentarse ante la sociedad como un ente a favor del medio ambiente, el reciclaje podría ser un gran canal de comunicación para divulgar entre la sociedad los valores ecológicos del corcho

2.11 Clasificación de los morteros

2.11.1 Tipos de morteros y su aplicación

Mortero: mezcla constituida por cemento, arena y eventualmente otro material conglomerante que con adición de agua reacciona y adquiere resistencia. También puede tener algún otro producto para mejorar sus propiedades siempre que cumpla los requisitos según su uso.

Mortero de junta: mortero que se emplea para unir monolíticamente las unidades de albañilería de piedras, ladrillos o bloques de hormigón.

Mortero de relleno: mortero que se emplea para llenar los huecos de la unidad de albañilería según lo definido en NCh1928

Mortero de revestimiento continuo (estuco): mortero que se aplica a una superficie base para mejorar la terminación. Puede estar compuesto de capa de adherencia y capa de terminación.

Conglomerante: producto que al reaccionar químicamente con agua, generalmente en forma estable e irreversible, endurece y adquiere resistencia (por ejemplo: cemento, cales hidráulicas, barro, yeso, cemento de albañilería)

Aglomerante: producto que en presencia de agua une mediante cambios físicos, generalmente en forma reversible (por ejemplo: cal, yeso, cemento y hormigón)

2.12 Materiales

2.12.1 Cemento

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

El cemento al ser mezclado con agua forma una pasta, que tiene la propiedad de rigidizarse progresivamente hasta constituir un sólido de creciente dureza y resistencia.

En nuestro país la NCh148 Of 1968 clasifica los tipos de cementos por la proporción de sus componentes, como se aprecia en la tabla 3.1.

Tabla 2.2 Clasificación de los tipos de cemento

Denominación	Porcentaje de los componentes		
	Clinker	Puzolana	Escoria
Portland	100%	-	-
Portland Puzolánico	≥ 70%	≤ 30%	-
Portland Siderúrgico	≥ 70%	-	≤ 30%
Puzolánico	50 - 70%	30 - 50%	-
Siderúrgico	25 - 70%	-	30 - 75%

Fuente: NCh 148 Of 1968: Clasificación de los cementos.

En esta experiencia se ocupara cemento portland puzolánico especial grado corriente. El cual es recomendado por fabricantes para la elaboración de morteros.

2.12.2 Ladrillos

Los ladrillos son materiales de construcción hechos moldeando tierra arcillosa húmeda en forma de bloque. Después se endurece el bloque al sol o usando fuego.

Hay diferentes tipos de ladrillos: ladrillo fiscal, ladrillo refractario, ladrillo cerámico entre otros.

Clasificación

Atendiendo a sus propiedades físicas y mecánicas, los ladrillos cerámicos se clasifican en clases y grados. Adicionalmente, las características asociadas a forma y terminación del ladrillo cerámico dan origen a una clasificación según uso (NCh 169 Of 2001)

Clasificación por clases

- Ladrillos Macizos Hechos A Máquina (Mqm)
Unidades macizas sin perforaciones un huecos
- Ladrillos Perforados Hechos a Máquina (MqP)
Son unidades que poseen perforaciones y huecos, regularmente distribuidos, cuyo volumen es inferior al 50% del volumen bruto o total.
- Ladrillos Huecos Hechos a Máquina (MqH)
Son unidades que poseen huecos y perforaciones, regularmente distribuidos, cuyo volumen es mayor o igual al 50% del volumen bruto total.

En esta investigación se utilizaran los ladrillos perforados hecho a máquina.

2.12.3 Arena

No es posible hacer un buen mortero sin una buena arena.

Las mejores arenas son las de río (cuarzo puro).

Partículas de suelo de diámetro entre 0,05 y 5,0 mm. Una arena en buenas condiciones está compuesta por partículas de diferentes tamaños, sean pequeñas o grandes. La arena gruesa se utiliza con gravilla para la fabricación del hormigón para pisos. La arena fina de construcción o albañilería se usa para trabajos de mampostería.

2.12.4 Agua

El agua desempeñará roles fundamentales en el mortero ya que participa en el proceso de hidratación del cemento, el cual no puede desarrollarse sin su presencia y además otorga la trabajabilidad necesaria al mortero, siendo determinante para definir su fluidez. Es, en consecuencia un componente fundamental, ya que su presencia condiciona tanto el desarrollo de las propiedades en su estado fresco como en la etapa de su endurecimiento (Zabaleta y Egaña, 1989).

En la confección de nuestras mezclas se utilizara agua potable, la que cumple sin duda todos los requisitos normativos establecidos en Nch 1498 Of 1993.

CAPITULO III: DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se definirán conceptos, términos y los materiales elegidos para la elaboración del mortero a estudiar, y se describirán los ensayos que se realizarán a nuestras probetas de mortero con adiciones variables de corcho triturado, para medir propiedades mecánicas, de consistencia y termo - acústicos.

El estudio presente se compone de las siguientes etapas, la cuales van a resumir el trabajo realizado para obtener los resultados que validen, o refuten la factibilidad del elaborar el elemento propuesto, un mortero de estuco para albañilería con corcho triturado en remplazo de la arena.

- Etapa de recopilación de materiales
- Etapa confección mortero con adiciones de corcho reciclado
- Etapa de confección de muro de albañilería
- Etapa ensayos de laboratorio
- Análisis de resultados
- Conclusiones

3.1 Etapas de recopilación de materiales

Etapa previa, en la que se identifican los materiales que se van a utilizar para confeccionar el mortero y muro de albañilería. Los materiales para confecciona el mortero con adiciones de corcho triturado fueron recolectados con anticipación para comenzar a realizar las etapas de trabajo en laboratorio.

La recolección de material se centro en el corcho, ya que dentro de los materiales que se utilizaran en este trabajo, es uno de los mas difícil de conseguir, debido a que se reciclara. Mientras tanto el cemento, arena y ladrillos, es de más fácil acceso, comprándola una empresa comercial al momento de realizar los trabajos en laboratorio. Esta etapa se realizo paralelamente con la recopilación de información, la cual es una etapa teórica que entrega los fundamentos del estudio, para así tener certeza de los alcances del trabajo.

3.2 Etapa confección mortero con corcho reciclado

La confección del mortero con adiciones variables de corcho reciclado en remplazo de la arena, será de 10, 20, 30 porciento (%). Se realizarán ensayos de resistencia para comprobar cuál es mortero más adecuado, el corcho tendrá un tamaño máximo de 5mm de acuerdo a la norma NCh 163 Of 1979, ya que, será en remplazo de la arena, mejorando resultados de aislación térmica para la estructura.

Se efectuará una razón 1:3 para mortero de revestimiento en estructura de albañilería, con una razón agua/cemento constante.

3.2.1 Confección muro de albañilería

El muro de albañilería se realizará con ladrillo cerámico, con un mortero de estuco de 2 cm, con dimensiones totales del muro de 50x50x14. Se confeccionarán 2 muros de ladrillos, con mortero de estuco patrón y el segundo con un mortero de estuco con corcho triturado, el cual se decidirá el porcentaje de corcho incorporado en remplazo de la arena mediante los resultados de resistencia obtenidos en los laboratorios.

El mortero de pega utilizado con una dosificación en volumen 1:3, cantería vertical y horizontal de 15 mm \pm 3. Se utilizó la metodología tradicional de construcción de albañilería con ladrillos cerámicos, es decir, el mortero que cae en los huecos de la unidad cerámica es solo el resultado de la presión ejercida por el ladrillo de la hilada superior. El mortero de pega cumple con lo especificado en la Nch 2256/1 Of 2001.

Descripción:

- Ladrillo cerámico Reforzado “ Santiago Titan”
- Largo: 290 mm
- Ancho: 140 mm
- Alto 111 mm
- Uso en albañilería armadas y confinadas
- Peso: 2,9 kg



Figura 3.1: Ladrillo cerámico reforzado

Fuente: Centro de materiales UTFSM

3.3 Etapa ensayos de laboratorio.

El procedimiento para la fabricación del muro se detalla a continuación a través de esquemas y breves explicaciones de cómo se someterá el ensayo en la cámara térmica

La NCh 851 indica la metodología para la determinación de la conductividad térmica y capacidad de aislación térmica de un determinado material o elemento constructivo. Este ensayo permite obtener resultados en probetas razonablemente significativas de los elementos constructivos, mediante el análisis dentro de una cámara térmica, por lo que es ideal para el estudio.

Para determinar si el mortero con corcho triturado posee propiedades de aislación térmica, se realizara el ensayo a los siguientes elementos:

- Muro de albañilería de ladrillos estucado por una de sus caras con un mortero patrón.
- Muro de albañilería de ladrillos estucado por una de sus caras con un mortero con corcho triturado.

Para realizar este ensayo, se utiliza una cámara térmica a escala que se encuentra en las dependencias de los laboratorios de hormigón, la cual fue construida de estructura de madera de pino 2x2 y revestimiento de terciado estructural de 15 mm. A su vez, se coloco polietileno expandido y lana de vidrio en cada arista asegurando una aislación total al interior de la cámara.

Previo a realizar el ensayo, dentro de la cámara se instala de manera vertical el muro de albañilería de ladrillos estucado por una de sus caras, el cual debe tener la misma dimensión de la distancia interior libre entregada por la cámara, creando dos espacios (cámara A y B), los cuales no presentan puentes de transferencia debido a la unión hermética generada. En la cámara A se ubica la fuente de calor, que para efectos de nuestro estudio, corresponde a 3 ampollitas instaladas de manera uniforme dentro de la sección, cada una de ellas con una potencia de 100 watts. La cara estucada del muro quedara expuesta a la fuente de calor, tal como se muestra en la figura 3.1



Figura 3.2: Cámara de medición de ensayos térmicos con muro de albañilería estucada en una cara

En donde:

- Cámara A: Espacio con temperatura
- Cámara B: Espacio sin temperatura

Luego se montan dos sensores del equipo de medición utilizado, uno en cada cara del elemento a estudiar, por lo tanto, un sensor se ubica en la cara estucada del muro que contiene las fuentes emisoras de calor (cámara A) y el otro sensor, se ubica en la cara sin el estuco (cámara B).

El objetivo del ensayo es encontrar la fuente de calor, para de esta forma, medir cuanto temperatura tiene el muro de albañilería en la cara estucada con el mortero patrón, y observar mediante el segundo sensor, cuanto calor atraviesa el muro y llega hasta el extremo que no tiene la fuente emisora de calor. El mismo procedimiento se repite para el muro estucado por un mortero con corcho triturado, en donde mediante una comparación, se determinará el nivel de aislación térmica de la solución constructiva propuesta.

3.3.1. Ensayos y estudios

Los ensayos y estudios propuestos que se llevarán a cabo para poder completar el análisis buscado del elemento propuesto por un mortero con corcho triturado como mortero de estuco son:

- Ensayo granulometría de áridos.
- Ensayo de densidades.
- Ensayo de flexión y compresión del mortero con corcho reciclado.
- Ensayo para determinar propiedades de aislación térmica.
- Ensayo para determinar propiedades de aislación acústica.

3.3.2 Estudio de la granulometría

Árido fino que pasa por el tamiz de abertura de 5 mm y es retenido en el de 0,08 mm con las tolerancias establecidas en la norma Ncg163. La arena se clasifica de acuerdo a la Nch2256-1 Of 2001 como se observa en la tabla 3.2. Además, densidades y absorción serán medidas de acuerdo a la Nch 1239 Of 2013.

Tabla 3.1: Clasificación granulométrica del árido fino

Abertura tamices según Nch165, mm	% acumulado que pasa , en peso		
	Tamaño máximo nominal, Dn, mm		
	5	2,5	1,25
10	100		
5	95 -100	100	
2,5	80 - 100	95 -100	100
1,25	50 - 85	70 -100	95 - 100
0,63	25 - 60	40 - 75	50 -100
0,316	5 - 30	10 35	15 -40
0,16	0 10	2 15	2 20
Módulo de finura	3,38 - 2,15	2,83 - 1,75	2,38 - 1,14
Retenido entre tamices 0,316 y 0,160 mm	-	< 25	< 25
% retenido entre dos tamices sucesivos	-	< 45	< 45

Fuente: Nch 2256-1 Of 2001: Granulometría de la arena para morteros

3.3.3 Estudio de densidades

Se realizara un estudio de las Densidades Aparente del panel, esta densidad será el resultado del promedio de 3 muestras representativas y medidas en laboratorio según la NCh 1116 Of 1977.

El cálculo se efectuara con la siguiente fórmula:

Ecuación 3.1
$$p = \frac{m}{v}$$

Donde:

p: Densidad Aparente expresada en [Kg/m³]

m: Corresponde al peso de la muestra expresada en [Kg]

v: Volumen de la muestra [m³]

3.3.4 Resistencia mecánica

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

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 señala en la figura.

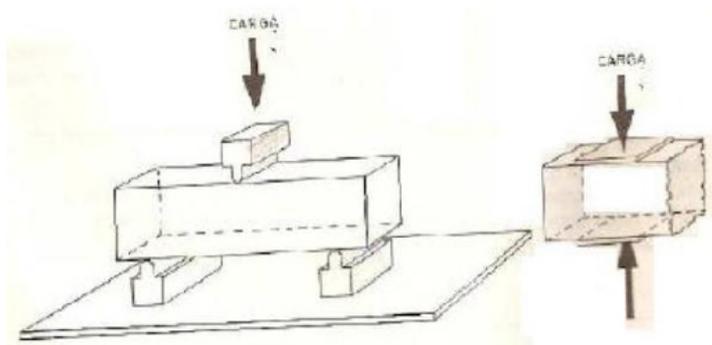


Figura 3.3: Ensayo flexión y compresión

Fuente: NCh 158 Of 1967

3.3.5 Adherencia

La adherencia es la resistencia que opone un recubrimiento a ser separado de la superficie donde está colocado, cuando se aplica una fuerza de tracción.

Para realizar este ensayo, se construyen 2 muros de albañilería de ladrillo, a los cuales les aplica cada una de las mezclas a estudiar en cada cara, tal como muestra la figura 3.4.

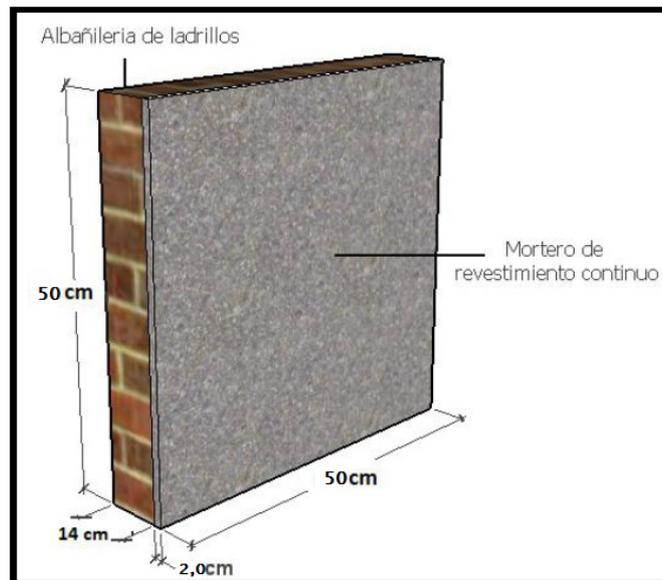


Figura 3.4: Muro de prueba ensayo de adherencia

Fuente: elaboración propia, 2015

Como se observa en la figura 3.4 se aplica al muro de dimensiones 50x50 cm, un estuco de 2,0 cm mediante la técnica de "Chicoteo" asegurando una buena adherencia del mortero con el sustrato.

El ensayo se realiza de acuerdo a la NCh 2471 Of 2000; método de tracción directa, en donde se adhiere un disco de acero a la superficie del mortero y luego se aplica una fuerza de separación perpendicular a la superficie mediante un equipo calibrado, esta fuerza se ve aumentando gradualmente hasta provocar el despegue del recubrimiento.

Se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 3.2
$$B = \frac{F}{A}$$

En donde

B: Adherencia en megapascales (MPa)

F: carga de rotura en newton (N)

A: área de la probeta en milímetros cuadrados (mm²)

La NCh 2256/1 Of 2001 establece que los morteros para estuco deben tener una adherencia de al menos 0,2 Mpa a los 28 días cuando se colocan sobre superficies nuevas, determinados según NCh 2471 Of 2000.

3.3.6 Ensayos físicos

Una vez determinada la mezcla adecuada son los ensayos mecánicos, esta mezcla pasa a una segunda etapa de pruebas, en donde es aplicada sobre un muro de albañilería de ladrillos para determinar las propiedades de aislación térmica y acústica del mortero con adiciones de corcho reciclado.

3.3.6.1 Ensayo para la determinación de las propiedades de aislación térmica.

Para realizar este ensayo se regirá por las normas vigentes en Chile, las cuales son:

- NCh 851 Of 1983 Aislación Térmica – Determinación de coeficientes de transmisión térmica por el método de la cámara térmica. Esta se procederá a utilizar al momento de realizar los ensayos que determinan la Conductividad Térmica y la capacidad de Aislación Térmica de un determinado material o elemento constructivo.
- NCh 849 Of 1987 Aislación Térmica – Transmisión Térmica – Terminología, Magnitudes, Unidades y Símbolos. Esta norma determina la terminología que se necesita utilizar en el estudio de Propiedades Térmicas, al igual que las Unidades correspondientes y los símbolos que deben usarse al momento de analizar los resultados.

La medición de las propiedades térmicas, se pondrán a prueba en una cámara térmica, confeccionada en los laboratorios del establecimiento.



Figura 3.5: cámara térmica 50x50x150

Fuente: Elaboración propia

El equipo de medición a utilizar corresponde al Xplorer GLX marca Pasco, el cual se encuentra disponible dentro del equipamiento de los laboratorios de hormigón.



Figura 3.6: Equipo XPLOERER GLX, marca Pasco

Este instrumento permite registrar datos en tiempo real a través de sensores de temperatura Pasport, mediante el software "Pasco capstone" el cual se conecta a una computadora portátil.

Para efectos de esta investigación, se utilizarán 4 sensores de temperatura de contacto, los cuales se distribuyen de forma estratégica, en donde el sensor ubicado en el mortero mide la fuente de calor directa, en cuanto al sensor del costado mide a la mayor distancia que puede tener la cámara térmica, en la figura 3.2 se indica su ubicación en ambos ambientes.

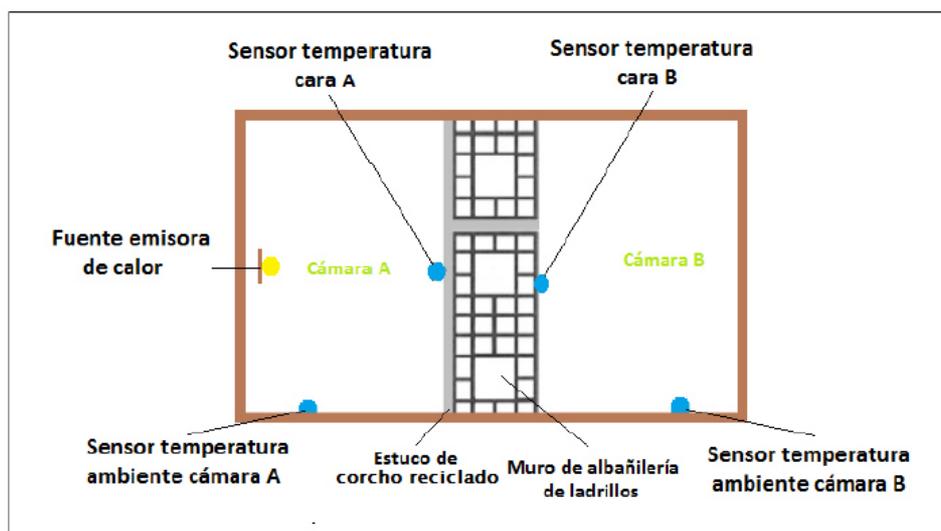


Figura 3.7: Disposición de sensores cámara de ensayo.

Fuente: Elaboración propia

3.3.6.2 Ensayo para determinar propiedades de aislación acústica

Para realizar este ensayo se toma referencia la siguiente norma chilena:

- NCh 2786 Of 2002 Acustica – acustica en construcciones y elementos de construccion – Mediciones – Mediciones en laboratorio de la asilacion acustica aerea de elementos de construccion.

Esta norma recomienda que el prototipo de ensayo a utilizar debe tener un tamaño aproximado de 10 m², sin embargo, para efectos de esta investigación y en función de los recursos disponibles, se realiza un ajuste a lo establecido por la norma en relación a la metodología y prototipo de ensayo, utilizando la cámara térmica de 50x50 cm usada en los ensayos para la determinación de las propiedades de aislación térmica, la cual se encuentra disponible en los laboratorios de hormigón y cumple con los requerimientos acústicos establecidos. Lo anterior se justifica mediante el precepto de que el análisis de los resultados de esta investigación tiene un carácter comparativo, por lo que las dimensiones de los muros a ensayar no debiesen tener influencia en los resultados obtenidos. En relación a la metodología a utilizar, corresponde a lo señalado en el manual de reglamentación acústica del MINVU para la medición de la transferencia del ruido aéreo, en donde se utilizan los siguientes equipos de medición:

- Parlante utilizado para emitir sonidos correspondientes a las bandas de octava.



Figura 3.8: Sistema de sonido para emitir las frecuencias del ensayo

Fuente: elaboración propia

- Sonómetro, el cual permite medir el nivel de presión sonora en tiempo real, expresando los resultados en decibeles (dB).



Figura 3.9: Sonómetro

Fuente: Elaboración propia

El ensayo consiste en instalar de manera vertical un muro de albañilería estucado por una cara con mortero con incorporación de corcho reciclado, el cual debe tener la misma dimensión de la distancia interior libre entregada por la cámara. Luego, se ubica una fuente generadora de ruido (parlantes) a una distancia de 0,5 m de la superficie del muro y al lado opuesto, se ubica una fuente receptora (sonómetro) a la misma distancia de 1,2 m desde la superficie del material a ensayar, tal como lo muestra la figura 3.9.

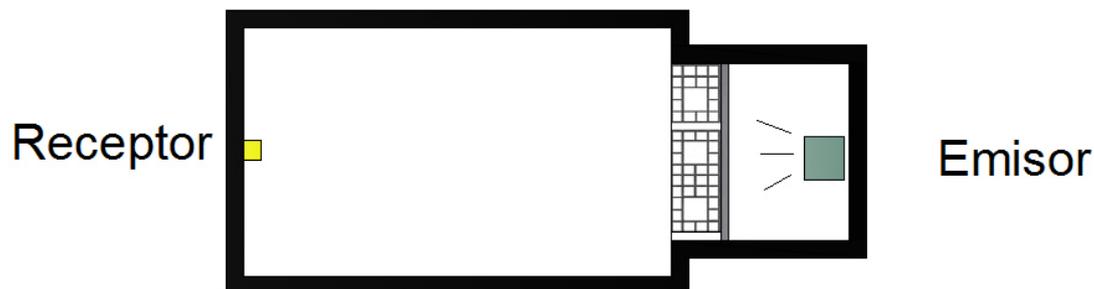


Figura 3.10: Cámara de medición ensayos acústicos

Fuente: Elaboración propia

El sonido a generar en el recinto de emisión, debe ser estacionario y tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado, el cual debe ser medido por un periodo de 30 segundos para cada frecuencia. El nivel de presión sonora debe medirse utilizando filtros de octava dentro del rango de 100 Hz a 5000 Hz, como lo indica la tabla 3.2

Tabla 3.2: Filtros de bandas de octava

Bandas de octava (Hertz)					
100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1000	1250
1600	2000	2500	3125	4000	5000

Fuente: Nch 2786 Of 2002.

Primero se mide la intensidad sonora dentro de la cámara sin muro en su interior, luego se instala el muro de albañilería sin estucar y finalmente el muro estucado con corcho reciclado. Con los datos obtenidos, se establecerán parámetros comparativos de aislamiento acústica, para determinar las propiedades acústicas del mortero con agregado de corcho reciclado.

CAPITULO IV: Presentación de resultados y análisis

4.1 Introducción

En este capítulo se dará a conocer los análisis de las pruebas realizadas en los diferentes ensayos, con la función de evaluar el aislamiento térmico y acústico, además de sus propiedades mecánicas, los cuales se realizarán en el laboratorio de la Universidad de Valparaíso en Playa Ancha.

Con los resultados obtenidos se podrá analizar y concluir si la propuesta anteriormente descrita cumple con los requisitos.

Los ensayos y estudios son los siguientes

- Ensayo granulometría de áridos (2)
- Ensayo de densidades aparentes y neta (3)
- Ensayo consistencia (4)
- Ensayo de compresión y flexión (5)
- Ensayo de aislación térmica (6)
- Ensayo de aislación acústica (7)

4.1.1 Ensayo granulometría de áridos

La granulometría de la arena se obtuvo mediante el procedimiento indicado en la NCh Of 2013 y los resultados se muestran a continuación en tabla 4.1

Tabla 4.1 Análisis Granulometría de la Arena

Tamices NCh 165	Porcentaje que Pasa				Banda NCh 2256-1
	Muestra 1	Muestra 2	muestra 3	Promedio	
5	100	100	100	100	95 - 100
2,5	78	80	82	82	80 - 100
1,25	63	76	72	70	50 - 85
0,65	53	60	61	58	25 - 60
0,315	33	30	28	30	5 - 30
0,16	2	3	3	3	0 - 10
Modulo Finura	2,71	2,51	2,54	2,58	

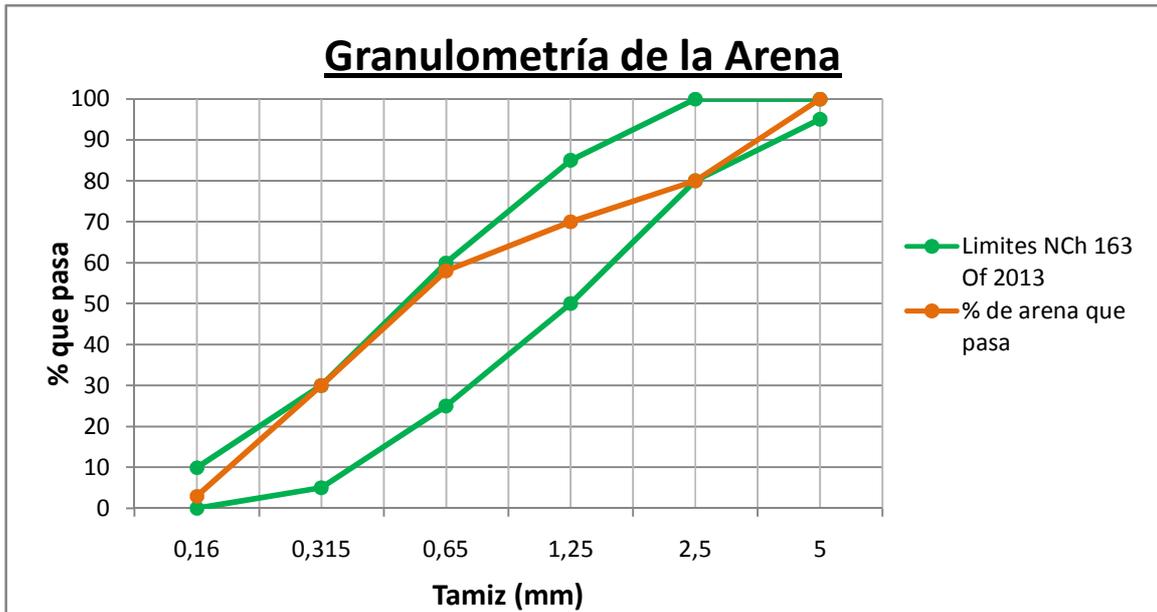


Figura 4.1: Grafico Granulometría de la arena

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.2: Serie Tamices ASTM

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.3: Arena Tamizada

Fuente: Elaboración propia

La granulometría del Corcho se realizó, al igual que la arena, con la serie de tamices NCh 165 Of 2013 para morteros.

Se puede apreciar mediante la figura 4.2 que el mayor porcentaje retenido queda en el tamiz 8 (2,5 mm).

Tabla 4.2 Análisis granulométrico del Corcho

Tamices NCh 165	Porcentaje que pasa
	Muestra
5	100
2,5	54
1,25	18
0,65	8
0,315	3
0,16	1

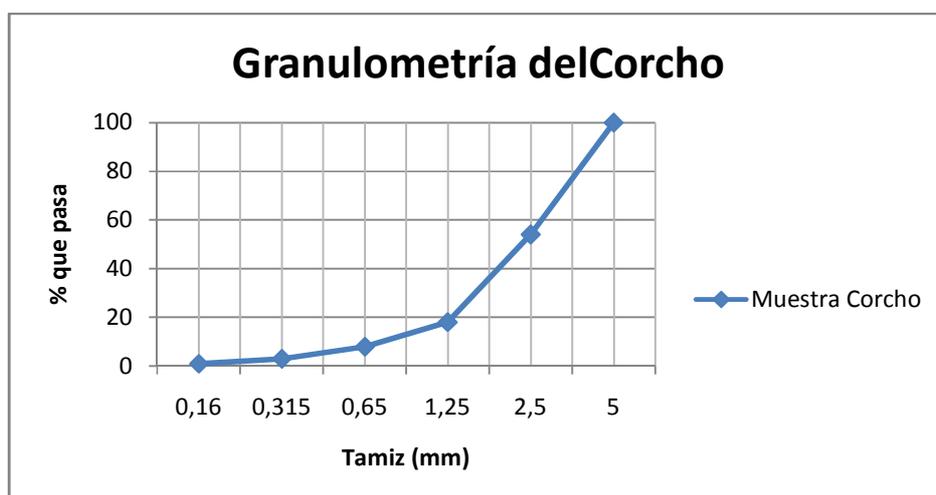


Figura 4.4: Grafico Granulometría del Corcho

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.5 Serie tamices ASTM

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.6 Tamizado Granulometría del Corcho

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Cálculo de densidad real, neta y absorción de la arena

La determinación de la densidad real, neta y absorción de agua de la arena se realizaron de acuerdo a lo establecido en la NCh 1239 Of 1977.

En la siguiente tabla se encuentran los resultados de dos ensayos realizados para una mayor precisión de los datos.

Tabla 4.3.- Densidades y absorción de la arena

Ms (kg)	Msss (kg)	Ma (kg)	Mm (kg)	ρ_{Rsss} (kg/m ³)	ρ_{Rs} (kg/m ³)	ρ_N (kg/m ³)	α (%)
0,100	0,099	0,664	0,726	2631,58	2605,26	2675,68	1,01
0,100	0,099	0,664	0,726	2631,58	2605,26	2675,68	1,01

Los símbolos indicados en tabla 4.2 tienen el siguiente significado:

ρ_{Rsss} = Densidad real del árido saturado superficialmente seco.

ρ_{Rs} = Densidad real del árido seco

ρ_N = Densidad Neta.

α = Absorción de agua.



Figura 4.7: Muestra arena saturada

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.8: Arena sss

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.9: Matraz agua y arena

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Estudio de densidad aparente

La determinación de la Densidad Aparente suelta y Densidad Aparente Compactada, se realizó de acuerdo a lo establecido en la Nch 1116 Of 1977. Este ensayo se realizó tres veces para obtener una mayor confiabilidad de los resultados finales.

Tabla 4.4.- Densidad Aparente Suelta y Compactada Arena.

	Muestra 1 (kg/m ³)	Muestra 2 (kg/m ³)	Muestra 3 (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)
Densidad aparente suelta	1594,23	1604,33	1610,11	1602,89
Densidad aparente compactada	1768,90	1748,56	1758,24	1758,57



Figura 4.10: Densidad Aparente arena

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.11: Recipiente para medir Densidad Aparente

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.5.- Densidad Aparente Suelta y Compactada del Corcho

	Muestra 1 (kg/m ³)	Muestra 2 (kg/m ³)	Muestra 3 (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)
Densidad aparente suelta	80,1	82,3	81,2	81,2
Densidad aparente compactada	98,27	99,2	98,37	98,61



Figura: 4.12: Densidad Aparente Suelta Corcho

Fuente: Elaboración propia



Figura: 4.13: Densidad Apisonada Corcho

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el ensayo de Densidad aparente de la arena y el corcho, se puede apreciar la baja densidad del corcho en comparación a la arena, debido a que gran porcentaje de su estructura está conformada por aire. Esta propiedad del corcho, permitirá obtener un mortero más liviano, esperando tener mejores resultados en cuando a los ensayos térmico y acústico.

4.1.4 Dosificación de los morteros

El método más exacto para dosificar es por proporción en peso, por esta razón se empleara este método. Pero al realizar la mezcla con corcho triturado, siendo un material de muy baja densidad, es conveniente realizar la dosificación en volumen.

Se dosifica en peso la muestra patrón que no lleva Corcho y en las demás se mantendrán las cantidades de los materiales, menos la arena la que se llevara a una transformación en volumen y se obtendrá el paso en relación a su volumen.

Tabla 4.6: Dosificación teórica de mezclas de mortero

Dosificación Mortero (lt/m3)				
% Arena / Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Cemento	168	168	168	168
Arena	512	461	411	359
Agua	290	290	290	290
Corcho	0	51	101	153

4.1.5 Confección muro de albañilería

En la Confección del muro de albañilería, se utilizó Ladrillo Titán - Princesa (29x14x11.1), con un mortero de pega de 2 cm, para que cumpla con las medidas de la cámara térmica establecidas en la Metodología (50x50 cm), a continuación se muestra la Confección del muro con el estuco de mortero patrón, en la figura 4.14, 4.15 y 4.16.



Figura 4.14: Muro de albañilería (50x50 cm)

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.15: Moldaje Muro Albañilería

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.16: Muro revestido, mortero patrón

Fuente: Elaboración propia

El muro 50x50 cm fue revestido con el mortero patrón, para tener una referencia de comparación a la hora de realizar los ensayos térmicos y acústicos. Una vez hecho el análisis del mortero con la incorporación de porcentajes de corcho triturado, se evaluó y tomo la decisión de cuál es el segundo muro en confeccionar con el revestimiento del elemento propuesto.

4.1.6 Ensayo de consistencia

El ensayo de consistencia fue realizado de acuerdo a la norma 2257/1 Of 96 método del extendido en la mesa de sacudida.

La consistencia ideal requerida para cumplir con los parámetros exigidos por la norma de consistencia esta en el rango de 150-200 mm que es una mezcla plástica, por lo cual la muestra patrón de mortero fue dosificada para que su consistencia se encuentre cercana a los 180 mm.

El ensayo de consistencia fue realizado a cada una de las partidas de mortero y dos veces luego sacando un promedio de ambas medidas. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Consistencia

% Arena/Corcho	Consistencia (mm)			
	100/0	90/10	80/20	70/30
Muestra 1	188	190	191	200
Muestra 2	185	192	193	198
Promedio	187	191	192	199

Según el ensayo de consistencia, en todos los porcentajes de remplazo de corcho por arena, cumplen con la normativa vigente, siendo capaz de ser utilizado en estuco para muros.



Figura 4.17: Mezcla mortero Corcho

% Arena/corcho, 70/30

Fuente: Elaboración propia



Figura: 4.18: Muestra cono de la mesa

de sacudida

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.19: Ensayo consistencia de mortero Figura 4.20: Muestra cono de la mesa de sacudida

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

En los ensayos de consistencia realizados a nuestras mezclas de mortero con adiciones de Corcho, podemos decir que se encuentra dentro de los límites para clasificar al mortero como plástico, ya que cumplió dentro de los 180 a 200 mm.

Las mezclas con porcentaje 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, sirven como revestimiento continuo y discontinuo por su consistencia.

Tabla 4.8: Requisitos de consistencia para los diversos usos del mortero (NCh 2256-1-2001)

Morteros	Requisitos de consistencia en mm
1) Mortero de junta para albañilería	180 -220
2) Mortero de revestimiento continuo	180 - 200
3) Mortero de revestimiento discontinuo	150 - 240

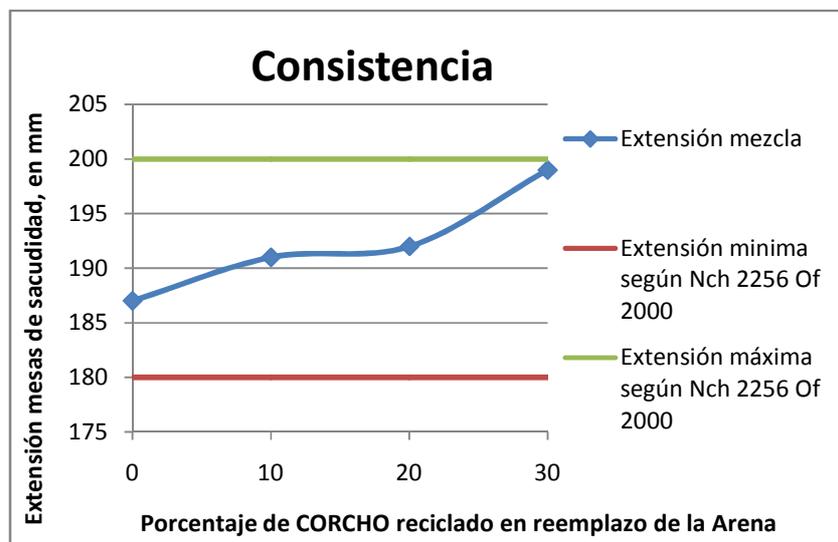


Figura 4.21: Consistencia del mortero

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en el gráfico de la figura 4.15 todas las mezclas con porcentajes de corcho (10, 20,30 %), no tienen una absorción del agua, debido a su impermeabilidad como material, adquiriendo más trabajabilidad la mezcla. Este fenómeno se puede explicar debido a la estructura de las células del corcho, las cuales están llenas de aire, además de su recubrimiento de suberina, impidiendo la absorción y el paso del agua.

Los valores arrojados cumplen con los requisitos que deben tener los morteros de revestimiento continuo, los cuales van de 180 a 200 mm de extensión en la mesa de sacudida.

4.1.7 Resistencia mecánica

El ensayo fue realizado de acuerdo a la NCh 158 Of 1967. Flexión y Compresión de morteros de cemento.

Para este ensayo se crearon probetas RILEM (40x40x160 mm) las cuales se llenaron, vibraron y enrasaron, las cuales fueron desmoldadas a las 24 horas.

Seguidamente del desmolde se llevaron a curado sumergidas en agua hasta el día del ensayo, es decir los 28 días como dice la norma.



Figura 4.22: Probeta RILEM

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.23: Probetas RILEM

Sumergidas 28 días en agua

Fuente: Elaboración propia

Las probetas fueron retiradas del agua e inmediatamente ensayadas, primero a flexión y luego a compresión.

Antes de comenzar los ensayos mecánicos se realizó una medición de la densidad aparente de las probetas de mortero. El método utilizado fue volumen desplazado.

Los resultados se aprecian en la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Ensayo de densidad

Densidad (Grs/cm3)				
% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Muestra 1	2,13	2,06	2,00	1,97
Muestra 2	2,17	2,05	2,00	1,93
Muestra 3	2,16	2,07	2,02	1,93
Promedio	2,15	2,06	2,01	1,94
% respecto a la patrón	100	95,8	93,5	90,2

Las mezclas a medida que aumenta la proporción de Corcho, presenta una menor densidad aparente, esto es porque el Corcho como material componente del mortero en reemplazo de la arena, es menos denso, por lo tanto provoca probetas más livianas y menos densas.

En la siguiente tabla 4.10 se presenta el análisis estadístico, con las medidas de dispersión (desviación estándar y varianza), realizado a los datos obtenidos en el ensayo de Densidad.

Tabla 4.10

Varianza y Desviación Estándar de resultados de Densidad

% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Ensayo	Densidad (kg/cm³)			
Promedio	2,15	2,06	2,01	1,94
Desviación (s)	0,02	0,01	0,01	0,02
Coef. Variación %	0,93	0,39	0,35	1,13

Los datos arrojados del ensayo de densidad fueron graficados, el grafico resultante muestra una tendencia lineal el que presenta el siguiente modelo:

$$Y = mx + b$$

Y= densidad en (kg/cm³)

X= porcentaje de CORCHO en reemplazo de la arena

m= pendiente de la recta

b= intercepto

r= coeficiente de correlación

El modelo matemático queda $Y = -0,006 X + 2,143$, con un coeficiente de correlación $r = 0,984$, con esto podemos decir que el ensayo predice con un 98,4 % de exactitud.

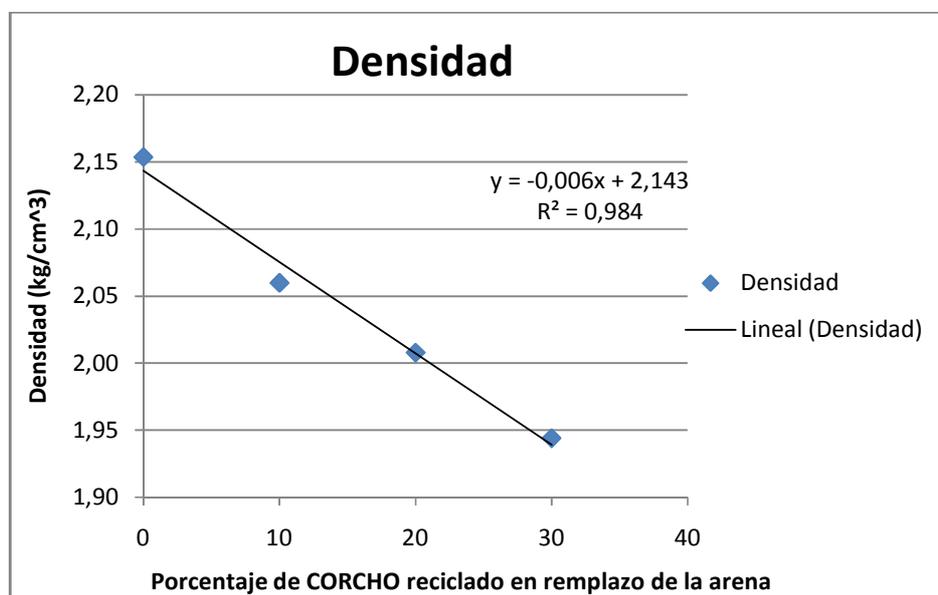


Figura 4.24: Gráfico de resultados ensayo de Densidad

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar con los datos obtenidos y la gráfica mostrada que la densidad de las probetas de mortero disminuye de forma lineal inversa a medida que el porcentaje de CORCHO aumenta en la mezcla.

Este fenómeno puede afectar considerablemente los resultados de los otros ensayos realizados en esta experiencia ya que la densidad está íntimamente relacionada con la aislación térmica, acústica y las propiedades mecánicas, porque como se puede observar en los gráficos al disminuir la densidad aumenta la capacidad de aislación en el revestimiento sobre el muro de albañilería.

La disminución de la densidad de las probetas de mortero con adiciones de CORCHO reciclado se debe a que el CORCHO es menos denso que la arena.

Los datos obtenidos en el ensayo de flexión se presentan en la siguiente tabla 4.11.

Tabla 4.11: Ensayo Flexión

Resistencia Flexión (Mpa)				
% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Muestra 1	8,31	7,20	6,34	5,54
muestra 2	8,18	7,60	8,29	7,181
muestra 3	6,95	7,58	7,05	6,67
Promedio	7,81	7,46	7,23	6,46
% respecto al patrón	100,00	95,50	92,49	82,72

En la tabla 4.11 se puede apreciar la resistencia a la Flexión, la cual representa la deformación plástica a la cual fue sometida la probeta. La flexión disminuye a medida que la proporción de Corcho aumenta en las mezclas, tomando como referencia la mezcla patrón, en el caso que tiene más corcho reciclado en reemplazo de la arena (70/30), presenta una disminución 1,35 Mpa, que equivale a un 17,3% menos.



Figura 4.25: Probeta RILEM ensayo de Flexión

Fuente: Elaboración propia



Figura: 4.26: Probeta sometida a flexión 70/30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12 se presenta el análisis estadístico, con las medidas de dispersión (desviación estándar y varianza), realizado a los datos obtenidos en el ensayo de Flexión.

Tabla 4.12

Varianza y Desviación Estándar de resultados de flexión

% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Ensayo	Flexión (Mpa)			
Promedio	7,81	7,46	7,23	6,46
Desviación (s)	0,75	0,23	0,99	0,84
Coef. Variación %	9,57	3,03	13,66	13,00

Los datos arrojados del ensayo de flexión fueron graficados, el grafico resultante muestra una tendencia lineal el que presenta el siguiente modelo.

$$Y = mx + b$$

Y= rotura en ensayo de flexión en (kg/cm²)

X= porcentaje de CORCHO en reemplazo de la arena

m= pendiente de la recta

b= intercepto

r= coeficiente de correlación

La representación matemática del modelo queda $Y = -0,428x + 78,83$, con un coeficiente de correlación $r = 0,935$, es decir el modelo puede predecir el ensayo con un 93,5% de exactitud.

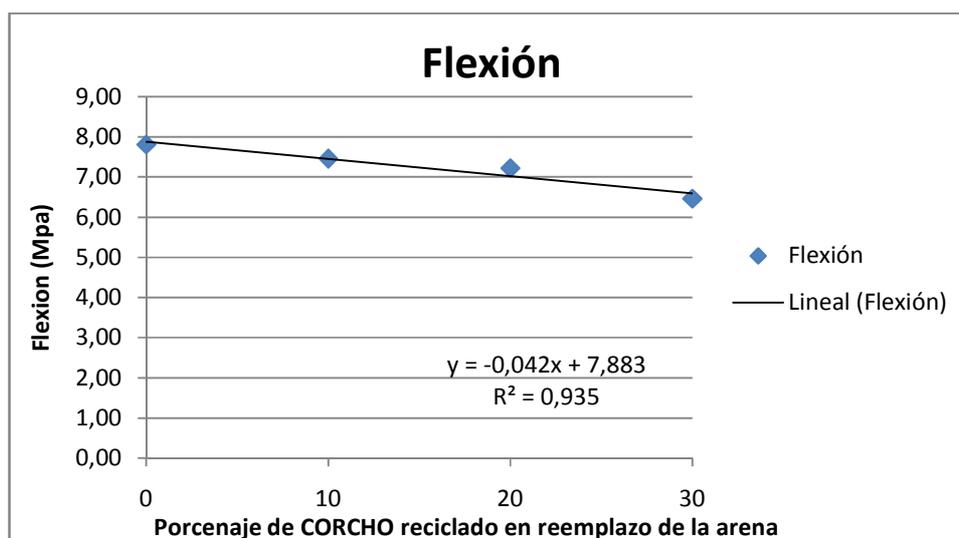


Figura 4.27: Gráfico de Flexión

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el grafico que en este caso de las mezclas con CORCHO también la flexión disminuye en relación a la mezcla patrón, es decir el material nuevo incorporado provoca una menor resistencia

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de compresión.

Tabla 4.13

Ensayo Compresión

Resistencia Compresión (Mpa)				
% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Muestra 1	22,911	22,411	17,309	16,634
muestra 2	24.448	21,381	20,665	17,087
muestra 3	23,352	18,742	15,776	16,545
muestra 4	24,881	20,893	16,812	17,087
muestra 5	22,511	20,845	18,567	17,443
muestra 6	23,805	19,412	19,182	18,334
Promedio	23,651	20,614	18,052	17,188
% respecto al patrón	100,00	87,16	76,32	72,67



Figura 4.28: Probeta RILEMA en ensayo de Compresión

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13 se puede apreciar que la resistencia a la compresión disminuye a medida que la proporción de CORCHO aumenta en las mezclas, tomando como referencia la mezcla patrón, en el caso que tiene más corcho reciclado en reemplazo de la arena (70/30), presenta una disminución 6,47 Mpa, que equivale a un 27,4% menos.

En la tabla 4.14 se presenta el análisis estadístico, con las medidas de dispersión (desviación estándar y varianza), realizado a los datos obtenidos en el ensayo de Compresión.

Tabla 4.14

Varianza y Desviación Estándar de resultados de Compresión.

% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Ensayo	Compresión (Mpa)			
Promedio	23,65	20,61	18,05	17,19
Desviación (s)	0,91	1,33	1,77	0,65
Coef. Variación %	3,85	6,47	9,80	3,79

Los datos arrojados del ensayo de compresión fueron graficados, el grafico resultante muestra una tendencia lineal el que presenta el siguiente modelo:

$$Y = mx + b$$

$$Y = mx + b$$

Y= rotura en ensayo de compresión en (kg/cm²)

X= porcentaje de CORCHO en reemplazo de la arena

m= pendiente de la recta

b= intercepto

r= coeficiente de correlación

La representación matemática del modelo queda $Y = - 2,195x + 231,6$, con un coeficiente de correlación $r = 95,0\%$, es decir el modelo puede predecir el ensayo con un 95,31% de exactitud.

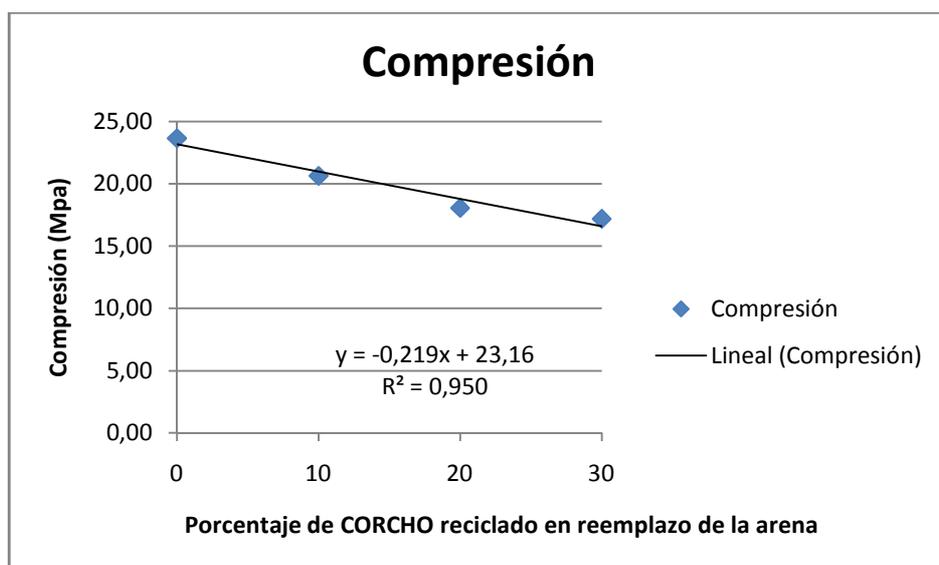


Figura 4.29: Gráfico de Compresión

Los valores obtenidos en los ensayo se puede ver que cumplen con el requerimiento impuesto por la NCh 2256/1 que fija la resistencia mínima que deben tener los morteros de acuerdo a su uso, en este caso utilizándolo como revestimiento, en donde se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.15

Requisitos de resistencia de acuerdo a usos de mortero (NCh 2256-1 Of2001), NCh 1928 Of1993 y NCh 2123 Of1997)

Morteros		Requisitos de resistencia mecánica en MPa
mortero de junta para albañilería armada		10
Mortero de junta para albañilería confinada	Ladrillos artesanales	5
	Ladrillos hechos a maquina	10
Mortero de revestimiento continuo		2,5
Mortero de junta de revestimiento discontinuo		De acuerdo a especificación técnica

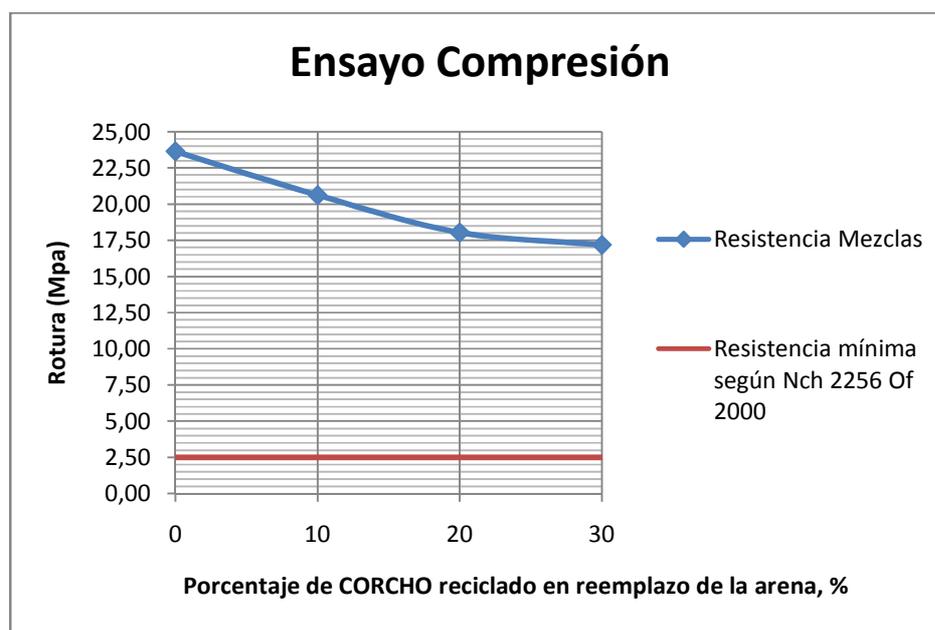


Figura 4.30: Ensayo a compresión

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el gráfico de la figura 4.17, cada mezcla con un mayor porcentaje de Corcho reciclado fue obteniendo una disminución en su resistencia a compresión debido a que el reemplazo de arena por el material propuesto no hace que se genere una mezcla homogénea, presentando menor adherencia entre cemento, arena y corcho. Sin embargo todas las mezclas cumplen con la resistencia mínima exigida según la NCh 2256 Of 2000, como revestimiento continuo.

En la tabla 4.16 se presenta un análisis de comparación porcentual de los ensayos de densidad, compresión y flexión, estos son graficados en la figura 4.31

Tabla 4.16

Relación Porcentual Densidad, Compresión, Flexión

% de CORCHO en la mezcla	Densidad	Flexión	Compresión
0	100,00	100,00	100,00
10	95,80	95,50	87,16
20	93,50	92,49	76,32
30	90,20	82,72	72,67

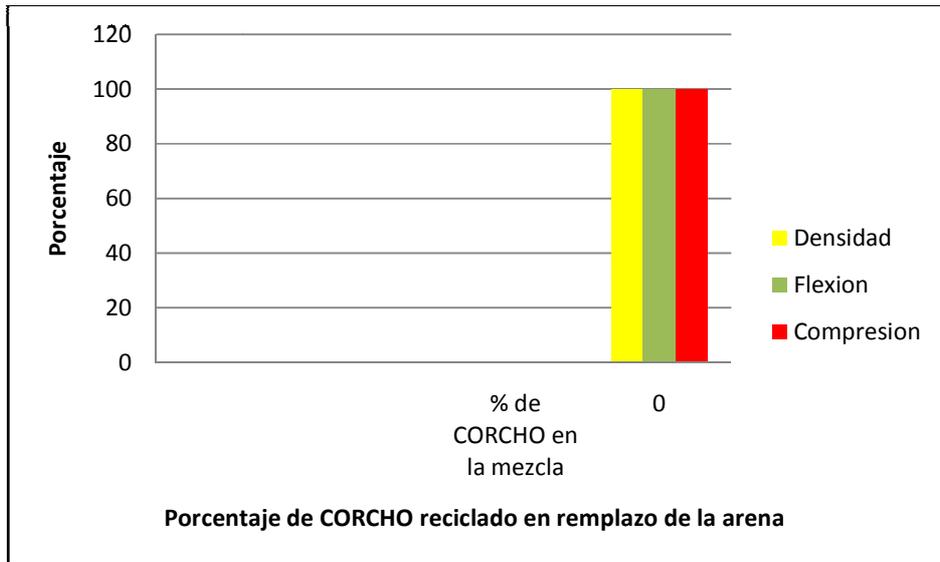


Figura 4.31: Gráfico de relación porcentual de densidad, compresión, flexión

Fuente: Elaboración propia

Aquí se puede observar la disminución de la densidad, compresión y flexión de las probetas ensayadas. Claramente se puede relacionar con la disminución de la densidad que las propiedades mecánicas también disminuyen, lo que provoca que las probetas que contienen CORCHO en remplazo de la arena, sean menos resistentes en comparación a la mezcla patrón.

Al ser menos denso el material propuesto a diferencia del patrón, se puede esperar que esto contribuya a obtener mejores resultados al realizar el ensayo térmico y acústico en la cámara térmica.

4.1.8 Adherencia

Este ensayo se realizó de acuerdo a lo explicado en 3.3.5 en donde se construyeron 2 muros de prueba de albañilería de ladrillo de 50 x 50 cm, los cuales fueron estucados en cada cara, con las mezclas a estudiar.



Figura 4.32: Muro de albañilería de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

Una vez construidos los muros, se define el espesor de la carga de mortero a aplicar, la cual fue de 2,0 cm, colocando maestras en los plomos del muro para dar el espesor deseado. Posteriormente, se aplicó el mortero y se enrasó con regla metálica.

En la figura 4.33 se observa la muestra patrón terminada, la cual fue regada 3 a 4 veces al día para no perder la humedad y evitar la aparición de fisuras.



Figura 4.33: Muro de prueba de albañilería con mortero patrón

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de adherencia fueron realizados en los laboratorios de hormigón de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso, en donde se realizó con respecto a la normativa vigente y teniendo como referencia a la empresa SIKA que realiza este ensayo en sus dependencias.

Debido a no tener las capacidades para realizar este ensayo en SIKA, se optó por hacerlo de manera manual con carga directa, en donde se mandaron a hacer las pastillas de acero a la medida con un diámetro de 5 cm y soldar una tuerca para poder enganchar la carga directa.

Un día antes de realizar el ensayo de adherencia (día 28), se pegaron 3 pastillas de acero, las cuales fueron hechas a la medida en una Tornería para cumplir con la medida respecto a la norma. Por cada muestra se usó una resina epóxica Sikadura 31 que consta de una parte A y una B, las cuales se mezclan en proporción 1:1 según especificaciones del fabricante. Luego con un esmeril angular, se corta por el borde de la pastilla para que el despegue se produzca en el área de la pastilla.



Figura 4.34: Resina epoxica sikaura 31

Fuente: Elaboración propia

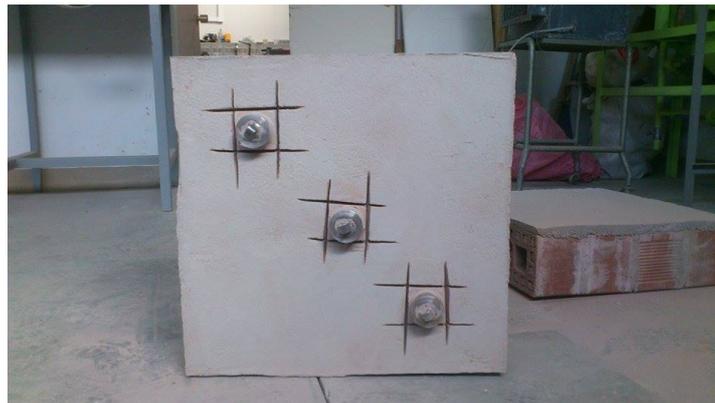


Figura 4.35: Pastillas de acero pegadas sobre estuco y corte con esmeril sobre muestra de mortero con 30% de corcho reciclado

Fuente: Elaboración propia

Al día siguiente (día 28), sobre la pastilla con la tuerca soldada se insertó un mosquetón para soportar el peso que se le iba añadiendo hasta lograr la carga máxima de adherencia. El ensayo se realizó de manera vertical, colocando el muro estucado con las pastillas hacia abajo, para lograr una carga a plomo provocando la tracción.



Figura 4.36: Extracción de pastillas por carga directa.

Fuente: Elaboración propia

Se fue agregando la arena de una forma constante para poder llegar al valor mínimo de adherencia (0,2 Mpa), pero al no provocar la tracción se tuvo que emplear un sistema en donde se pudiera agregar más peso, en donde se colocó una placa de acero y se le fue agregando peso en acero para lograr la tracción, ya que a adherencia fue muy buena de esta mezcla 1:3 y con los porcentajes de adiciones de corcho reciclado.



Figura 4.37.: Extracción de pastillas con acero

Fuente: Elaboración propia.

La norma NCh 2471 Of 2000 indica los tipos y zonas de rotura que se pueden producir al extraer los discos del recubrimiento, validando solamente cuando el despegue se produce en la superficie de contacto entre mortero y el sustrato, tal como se muestra en la figura 4.38.

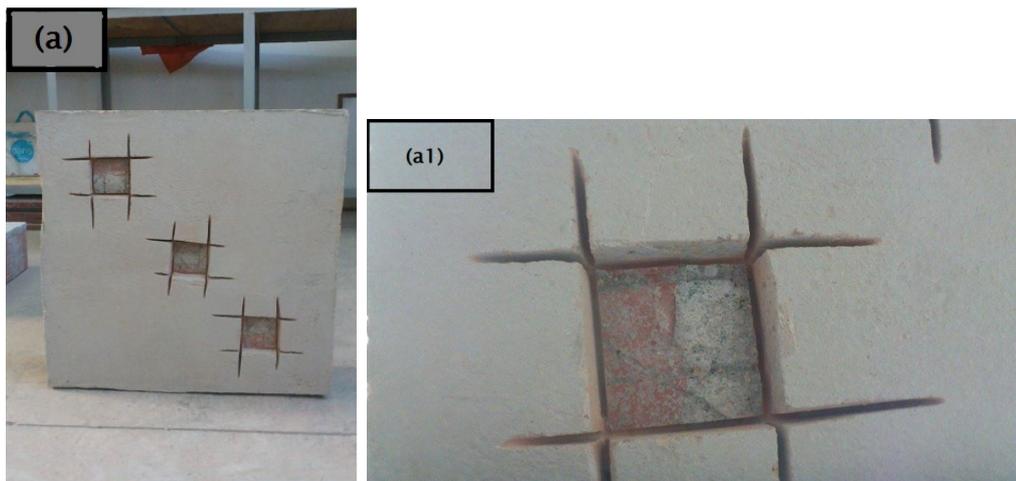


Figura 4.38: (a) y (a1) Despegue producido en la superficie de contacto entre mortero y sustrato.

Fuente: elaboración propia basada en ensayo de adherencia

Si la rotura se produce en el recubrimiento o sobre el muro de albañilería, los resultados no se consideran en el cálculo de la adherencia.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.17.

Tabla 4.17: Resumen ensayo de adherencia

Resumen ensayo de adherencia (Mpa)				
% Arena/Corcho	100/0	90/10	80/20	70/30
Adherencia 1	0,83	0,65	0,70	0,62
Adherencia 2	0,67	0,72	-	0,51
Adherencia 3	0,78	0,69	0,59	0,63
Promedio	0,86	0,79	0,75	0,69

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 4.17 se puede observar que la adherencia alcanzada por la muestra patrón fue de 0,86 Mpa, valor que fue disminuyendo al aumentar el contenido de corcho en remplazo de la arena en un 10, 20 y 30%, logrando valores de 0,79, 0,75 y 0,69 Mpa respectivamente.

Este comportamiento tiene su explicación en succión que ejerce la unidad de albañilería al entrar en contacto con el mortero. Las mezclas 10, 20, 30% de corcho reciclado, tienen una consistencia más fluida, una parte del agua de amasado de la mezcla es succionada por la albañilería, mientras que el corcho tiene una mala capilaridad, siendo impermeable, provocando una disminución en la adherencia ladrillo-mortero. Este comportamiento se puede observar en el gráfico 4.39.

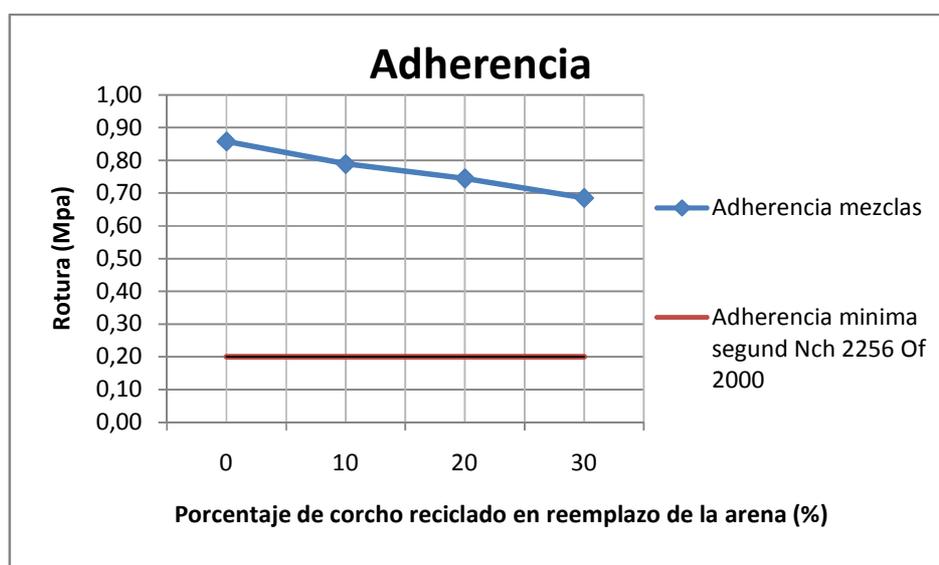


Figura 4.39: Grafico adherencia

Fuente: Elaboración propia

La NCh 2256/1 Of 2001 exige para los morteros de revestimiento continuo, una adherencia mínima de 0,2 Mpa a los 28 días. Este valor se cumple para todas las mezclas.

En la tabla 4.18 se muestra un cuadro resumen de todos los datos obtenidos luego de haber realizado los ensayos mecánicos descritos. Con respecto a la resistencia a la compresión, todas las mezclas cumplen con el requisito de 2,5 (Mpa), superándolo en un 290% con el de mayor adición de corcho triturado. La consistencia lograda por la mezcla se mantiene dentro del rango, haciendo óptimas todas las mezclas estudiadas. Finalmente la adherencia obtenida por las mezclas supera los 0,2 (Mpa), requisito mínimo para los morteros de revestimiento continuo.

Tabla 4.18: Resumen ensayos mecánicos

CUADRO RESUMEN							
Ensayos	Mezcla de Mortero				Requisitos NCh 2256/1 Of 2001	Cumple	No cumple
	100/0	90/10	80/20	70/30			
%Aren/corcho							
Consistencia (mm)	187	191	192	199	180 - 200	X	
Resistencia a la compresion (Mpa)	23,65	20,61	18,05	17,19	2,5	X	
Adherencia (Mpa)	0,86	0,79	0,75	0,69	0,2	X	

Fuente: Elaboración propia basada en los ensayos mecánicos según NCh 2254/1 Of 2001.
Morteros – Requisitos generales.

De la tabla 4.18 se deduce que todas las mezclas son aptas para ser utilizadas como mortero de estuco, ya que cumplen con los requisitos exigidos por la norma.

El mortero elegido para realizar los ensayos térmicos y acústicos descritos en el apartado 3.3.6 corresponde al que contiene el mayor porcentaje de corcho reciclado (30%) y la menor densidad. Una baja en el peso de la probeta, significa una disminución en su densidad. La caída de la densidad de los materiales provoca una disminución en el coeficiente de conductividad térmico, aumentando el flujo de calor, lo cual es alentador para el análisis térmico.

4.2 Resultados de los ensayos Físicos

En este subcapítulo, se dan a conocer los resultados obtenidos de las pruebas de aislación térmica y acústica, realizadas en la cámara de ensayo ubicada en los laboratorios de hormigón. El análisis fue realizado a los dos elementos que se nombran a continuación:

- Muro de albañilería de ladrillo estucado con mortero patrón
- Muro de albañilería de ladrillos estucado por una cara con el mortero con adiciones de corcho triturado (30%)

Mediante una comparación, se determinó si el mortero con adiciones de corcho reciclado posee propiedades térmicas y acústicas, con el fin de poder ser aplicado como una solución constructiva en viviendas de albañilería.

4.2.1 Ensayo térmico

El presente ensayo fue desarrollado en los laboratorios de hormigón de la Universidad de Valparaíso, con el fin de establecer propiedades de aislación térmica y parámetros comparativos entre un muro de albañilería de ladrillos con un estuco patrón y otro estucado en una de sus caras con mortero con incorporación de corcho reciclado, además de hacer un análisis comparativo con la Tesis de un muro de albañilería estucado con un mortero con adiciones de cascara de arroz, que fue realizado por 60 minutos (Thollander, 2015).

La metodología que se utilizó corresponde a lo descrito en el punto 3.3.5, utilizado como fuente calórica tres ampolletas incandescentes de 100 Watts cada una, situadas en la cámara A perpendiculares al muro a ensayar.

Se utilizaron además 4 sensores de temperatura, de los cuales uno se instaló en la cara del muro expuesto a la fuente de calor, y otro en la parte posterior. También se ubicaron sensores en la tabiquería de la cámara A y B, con la finalidad de medir la temperatura ambiente entre estas. Las dimensiones del muro son 50x50x0, 14 cm, el cual se dispuso de manera vertical al interior de la cámara térmica.



Figura 4.40: Cámara térmica ubicada en las dependencias de los laboratorios de hormigón

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Resultados ensayo térmico M.A.

El muro de albañilería de ladrillos de dimensiones 50x50x16 cm, se ubicó en el centro de la cámara térmica, aislando con lana mineral cada borde de la tapa para asegurar una aislación total. El ensayo fue realizado durante 60 min.



Figura 4.41: Ensayo térmico muro de albañilería

Fuente: Elaboración propia

Los resultados adquiridos corresponden a un promedio de las mediciones de temperatura cada 3 minutos, los cuales se resumen en la tabla 4.19.

Tabla 4.19: Temperatura muro de albañilería A y B

Tiempo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 - T2 (°C)
3	18,91	12,84	6,07
6	24,2	12,85	11,35
9	27,81	12,86	14,95
12	29,92	12,85	17,07
15	31,56	12,85	18,71
18	32,98	12,85	20,13
21	34,1	12,84	21,26
24	35,52	12,84	22,68
27	35,94	12,84	23,1
30	38,21	12,83	25,38
33	39,35	12,84	26,51
36	39,99	12,84	27,15
39	41,49	12,85	28,64
42	41,99	12,86	29,13
45	43,08	12,86	30,22
48	44,35	12,88	31,47
51	45,27	12,9	32,37
54	45,78	12,92	32,86
57	46,73	12,94	33,79
60	47,85	12,97	34,88

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T1: Temperatura medida en la cara del muro de la cámara A.

T2: Temperatura medida en la cara del muro de la cámara B.

T1 – T2: Corresponde al diferencial de temperatura entre cara A y B.

La tabla 4.19 arroja los valores de las temperaturas medidas por los sensores en cada cara el muro, en donde la cara expuesta a la fuente de calor eleva su temperatura de 18,91 °C a 47,85 °C, mientras que la cara que no se encuentra expuesta a la fuente de calor, no presenta grandes cambios de temperatura, variando de 12,84 °C a 12,97 °C durante 1 hora de ensayo. Los datos se encuentran graficados en la figura 4.42.

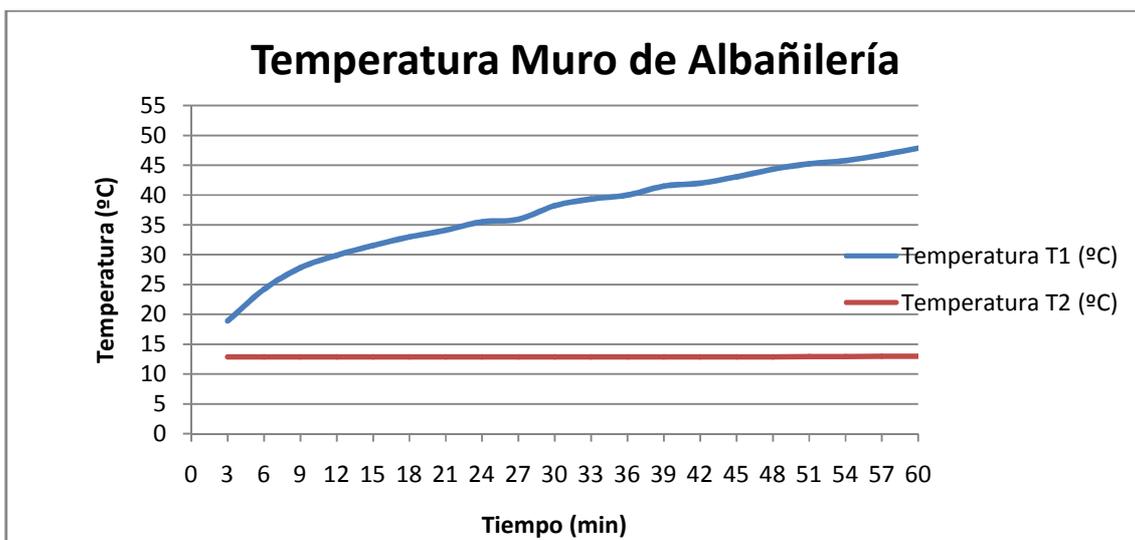


Figura 4.42: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en caras del M.A. dentro de la cámara térmica

Fuente: Elaboración propia.

Según se observa en la figura 4.42, la cara del muro expuesta a la fuente de calor eleva su temperatura a un promedio de 1,44 °C cada 3 minutos, incrementando su temperatura en 28,94 °C durante el ensayo. Por otra parte, la cara del muro que no se encuentra expuesta a la fuente calórica, aumentando solamente 0,13 °C en todo el ensayo.

El diferencial térmico entre ambas caras, corresponde a la diferencia entre la temperatura de la cara expuesta a la fuente de calor, y la temperatura del lado opuesto sin fuente de calor, entregando un promedio de 24,381 °C.

Además, se midió la temperatura ambiente de la cámara A y B y los resultados de las mediciones se resumen en la tabla 4.20, en donde se presenta un promedio de las temperaturas por cada 3 segundos de ensayo.

Tabla 4.20: Temperatura ambiente cámara A y B

Tiempo (min)	T3 (°C)	T4 (°C)	T3 - T4 (°C)
3	21,79	12,93	8,86
6	28,63	12,94	15,69
9	34,04	12,96	21,08
12	37,7	12,97	24,73
15	40,76	12,98	27,78
18	43,02	13	30,02
21	44,63	13,01	31,62
24	46,69	13,03	33,66
27	48,84	13,05	35,79
30	50,91	13,06	37,85
33	51,42	13,07	38,35
36	52,91	13,09	39,82
39	55,09	13,11	41,98
42	55,79	13,12	42,67
45	57,24	13,14	44,1
48	58,81	13,15	45,66
51	59,97	13,17	46,8
54	60,62	13,19	47,43
57	61,64	13,21	48,43
60	62,84	13,23	49,61

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T3: Temperatura ambiente medida en la cámara A.

T4: Temperatura ambiente medida en la cámara B.

T3 – T4: Diferencial de temperatura ambiente entre cámaras.

La tabla 4.20 entrega los valores de las temperaturas medidas por los sensores dispuestos en la tabiquería de la cámara A y B, en donde el recinto que se encontraba expuesto a la fuente de calor elevó sus temperaturas de 21,79 °C a 62,84 °C, mientras que el espacio que no se encontraba expuesto a la fuente de calor donde aumentó su temperatura de 12,93 °C a 13,23 °C durante 1 hora de ensayo. Los datos se encuentran graficados en la figura 4.43.

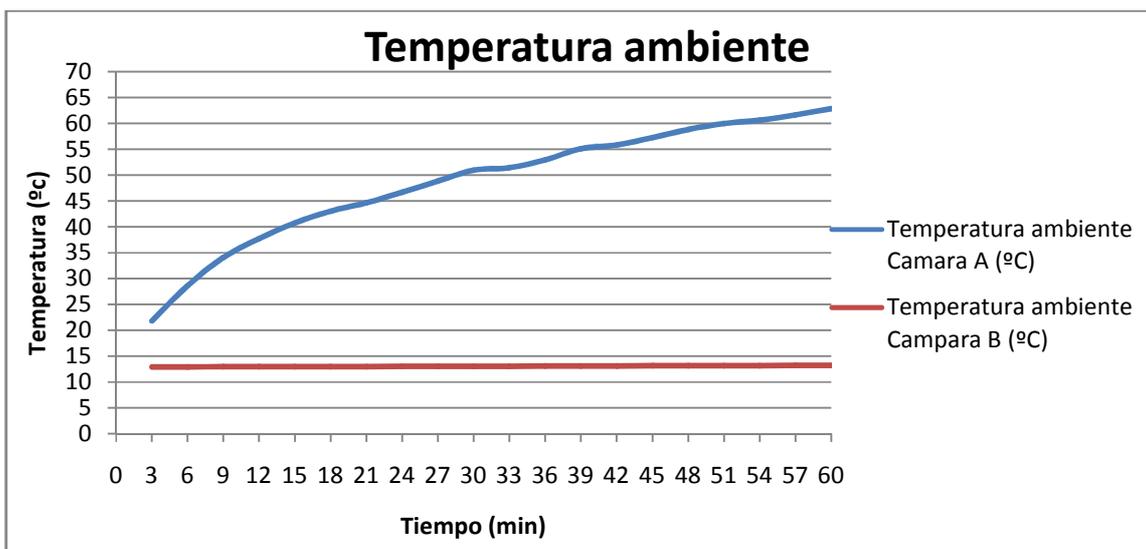


Figura 4.43: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en las cámaras A y B

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la figura 4.43, la temperatura ambiente de la cámara A eleva su temperatura a un promedio de 2,05 °C cada 3 minutos, incrementando su temperatura en 41,05 °C durante el ensayo. Por su parte, la temperatura ambiente de la cámara B aumento su temperatura solamente en 0,3 °C en todo el ensayo.

El diferencial térmico entre ambas cámaras corresponde a la diferencia de temperaturas entre la cámara A y B, entregando un promedio de 35,59 °C.

4.2.3 Resultados ensayo térmico M.A con Corcho reciclado.

El muro de albañilería estucado en una cara con mortero de corcho reciclado de dimensiones 50x50x16 cm, se ubicó en la cámara térmica, aislada con lana mineral cada borde de la tapa para asegurar una aislación total. El ensayo fue realizado durante 60 minutos.



Figura: 4.44: Ensayo térmico muro de albañilería estucado con corcho reciclado

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de las mediciones de temperatura cada 3 minutos, los cuales se resumen en la tabla 4.21.

Tabla 4.21: Ensayo de aislación térmica M.A. con Corcho reciclado

Tiempo (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 - T2 (°C)
3	19,54	12,87	6,67
6	24,36	12,79	11,57
9	27,49	12,75	14,74
12	30,02	12,72	17,3
15	31,97	12,7	19,27
18	34,08	12,69	21,39
21	35,65	12,68	22,97
24	38,98	12,67	26,31
27	38,32	12,67	25,65
30	39,7	12,67	27,03
33	40,97	12,67	28,3
36	41,87	12,68	29,19
39	43,08	12,69	30,39
42	44,42	12,7	31,72
45	45,69	12,71	32,98
48	46,65	12,73	33,92
51	47,25	12,76	34,49
54	48,25	12,78	35,47
57	49,31	12,82	36,49
60	50,31	12,86	37,45

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T1: Temperatura medida en la cara del muro de la cámara A.

T2: Temperatura medida en la cara del muro de la cámara B.

T1 – T2: Corresponde al diferencial de temperatura entre cara A y B.

La tabla 4.21 arroja los valores de las temperaturas medidas por los sensores en cada cara del muro, en donde la cara con el estuco de corcho reciclado expuesta a la fuente de calor, eleva su temperatura de 19,54 °C a 50,31 °C, mientras que la cara que no se encuentra expuesta a la fuente de calor, presenta una temperatura inicial a los 3 minutos de 12,87 °C que disminuye al aislar completamente la cámara térmica, mediante pasa 1 hora del ensayo, solo presenta un aumento de temperatura hasta llegar a los 12,86 °C. Los datos se encuentran graficados en la figura 4.45.

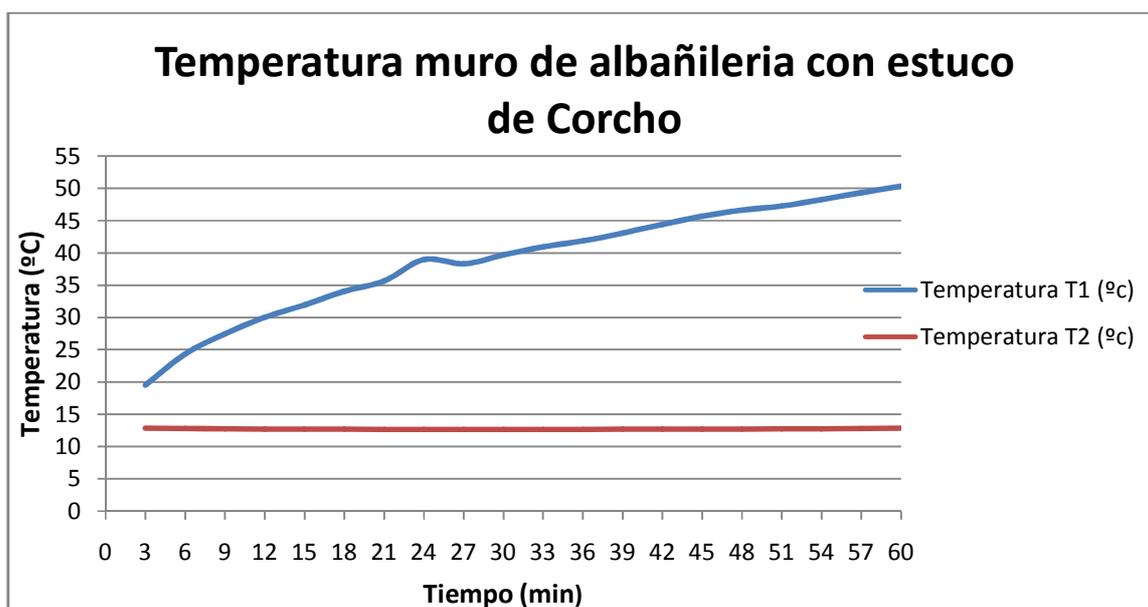


Figura 4.45: Grafico de temperatura (°C) vs Tiempo (min) en las caras del M.A. con corcho reciclado

Fuente: Elaboración Propia

Según se observa en la figura 4.45, la cara del muro estucada con mortero de corcho reciclado expuesta a la fuente de calor, eleva su temperatura un promedio de 1,53 °C cada 3 minutos, incrementando su temperatura en 30,77 °C durante el ensayo. Por otra parte, la cara del muro que no se encuentra expuesta a la fuente calórica, presenta una disminución de su temperatura y que luego de realizar durante 1 hora el ensayo presenta 0,00 °C de incremento en todo el ensayo.

El diferencial térmico entre ambas caras, corresponde a la diferencia entre la temperatura de la cara expuesta a la fuente de calor, y la temperatura del lado opuesto sin fuente de calor, entregando un promedio de 26,06 °C.

Además se midió la temperatura ambiente de la cámara A y B y los resultados de las mediciones se resumen en la tabla 4.22, en donde se presenta un promedio de las temperaturas por cada 3 minutos de ensayo.

Tabla 4.22 Temperatura ambiente cámara A y B

Tiempo (min)	T3 (°C)	T4 (°C)	T3 - T4 (°C)
3	22,79	12,83	9,96
6	28,78	12,72	16,06
9	33,25	12,57	20,68
12	37,16	12,65	24,51
15	40,35	12,65	27,7
18	43,53	12,65	30,88
21	45,78	12,66	33,12
24	47,8	12,67	35,13
27	49,67	12,67	37
30	51,56	12,68	38,88
33	53,01	12,69	40,32
36	54,13	12,7	41,43
39	55,62	12,71	42,91
42	58,14	12,72	45,42
45	58,57	12,73	45,84
48	59,61	12,74	46,87
51	60,21	12,75	47,46
54	61,37	12,76	48,61
57	62,44	12,77	49,67
60	63,5	12,78	50,72

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T3: Temperatura ambiente medida en la cámara A.

T4: Temperatura ambiente medida en la cámara B.

T3 – T4: Diferencial de temperatura ambiente entre cámaras.

La tabla 4.22 entrega los valores de las temperaturas medidas por los sensores dispuestos en la tabiquería de la cámara A y B, en donde el recinto que se encontraba expuesto a la fuente de calor elevó su temperatura de 25,79 °C a 66,50 °C, mientras que el espacio que no se encontraba expuesto a la fuente de calor disminuyó su temperatura de 14,85 °C a 14,78 °C durante 1 hora de ensayo. Los datos se encuentran graficados en la figura 4.46.

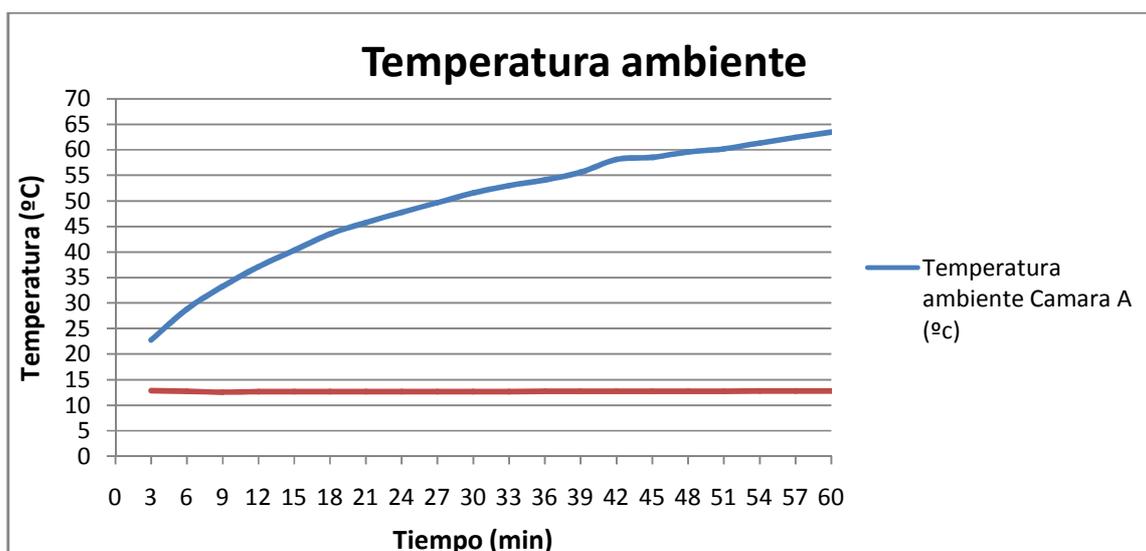


Figura 4.46: Grafico de temperatura (°C) vs tiempo (min) en las cámaras A y B

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la figura 4.46, la temperatura ambiente de la cámara A eleva su temperatura a un promedio de 2,03 °C cada 3 minutos, incrementando su temperatura en 40,71 °C durante el ensayo. Por su parte, la temperatura ambiente de la cámara B presenta una disminución de tu temperatura, durante el ensayo de 1 hora no alcanza a obtener la temperatura inicial al comenzar el ensayo.

El diferencial térmico entre ambas cámaras corresponde a la diferencia de temperatura entre la cámara A y B, entregando un promedio de 37,65 °C.

4.6.1.3 Resumen de los resultados obtenidos en ensayo térmico

Se estableció un cuadro comparativo resumen del ensayo térmico, en donde se aprecia las diferencias de temperatura promedio entre las cámaras y las caras de los muros evaluados.

Tabla 4.23: Tabla resumen temperatura (°C) en caras A y B de muros ensayados

Valor	Temperatura muro albañilería (°C)		Temperatura muro estucado con corcho reciclado (°C)	
	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)
Inicial	18,91	12,84	19,54	12,87
Final	47,85	12,97	50,31	12,86
Diferencial de temperatura	28,94	0,13	30,77	-0,01
Promedio	37,25	12,86	39,79	12,73
ΔPromedios	24,39		26,06	

Fuente: Elaboración propia basada en ensayos en cámara térmica

Según se observa en la tabla 4.23, el muro de albañilería presentó un aumento de temperatura de 28,94 °C en la cara donde se aplicó la fuente emisora de calor, a su vez, en la cara opuesta se presentó un aumento de 0,13 °C promediando entre ambas caras una diferencia de temperaturas de 24,39 °C.

Por otra parte, el muro estucado con corcho reciclado, presentó un aumento de temperatura de 30,77 °C en la cara donde se aplicó la fuente emisora de calor, en la cara opuesta se presentó un caso particular, en donde en vez de aumentar su temperatura, disminuye, ya que, el estuco con corcho reciclado, logra impedir el paso de la fuente emisora de calor durante todo el ensayo, obteniendo una holgura negativa de -0,01 °C.

La incorporación de corcho triturado al mortero, le proporciona un aspecto poroso a la formación de huecos entre las partículas del agregado. Ya que su estructura alveolar, el bajo contenido de agua y la falta de conductividad por el recubrimiento de suberina de las células llenas de aire, permite una buena resistencia al paso de calor, este comportamiento de aislamiento se puede observar en el gráfico de la figura 4.39, ya que el muro estucado con corcho reciclado en la cara expuesta al calor, alcanza una mayor temperatura que el muro con estuco patrón.

El calor se transmite desde la cara del muro que tiene mayor temperatura a la cara que tiene menor temperatura, viéndose reflejado en el diferencial de temperaturas de la tabla 4.23, ya que el muro estucado con corcho reciclado genera una menor transferencia de calor entre la cara expuesta al calor y la cara sin exposición. Esto concluye que el revestimiento con corcho reciclado posee una menor capacidad de conducir el calor.

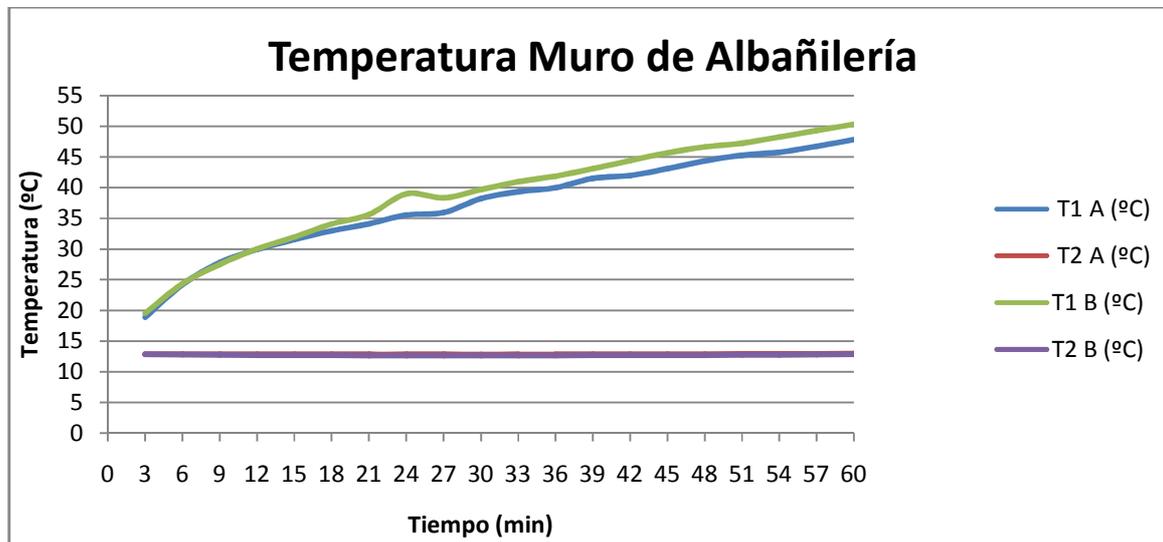


Figura 4.47: Gráfico de temperatura (°C) v/s tiempo (min) en las caras del M.A. y el M.A con corcho reciclado.

Fuente: Elaboración propia basada en datos obtenidos ensayo térmico

T1A: Temperatura medida en la cara del muro con estuco patrón de la cámara A.

T2A: Temperatura medida en la cara del muro patrón de la cámara B.

T1B: Temperatura medida en la cara del muro estucado con corcho reciclado de la cámara A.

T2B: Temperatura medida en la cara del muro estucado con corcho reciclado de la cámara B.

Tabla 4.24: Tabla resumen temperatura ambiente (°C) en cámara A y B

Valor	Temperatura muro albañilería (°C)		Temperatura muro estucado con corcho reciclado (°C)	
	T3 (°C)	T4 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
Inicial	21,79	12,93	22,79	12,83
Final	62,84	13,23	63,5	12,78
Diferencial de temperatura	41,05	0,3	40,71	-0,05
Promedio	48,66	13,07	49,36	12,7
Δ Promedios	35,59		36,66	

Fuente: Elaboración propia basados en ensayos en cámara térmica.

Con respecto a la temperatura ambiente resultante en cada cámara, se observa que el muro de albañilería con estuco patrón, entrega una aislación de 35,59 °C, en comparación a los 36,66 °C que presenta el muro estucado con corcho reciclado, viéndose reflejado en el grafico de la figura 4.48.

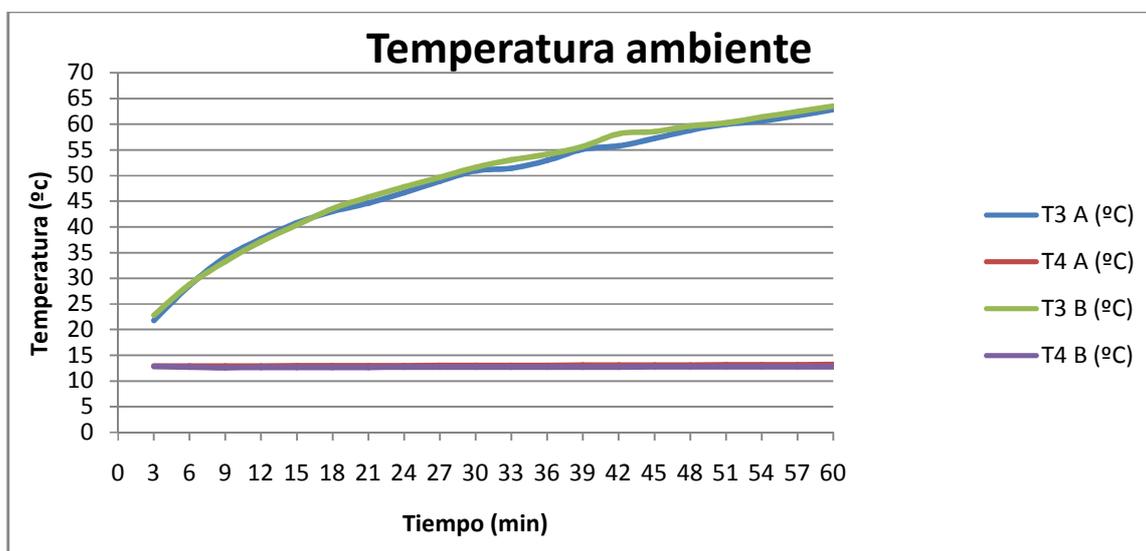


Figura 4.48: Gráfico de temperatura (°C) v/s tiempo (min) en cámara A y B

Fuente: Elaboración propia basada en datos obtenidos ensayo térmico

En donde:

T3A: Temperatura ambiente medida en la cámara muro patrón.

T4A: Temperatura ambiente medida en la cámara B del muro patrón.

T3B: Temperatura ambiente medida en la cámara A del muro estucado con corcho reciclado.

T4B: Temperatura ambiente medida en la cámara B del muro estucado con corcho reciclado.

- “Propuesta aislación térmica” [Thollander, 2015]

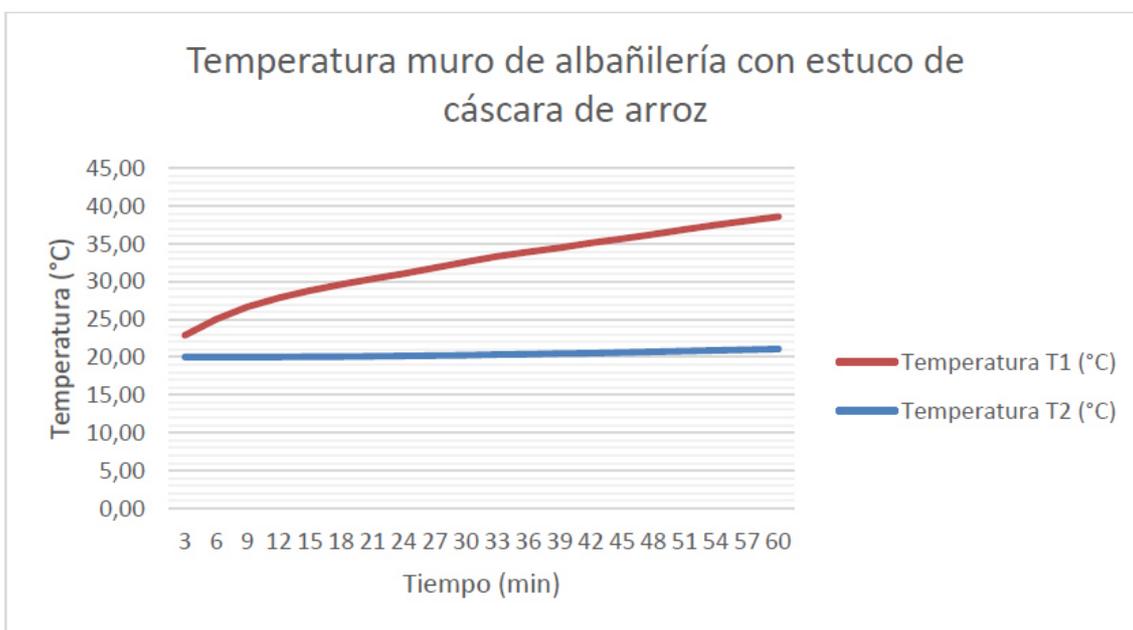


Figura 4.49: Resultado ensayo “Aislación Térmica” Propuesta con adiciones de cascara de arroz

Fuente: Fotografía obtenida por Thollander, 2015.

El resultado del ensayo de aislación térmica de Thollander, 2015, para la cara expuesta a la fuente de calor, alcanza una temperatura máxima de 38,6°C en 60 minutos, logrando traspasar a la cara no expuesta al calor un máximo de 21,1°C.

Por otro lado el promedio de diferencial térmico por la propuesta de Thollander, 2015 es de 11,93°C, con un estuco de 1,5 cm de espesor en la cámara térmica de 1,5 m de altura.

4.2.4 Síntesis de resultados

La siguiente tabla muestra la comparación entre los destinos estudios de estucos en albañilería para ensayos térmicos.

Tabla 4.25: Promedio diferenciales térmicos

	Temperatura M.A. (°C) "Thollander 2015"		Temperatura M.A. estucado con cascara de arroz (°C) "Thollander 2015"		Temperatura M.A. estucado con mortero patrón (°C)		Temperatura M.A. estucado con corcho reciclado (°C)	
Espesor	1,5 cm espesor				2,0 cm espesor			
Promedio	31,68	20,78	32,33	20,4	37,25	12,86	39,79	23,73
Δ Promedio	10,9		11,93		24,39		26,06	
Diferencial	1,03 °C				1,67°C			

Fuente: Elaboración propia basada en ensayos en cámara térmica

El primer diferencial térmico mostrado por la tabla 4.25. Nos indica cada diferencial térmico ensayado a tiempos iguales, ya que Thollander, 2015, trabajo con valores constantes hasta llegar a los 60 minutos, en donde se compararan los diferenciales térmicos al mismo tipo de muro de albañilería con distintos estucos propuestos.

Los datos presentados son obtenidos por cámaras térmicas diferentes, pero por la misma fuente de calor, 3 ampollitas de 100 watts. Los datos nos muestra que el estuco que tiene mayor diferencial térmico de los promedios es el conformado por el estuco con adiciones de corcho reciclado, ya que obtuvo un diferencial de 1,67 °C, logrando 0,64°C más que la propuesta por Thollander, 2015.

4.2.5 Resultados ensayo de aislación acústica

Al igual que el ensayo térmico, este fue de elaboración propia y se desarrollo con la finalidad de determinar las propiedades acústicas del mortero con corcho reciclado, a través de una comparación entre el muro de albañilería patrón, y otro estucado por una cara con mortero de corcho reciclado.

Se tomó como referencia la metodología indicada en la norma chilena NCh 2786 Of 2002, realizando una modificación a esta al adaptar las condiciones del ensayo a la cámara térmica de 0,25 m², ubicada en las dependencias del laboratorio de hormigón, la cual cumple con los requisitos de aislación acústica necesarios.

Para le realización de este ensayo, se utilizó un amplificador el cual fue ubicado a un extremo de la cámara térmica, a una distancia de 20 cm del material a ensayar. Los sonidos a emitir corresponden a bandas de octava, las cuales van desde los 100 Hz hasta los 5000 Hz. Las frecuencias fueron generadas por el software "Audacity" durante un periodo de 30 segundos por cada frecuencia. En el otro extremo de la cámara, a una distancia de 90 cm desde la superficie del material a ensayar, se ubicó el sonómetro para medir la intensidad sonora de llegada de cada frecuencia.

Antes de realizar el ensayo a los muros propuestos, se midió la intensidad sonora de la cámara como campo libre, es decir, sin ningún elemento en su interior. Luego, se instalaron los dos muros a evaluar para poder determinar la aislación acústica del mortero con corcho reciclado.



Figura 4.50: Ensayo acústico

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.26 se muestran los resultados de los ensayos acústicos.

Tabla 4.26: Presión sonora captada por el sonómetro en ensayos acústicos

Bandas	Decibeles sonómetro cámara sin muro (dB)	Decibeles sonómetro con muro de albañilería (dB)	Decibeles sonómetro con muro de albañilería estucado con corcho reciclado (dB)	Aislación acústica muro de albañilería (Db)	Aislación acústica muro de albañilería estucado con corcho reciclado (dB)
100	89,1	80,2	80,6	8,9	8,5
125	90,2	87,6	82,9	2,6	7,3
160	90,9	87,6	87,7	3,3	3,2
200	92	90	90,8	2	1,2
250	91,7	85,5	88,8	6,2	2,9
315	92,9	86	88,2	6,9	4,7
400	94,1	82,2	90,4	11,9	3,7
500	94,9	89	88	5,9	6,9
630	95,7	87,8	86,4	7,9	9,3
800	98,5	97,8	97,8	0,7	0,7
1000	97,9	90,7	92,6	7,2	5,3
1250	98,1	94	94,5	4,1	3,6
1600	98,7	75,4	82,5	23,3	16,2
2000	97,5	80,1	85,5	17,4	12
2500	85,9	76,2	77,3	9,7	8,6
3125	97,6	77,7	75,3	19,9	22,3
4000	99,2	79,5	79,1	19,7	20,1
5000	86	65,5	69,3	20,5	16,7

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los resultados obtenidos por el sonómetro en los ensayos de aislamiento acústico

La incorporación de corcho reciclado al mortero, le proporciona un aspecto poroso debido a su estructura al ser triturado y el contacto entre las demás partículas agregadas. Esta condición hace que una parte de la energía sonora que llegue al mortero se refleje, y a la otra parte de la energía se disipe transformándola en calor. Esta condición es propia de los materiales absorbentes acústicos (Thollander 2015)

Según se observa en la tabla 4.26, el mortero con corcho reciclado no presenta propiedades de aislamiento acústico en todas las frecuencias, a excepción de la frecuencia 125, 400 y 1600, debido a la porosidad que presenta la mezcla, siendo el sonido incidente que llega al estuco absorbido por el mortero y no reflejado.

La figura 4.51, muestra de manera gráfica el comportamiento de los muros ensayados.

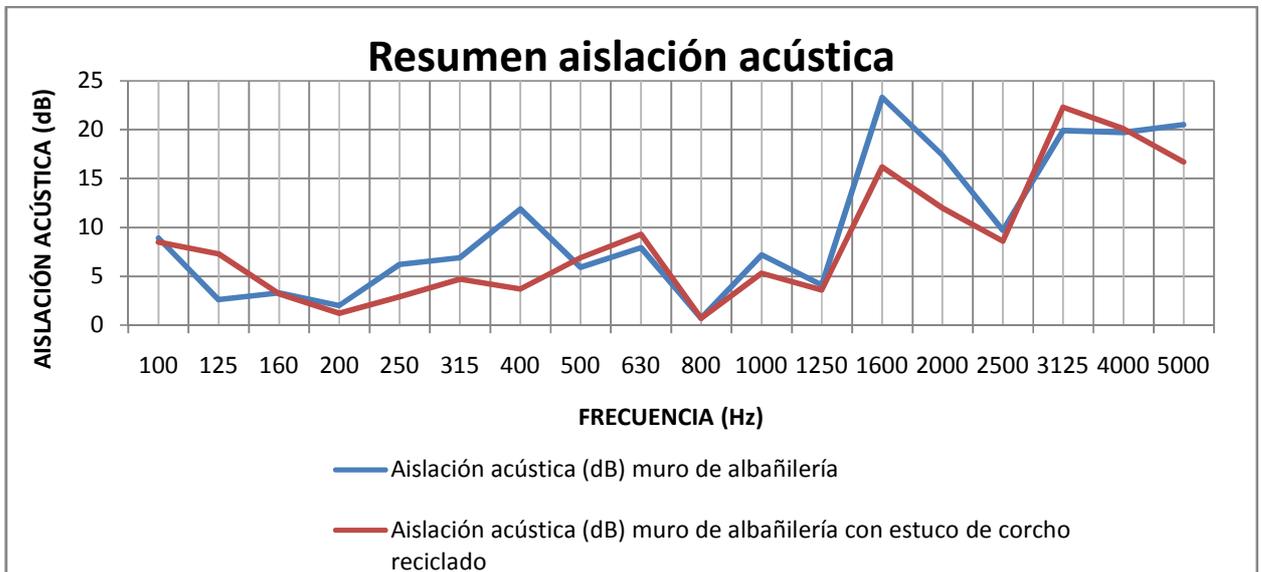


Figura 4.51: Resumen aislación acústica

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los resultados obtenidos por el sonómetro en los ensayos de aislación acústica.

A la vista de los resultados entregados por el gráfico de la figura 4.51, el mortero con corcho triturado no entrega aislación acústica, esto se debe a "la ley de la masa", la cual indica que el aislamiento acústico es mayor, cuando la masa superficial del elemento es mayor y cuando las frecuencias son más altas. Esto se ve reflejado en el comportamiento del muro de albañilería, ya el corcho al ser un material muy poco denso, hace que se presente un revestimiento con poca masa, lo que permite una muy mala aislación acústica para la mezcla con corcho reciclado.

5.1 Conclusiones y propuestas de futuras investigaciones

5.1.1 Conclusiones

Debido a que el corcho natural fue reciclado, fue necesario someterla a una limpieza de la superficie que estaba en contacto con el vino, ya que podría ser un retardador de fraguado por los azúcares solubles al agua, sin embargo solo se produjo un corte de 3 mm, ya que al ser un material impermeable se puede aprovechar la mayor cantidad del corcho. Se obtuvieron resultados favorables, ya que en todas las mezclas se produjo el fragüe y endurecimiento del cemento, al incorporar porcentajes de corcho reciclado.

En relación al módulo de finura que presenta el corcho reciclado, arrojó un valor de 4,16, el cual es alto en comparación al de la arena que es de 2,58. Esto es consecuencia de la escasa proporción de componentes finos que presenta el corcho, encontrándose la mayor parte entre el tamiz de 2,5 y 1,25 mm.

Al reemplazar la arena por corcho reciclado en las mezclas, disminuye la resistencia a flexión y compresión de los morteros, en donde la mezcla que contiene mayor porcentaje de corcho reciclado (30%), pierde un 27,33% de resistencia a la compresión y un 17,28% a la flexión, en el reemplazo de un 20% pierde un 23,68% de resistencia a compresión y un 7,51% a flexión, mientras que al reemplazar el 10% solo pierde un 12,84% de resistencia a compresión y un 4,5% a flexión, todos estos datos comparados con el mortero patrón. Esta baja se debe por la disminución de la densidad del mortero, ya que el estudio realizado por diversos autores, señala que los morteros al disminuir su densidad, disminuye su resistencia. A pesar de esta baja, todas las mezclas cumplen con la norma NCh 156 Of 1967 en cuanto a resistencia, para su utilización como mortero de revestimiento continuo.

La mala capilaridad que posee el corcho natural se ve reflejado en el ensayo de consistencia, ya que al entrar en contacto con el agua se producen zonas muy húmedas las cuales coexisten al lado de zonas muy secas, en donde el reemplazo de corcho por arena de un 0% se obtuvo una consistencia de 187 mm, en 10% de reemplazo una consistencia de 191 mm, reemplazo del 20% se obtuvo 192 mm y en 30% de reemplazo de la arena una consistencia de 199 mm. Es por esta razón que en las mezclas con reemplazo del 30% el agua de amasado no es absorbida en grandes proporciones por el corcho, las mezclas que tienen más porcentaje de corcho reciclado, alcanzan una extensión en la mesa de sacudida más cercana a los 200 mm, sin embargo cumplen todas las mezclas con la norma NCh 2256/1 Of 2001 señalada en cuanto a la consistencia que debe tener los morteros de revestimiento continuo.

Con respecto a la adherencia alcanzada, al no tener las capacidades suficientes para realizar el ensayo en un laboratorio en donde se encuentra la máquina para realizarlo, se optó por confeccionar un sistema en donde se pueda realizar de manera manual y directa, por medio de una carga directa. Se produjo una disminución proporcional de este valor, al ir aumentando el contenido de corcho reciclado en un 10, 20 y 30%, en donde el mortero patrón obtuvo 0,86 Mpa, mientras que al ir incorporando porcentajes de corcho en reemplazo de la arena en un 10% obtuvo 0,79 Mpa, en un reemplazo del 20% se obtuvo 0,75 Mpa y en el reemplazo del mayor porcentaje de corcho 0,69 Mpa, eso se produce gracias a que hay una mayor succión de agua del mortero por parte del ladrillo, ya que el corcho natural presenta grandes propiedades de impermeabilidad al agua, produciendo que haya una menor adherencia de la mezcla con adiciones de corcho triturado.

Se concluye que todas las mezclas analizadas, cumplen con los requisitos exigidos por la norma NCh 2256/1 Of 2001 – Requisitos generales de los morteros, en relación a resistencia a compresión, consistencia y adherencia, por lo cual el mortero con adiciones de corcho reciclado puede ser usado como mortero de revestimiento continuo.

Al agregar corcho reciclado a la mezcla de mortero, se produce una disminución en el peso de hasta un 9,8%, en comparación al mortero patrón. Esta baja genera morteros de densidades del orden de los 1,94 (grs/cm^3) al reemplazar la arena en un 30% por corcho reciclado. La baja en la densidad del mortero, produce que el coeficiente de conductividad térmica disminuya, provocando un aumento en la resistencia al flujo al calor. Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos en el ensayo térmico, en donde la solución constructiva de aplicar el estuco con corcho reciclado de 2,0 cm de espesor, sobre una superficie de albañilería de ladrillos, resulto beneficiado ya que se obtuvo una diferencia de temperaturas promedio entre las caras de 26,06 °C cuyo valor es mayor al del muro de albañilería con mortero patrón que alcanzó los 24,39°C en promedio. Esto quiere decir que presenta mejores propiedades de resistencia térmica, mejorando en 1,06 °C. Sin embargo no es una diferencia significativa, pero permite mostrar el comportamiento que presenta el estuco con corcho reciclado al ser sometido a temperaturas.

En relación al ensayo acústico, al aplicar el mortero con 30% de corcho reciclado sobre el muro de ladrillos, no tuvo una mejora en la aislación acústica, siendo el corcho un material con buena aislación acústica, solo tuvo valores favorable en las frecuencias 125 – 630 – 3125 Hz, obteniendo resultados dispersos en cuanto a la aislación acústica, al estar las partículas de corcho de forma irregular en el mortero y dispersos entre sí, no trabaja en conjunto. Además de presentarse la ley de las masas que define como material más aislante acústico a un material con mayor densidad, siendo en esta oportunidad el material propuesto con corcho el de más baja densidad. Por lo tanto no se recomienda utilizar esta nueva propuesta de estuco si se quiere mejorar la aislación acústica de un muro de albañilería de ladrillo.

Se concluye en esta investigación que el mortero con agregados de corcho reciclado cumple con la normativa NCh 2256/1 Of 2001 para poder ser usado como mortero de revestimiento continuo. Además, mejora las propiedades térmicas al ser aplicado en albañilería de ladrillos.

5.1.2 Futuras investigaciones

- Estudiar otras dosificaciones de manera que cumplan con la NCh 2256/1 Of 2001 para morteros de junta de albañilería
- Estudiar un mortero de estuco con corcho aglomerado
- Evaluar el comportamiento térmico y acústico del mortero, en distintos tipos de superficies variando el espesor del estuco

Bibliografía

- Diego Salvo Cea. 2010. Evaluación de las propiedades térmicas y mecánicas de elementos de construcción en base a papel de diario y yeso. Memoria para optar al título de ingeniero constructor y al grado de licenciado en ciencias de la construcción. Valparaíso.
- Maximiliano Thollander Arza 2015. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de estuco con agregado de cascara de arroz. Memoria para optar al título de ingeniero constructor y al grado de licenciado en ciencias de la construcción. Valparaíso.
- J.P. Gervais, D. Labadie, J.M. Riboulet, El corcho: elección y control, la guía práctica, Barcelona, España, Agro Latino Libros, 2003
- Francisco Balaguer, Industria Corchera: extracción y preparación del corcho y aplicación a la industria taponera, Editor Librería de Cuesta, Madrid, 1978.
- Fidel Arredondo, Madera y corcho, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, España, 1967
- Cristian Labarthe E., "Situación actual y perspectiva de desarrollo del cultivo de alcornoque en Chile", Tesis Universidad de Chile, 2001
- Fernanda Mendez, Gonzalo Silva, "Nuevas Posibilidades para la industria de la subercultura, obtención de corcho por medio de su reciclaje", Tesis Universidad de Chile, 2009
- Subercultura, Vierira Nativa de ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación, Director-General de Forestas, 1990
- Andrés Remacha Gete, Tecnología del corcho, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, Editorial Visión Libros, 2002.
- CDT, "Hormigones, Morteros, cmentos y aridos para la construcción", Compendio Técnico de Materiales, 2010
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Cementos – Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento". NCh 158 Of 1967
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales". NCh 0163 Of 1979
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Áridos para morteros y hormigones – Tamizado y determinación de la granulometría". NCh 0165 Of 2013
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Áridos para morteros y hormigones – Determinación de la densidad aparente". NCh 1116 Of 1977
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las gravas". NCh 1117 Of 1977
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Aislación térmica – Transmision térmica – Terminología, magnitudes, unidades y símbolos". NCh 849 Of 1987
- Instituto Nacional Normalización INN Chile, "Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Calculo de resistencia y transmitancias térmicas", NCh 853 Of 2007.
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Aislación térmica – Determinación de coeficiente de transmisión térmica por el método de la cámara térmica". NCh 851 Of 1983
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Acústica – Medición de aislación acústica en construcción y elementos de construcción". NCh 2786 Of 2002
- Instituto Nacional Normalización INN Chile. "Requiitos generales de Morteros", NCh 2256/1 Of 2001
- Disponible en Internet: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1400272493Bolet%C3%ADnvin0201405.pdf

- Disponible en Internet: http://www.sustentabilidade.amorim.com/xms/files/RELATORIOS/rsust_amorim_2013_pt.pdf
- Disponible en Internet: <http://actualidad.rt.com/economia/view/11968-Los-tapones-de-corcho%2C-en-peligro-de-extinci%C3%B3n>
- Disponible en Internet: <http://www.frioycalor.cl/106/tema4.html>
- Disponible en Internet: <http://es.slideshare.net/cathecentanaro/fundamentos-de-transferencia-de-calor-frank-incropera>
- Disponible en Internet: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_923_16803.pdf
- Disponible en Internet: http://www2.sag.gob.cl/svyv/dec_cos/reportes1a.asp
- Disponible en Internet: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1400272493Bolet%C3%ADnvino201405.pdf