Universidad de Valparaíso
CHILE
Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

Influencia de Incorporar Adhesivos Comerciales a Morteros para Muros Construidos con Eco Ladrillos en Disposición Vertical.

Por

Eduardo Andrés Contreras Gallardo

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

Profesor Guía: Uriel Padilla Carreño

Diciembre, 2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por el apoyo que me brindaron en especial a mi mamá, hermana y tías (Adriana y María) que me apoyaron en todo momento desde el día que les comente la carrera y ciudad que deseaba estudiar, por el esfuerzo que se realizó para que esto fuera posible.

A mis tíos Eliana y Mario por el apoyo y preocupación que recibí de ellos desde pequeño y más aún en esta etapa académica.

También mencionar mis agradecimientos a mis primos (Alejandro y Gustavo) a Natalia, Liliana y Sebastián. Por su compañía, apoyo, enseñanzas y consejos durante todo mi periodo académico, en donde todo momento se preocuparon por mí, los cuales fueron como mi segunda familia en esta nueva ciudad, sin cada uno de ellos esto hubiera sido difícil para mí durante esta etapa académica.

A mi profesor guía don Uriel Padilla, quien fue un gran colaborador de la presente investigación.

Y un especial agradecimiento a mis abuelitos Gustavo y Haydee que desde el cielo me ayudaron en todo momento, lo cual estoy más que seguro que estarían muy orgulloso de mí y toda la familia.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO 2
INDICE GENERAL 3
INDICE DE FIGURAS 7
INDICE DE TABLAS 8
INDICE DE GRÁFICOS 9

CAPITULO I.- ANTECEDENTES GENERALES

1.1 RESUMEN 11
1.2 ABSTRACT 11
1.3 INTRODUCCIÓN 12
1.4 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.5 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 15
1.5.1 Objetivo General 15
1.5.2 Objetivo Específico 15
1.6 ALCANCE 15
1.7 HIPÓTESIS 16
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 17

CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1 ECO-LADRILLO 21
2.2 ORIGENES DE LA ARQUITECTURA SUSTENTABLE Y ECO-LADRILLOS 22
2.3 VIVIENDAS CONTRUIDAS CON ECO-LADRILLOS 23
2.4 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) 24
2.4.1 Generalidades 24
2.4.2 Composición del PET 24
2.4.3 Tipos de plástico 24
2.5 COMPOSICIÓN ALBAÑILERIA CONFINADA 26
2.6 MORTEROS 27
2.6.1 Generalidades del mortero 27
2.6.2 Cemento para albañilería 27

2.6.3 Arena para albañilería 27
2.6.4 Criterio de cumplimiento de banda granulométrica 28
2.6.5 Agua para albañilería 28
2.6.6 Aditivos 28
2.6.7 Cal 28
2.7 ADHESIVO 29
2.7.1 Aditivos comparado con adhesivos. 29
2.7.2 Adhesivo papel mural 29
2.7.3 Descripción del producto 29
2.7.4 Dosificación 29
2.7.5 Cola fría 31
2.7.6 Descripción del producto 31
2.7.7 Dosificación 31
2.8 EXPERIMENTACIÓN MECÁNICA DE LOS MORTEROS 32
2.8.1 Resistencia a la compresión 32
2.8.2 Medición de probetas a flexión 32
2.8.3 Medición de probetas a compresión 33
2.8.4 Clasificación por grado de resistencia a la compresión 33
2.9 ADHERENCIA 34
2.9.1 Generalidades respecto a la adherencia 34
2.9.2 Importancia de la adherencia en los muros de albañilería 34
2.10 SINGULARIDADES DE LA INVESTIGACIÓN RESPECTO A OTROS AUTORES 36

CAPITULO III.- PROCESO DESCRIPTIVO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO 38
3.1.1 Cantidad de muestras y probetas 39
3.2 DISEÑO DE LAS PROBETAS 40
3.3 DISEÑO DE MOLDAJE PARA ECO LADRILLO CON MORTERO DE PEGA 41
3.4 DOSIFICACIÓN 43
3.4.1 Generalidades 43
3.4.2 Procedimiento para la dosificación 43

3.4.3 Ecuación para dosificación por requisito 45
3.5 ENSAYO DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE MORTEROS 46
3.5.1 Moldes para morteros 46
3.5.2 Máquina de ensayo a flexión 47
3.5.3 Tabla de resultados 47
3.5.4 Máquina de ensayo a compresión 48
3.5.5 Tabla de resultados 48
3.6 ENSAYO PROBETAS A CIZALLE 49
3.6.1 Ensayo a cizalle 49
3.6.2 Expresión de resultados 50
3.7 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES 51
3.7.1 Tabla de resultados 51
3.8 MATERIALES UTILIZADOS Y ALCANCES 53

CAPITULO IV.- PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA 55
4.1.1 Procedimiento para ensayo 55
4.1.2 Observación de granulometría con respecto a la norma 58
4.1.3 Densidad, absorción y humedad de la arena 59
4.1.4 Dosificación para morteros 60
4.1.5 Corrección por humedad de la arena 61
4.1.6 Observación sobre la dosificación 62
4.2 ELABORACIÓN DE ECO-LADRILLOS 63
4.2.1 Ensayo a compresión del eco-ladrillo 64
4.3 ENSAYO PROBETAS RILEM 65
4.3.1 Flexotracción 65
4.3.2 Resultados 67
4.3.3 Compresión 69
4.3.4 Resultados 69
4.4.5 Análisis preliminar 72
4.4 ELABORACIÓN DEL MOLDE PARA PROBETAS DE CIZALLE 73
4.5 FABRICACIÓN DE PROBETAS 74

4.6 ENSAYO DE CIZALLE 76
4.6.1 Resultados 77
4.6.2 Análisis preliminar 78
4.7 CONFECCIÓN DE MURETES 79
4.7.1 Llenado de muretes 79
4.8 ENSAYO COMPRESIÓN DIAGONAL 81
4.8.1 Resultados 82
4.8.2 Análisis preliminar 83
4.9 CUADRO COMPARATIVO 84
4.10 COMPARACIÓN DE MUROS POR METROS CUADRADOS 85

CAPITULO V.- CONCLUSIONES Y FUTURAS PROPUESTAS

5.1 CONCLUSIONES 88
5.1.1 Ensayo de compresión a probetas rilem 88
5.1.2 Ensayo de resistencia a la adherencia 88
5.1.3 Ensayo de compresión diagonal 89
5.2 CONCLUSIÓN SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS 90
5.3 CONCLUSIÓN SOBRE LA VALIDACIÓN DE LA HIPOTESIS 91
5.4 MODIFICACIONES REALIZADAS A LOS ENSAYOS 91
5.5 PROPUESTAS DE IDEAS PARA LA FORMACIÓN DE FUTURAS INVESTIGACIONES 92
5.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 93
NORMAS NACIONALES 95

INDICE DE FIGURAS

Pág.
Figura Nº 1.1. Diagrama de metodología de investigación 18
Figura Nº 2.2. Fases del proceso de compactación de residuos plásticos en botella PET.... 21
Figura Nº 2.3. Vivienda construida con ladrillos ecológicos. 24
Figura Nº 2.4. Albañilería confinada. 26
Figura Nº 2.5. Metylan Universal (adhesivo papel mural). 30
Figura Nº 2.6. Adhesivo cola fría. 31
Figura Nº 2.7. Ensayo a flexión probeta 40x40x60 mm. 32
Figura Nº 2.8. Ensayo a compresión probeta 40x40 mm. 33
Figura Nº 3.9. Diferentes vistas del modelo de las probetas. 40
Figura Nº 3.10. Vista de moldes para probetas de eco-ladrillo. 41
Figura Nº 3.11. Armado del molde y piezas que lo componen. 42
Figura Nº 3.12. Molde metálico para morteros. 46
Figura Nº 3.13. Maquina ensayo a flexión. 47
Figura Nº 3.14. Máquina ensayo a compresión. 48
Figura Nº 3.15. Ensayo a cizalle. 50
Figura Nº 3.16. Disposición del murete sometido a ensayo de compresión diagonal. 52
Figura Nº 4.17. Cuarteo de la arena en estado húmedo. 55
Figura Nº 4.18. Orden de tamices y arena retenida. 56
Figura Nº 4.19. Pesaje de botellas en laboratorio. 63
Figura Nº 4.20. Eco-ladrillo sometido a compresión en prensa hidráulica. 64
Figura Nº 4.21. Probetas rilem secado y posteriormente sumergido en agua. 65
Figura Nº 4.22. Probetas rilem sometida a flexotracción. 66
Figura Nº 4.23. Probetas sometidas a compresión. 69
Figura Nº 4.24. Corte de la planchas para la confección de moldes. 73
Figura Nº 4.25. Molde terminado. 73
Figura Nº 4.26. Molde con botella incorporada en su interior. 74
Figura Nº 4.27. Probetas muestra patrón y papel ligero. 75
Figura Nº 4.28. Probetas en la cámara húmeda. 75
Figura Nº 4.29. Ensayo a cizallamiento y ruptura. 76
Figura Nº 4.30. Escantillón móvil. 79
Figura Nº 4.31. Llenado de murete. 80
Figura Nº 4.32. Recubrimiento de la probeta. 80
Figura Nº 4.33. Ensayo de compresión diagonal. 81
Figura Nº 4.34. Muretes comparación. 86

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla Nº 2.1. Clasificación de los plásticos y sus productos. 25
Tabla Nº 2.2. Propiedades del PET. 25
Tabla Nº 2.3. Requisitos estructurales de la albañilería confinada. 26
Tabla Nº 2.4. Bandas granulométricas de las arenas, según Dn. 28
Tabla Nº 2.5. Dosificación recomendada por el fabricante. 30
Tabla Nº 2.6. Grados de morteros según la resistencia especifica de compresión a 28 días. 33
Tabla Nº 2.7. Tabla de comparación de tesis. 36
Tabla Nº 3.8. Cantidades de muestras y probetas. 39
Tabla Nº 3.9. Consistencia de la masa de mortero. 43
Tabla Nº 3.10. Tabla de cantidad de agua y aire. 44
Tabla Nº 3.11. Nivel de confianza. 44
Tabla Nº 3.12. Tabla de razón agua/cemento. 45
Tabla Nº 3.13. Pesos específicos de los materiales. 46
Tabla Nº 3.14. Tabla ensayo a flexión. 48
Tabla Nº 3.15. Tabla ensayo a compresión. 49
Tabla Nº 3.16. Modelo de Tabla de resultados a adherencia. 50
Tabla Nº 3.17. Modelo de Tabla de resultados resistencia al corte. 51
Tabla Nº 4.18. Granulometría de la arena. 56
Tabla Nº 4.19. Densidad, absorción y humedad de la arena. 59
Tabla Nº 4.20. Densidad aparente de la arena. 59
Tabla Nº 4.21. Resumen de dosificación. 61
Tabla Nº 4.22. Dosificación corregida. 62
Tabla Nº 4.23. Peso de los eco-ladrillos. 63
Tabla Nº 4.24. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra patrón. 67
Tabla N° 4.25. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel ligero. 67
Tabla N° 4.26. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel normal. 67
Tabla N° 4.27. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel pesado. 68
Tabla N° 4.28. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra cola fría 1:1. 68
Tabla N° 4.29. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra cola fría 1:2. 68
Tabla Nº 4.30. Cargas y resistencia a la compresión muestra patrón. 69
Tabla N° 4.31. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel ligero. 70
Tabla N° 4.32. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel normal. 70
Tabla N° 4.33. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel pesado. 70
Tabla N° 4.34. Cargas y resistencia a la compresión muestra cola fría 1:1. 71
Tabla N° 4.35. Cargas y resistencia a la compresión muestra cola fría 1:2. 71
Tabla Nº 4.36. Resistencia a la adherencia muestra patrón. 77
Tabla N° 4.37. Resistencia a la adherencia muestra papel ligero. 77
Tabla N° 4.38. Resistencia a la adherencia muestra papel normal. 77

Tabla N° 4.39. Resistencia a la adherencia muestra papel pesado. 78
Tabla N° 4.40. Resistencia a la adherencia muestra cola fría 1:1. 78
Tabla N° 4.41. Resistencia a la adherencia muestra cola fría 1:2. 78
Tabla Nº 4.42. Resultados a compresión diagonal de muestra patrón. 82
Tabla Nº 4.43. Resultados a compresión diagonal de muestra papel normal. 82
Tabla Nº 4.44. Cuadro comparativo de investigaciones. 84
Tabla N° 4.45. Resistencia Morteros con adhesivo papel mural a los 28 dias. 88
Tabla N° 5.46. Resistencia al corte de distintos tipos de ladrillos. 89
Tabla Nº 5.47. Tabla de objetivos y conclusiones. 90
Tabla Nº 5.48. Tabla de hipótesis y conclusión. 91

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.1. Gráfico de curva granulométrica. 57
Gráfico N° 4.2. Gráfico de curva granulométrica. 58
Gráfico N° 4.3. Comparación de probetas según su resistencia. 72

CAPITULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 RESUMEN

La adherencia es una parte fundamental en el comportamiento de un paño de albañilería confinada frente a un sismo o esfuerzos de tensión horizontal, ya que la falla frente a estas eventualidades se produce principalmente en la adherencia ladrillo-mortero y muy pocas veces en elemento ladrillo en sí mismo.

La presente investigación busca evaluar el comportamiento que tienen el eco-ladrillo comúnmente conocidos por conformarse de una botella PET rellena con residuos plásticos compactados en su interior, frente a la adherencia que tiene en la unión con un mortero de pega.

Frente a esta problemática se propone el uso de adhesivos comerciales, los cuales se incorporan al amasado del mortero, se evaluó su comportamiento respecto a resistencia, adherencia y resistencia al corte en un muro a escala.

Además se plantea el cambio de disposición de estos elementos, es decir de la forma horizontal a la forma vertical, el cual se evaluó la disminución de materiales a implementar y comparar respecto al cambio de disposición al igual que comparar respecto a los beneficio respecto a los ensayos realizados.

Palabras claves: Eco-ladrillo, adherencia, adhesivos.

1.2 ABSTRACT

The adhesion is a fundamental part in the behavior of a confined masonry wall against an earthquake or horizontal stress, considering that the failure in the face of these eventualities occurs mainly in the adhesion brick-mortar and very few times in the brick element in itself.

The current investigation search to evaluate the behavior of the eco-brick commonly known as a PET bottle filled with plastic waste compacted inside, before the adhesion that has in the union with grout.

In the face of this problem it is proposed the use of commercial adhesives, which are added in the mortar mixer. It was evaluated its performance in relation to the strength, adhesion and shear strength in a scale wall.

In addition, it is proposed to change the arrangement of these elements, that is, from the horizontal form to the vertical form, in which one was evaluated the decrease of materials to be implemented and to compare regarding to the change of arrangement the same as to compare in relation to the benefits with respect to the tests performed.

Keywords: Eco-brick, adhesion, adhesives.

1.3 INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas ecológicas y sus canales de difusión actuales ha sido una idea que cada año va en aumento con motivo a la existencia de información y por ende conciencia ecología que ha tenido la ciudadanía con respecto a la reutilización de materiales desechados luego de su uso.
En nuestro país podemos encontrar viviendas en la Quinta Región en la comuna de Olmué, realizado mediante el proyecto impulsado por el Programa de Habitabilidad del Ministerio de Desarrollo Social (2012).

En la ciudad de Valparaíso después del incendio que afectó a los cerros de Valparaíso se desarrollaron construcciones ejecutadas por la organización llamada "Minga Valpo" estas viviendas son mayormente construidas y habitadas por familias vulnerables.
Este tipo de construcciones va en concordancia con la disminución de la contaminación que se produce por el desecho de las botellas PET una vez descartada al haber cumplido su función, el PET en nuestro país no es totalmente reciclado y genera un gran daño para el medio ambiente.

Las vivienda que utilizan este método constructivo llamado muros de eco-ladrillo es mayormente utilizado en albañilerías confinadas. Teniendo en cuenta que Chile es uno de los mayores países con movimientos telúricos en el mundo por lo tanto este tipo de albañilería confinan los elementos para que tengan mejor comportamiento, a dichas solicitaciones.

Se tiene que en toda construcción de albañilería es fundamental la adherencia entre unidad de ladrillo y mortero para que tengan un mejor comportamiento antes un sismo. Para el presente estudio se sabe que las botellas PET presentan una superficie lisa en comparación con los ladrillos de arcilla que son porosos y además absorben agua este es una de las grandes cualidades que presenta los ladrillos para mejorar la adherencia y que las botellas PET no la presentan. La adherencia entre mortero y ladrillo es una característica fundamental en las construcciones de estas viviendas construidas con ladrillos de arcilla y hormigón en donde se ocupa el método de albañilería confinada. Donde la combinación de estos materiales actúa como un elemento monolítico durante un movimiento sísmico y generar el cerramiento necesario del inmueble para el logro de su seguridad.

Debido a lo mencionado anteriormente es que surge la necesidad de presentar una solución alternativa en el cual busca explorar el problema de adherencia entre unidad de ladrillo–mortero de pega. Fabricando morteros modificados con adhesivos comerciales que ayuden a aumentar la resistencia al cizalle entre ellos el adhesivo papel mural y cola fría. Además de esta solución también se encuentra la necesidad de definir y establecer el proceso constructivo para disminuir el contenido de materiales del muro.

1.4 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

Según cifras de Industria del Plástico (ASIPLA) Chile en el año 2014, menciona que el consumo de plástico está directamente relacionado con el desarrollo de los países. En Chile el consumo per cápita es de 50 kg por persona (Feria internacional del plástico, Fullplast chile, 2014).

En nuestro país se generan 17 millones de toneladas de residuos sólidos al año de los cuales 6,5 millones son domiciliarios y solo se logra reciclar el 10%. Poseemos la tasa más alta a nivel latinoamericano con respecto a la generación de residuos sólidos (Ministerio del Medio Ambiente, 2015).

Aproximadamente se utiliza 1,6 millones de barriles de petróleo solo para la producción de plástico para agua y refrescos. Los desechos plásticos son uno de los residuos que más tarda en degradarse entre 450 a 1000 años. Mientras que las bolsas de plásticos tardan 150 años en biodegradarse (Sanz, 2012).

En Chile solo el 17% de las personan incorporan en sus hábitos el reciclaje de residuos sólidos domiciliario. El bajo porcentaje se debe a que no hay sistemas eficientes de reciclaje o la gente no sabe cómo hacerlo (ADIMARK, 2014).

Uno de los factores que han hecho que aumente el consumo de agua embotellada es el crecimiento del poder adquisitivo (Alfaro, 2015).

Según cifras de Chileplast el consumo nacional de plástico se concentra fundamentalmente en las áreas de envase (52,1%), aplicación de uso industrial (14,4%), Construcción (14%), Minería (8%), y el restante 11,5% se reparten entre menaje, agricultura, transporte entre otros.

Como una manera de reutilizar estos desechos plásticos y disminuir el nivel de contaminación a nuestro medio ambiente es que surge una iniciativa en la cual consiste en reutilizar las botellas PET rellenándolas con residuos inorgánicos lo cual otorga determinada resistencia para ocuparlas en la construcción de viviendas. Mayormente ello se utilizaría para la construcción de viviendas sociales lo que permitirá sustituir por un material de mayor costo como lo son los ladrillos cerámicos y bloques de hormigón.

Al realizar la revisión de las distintas páginas de internet en entrevistas, organizaciones y documentales sobre la implementación de estos materiales en vivienda se pueden encontrar que mencionan en ellas que tienen grandes ventajas térmica, acústica, liviana, son económica y antisísmica como elementos del muro entre otras cosa. Pero en realidad ninguna de estas afirmaciones lo demuestra con ensayos o valores indicando que lo que dicen es fidedigno.

Tesistas de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso han tomado la iniciativa de investigar el comportamiento de estos muros realizando ensayos térmico, acústicos, resistencia al fuego y compresión diagonal en probetas de muretes de dimensiones 60cm x 60cm. Concluyendo que poseen un buen comportamiento frente la aislación térmica y acústica. Es resistente al fuego y además cumple con la resistencia mínima requerida a la compresión diagonal. Pero al evaluar una de las interrogantes más importantes y un fenómeno que ocurre con mayor frecuencia en nuestro país es que deben ser antisísmicas. En el desarrollo de las pruebas de compresión diagonal en muretes queda evidenciado que estos elementos fallan en su junta de unión mortero - ecoladrillo, la cual no posee una buena adherencia entre estos dos elementos.

Otro de los problemas que se encuentra es que con la disposición que van puestas estas botellas que son en forma horizontal ocupa bastante material ya sea en botellas y mortero en sus juntas en lo que se transforma en un elemento con un peso considerable para el manejo del prototipo y con gran costo de construcción.

La adherencia es uno de las cualidades más importantes a considerar frente algún movimiento sísmico en las construcciones de viviendas. Chile se caracteriza por ser uno de los países más sísmico a nivel mundial, teniendo en vista los registros de los sismos de mayor magnitud (Scholz, 2002). Por lo cual las edificaciones de albañilerías deben tener una adecuada resistencia al corte (falla producida en muros de albañilería confinada de forma diagonal) para aminorar los movimientos telúricos, la cual es dada principalmente por la adherencia que se genera entre el mortero y el ladrillo.

La falla de adherencia es característica general de todas las albañilerías que fallan por esfuerzos sísmicos, siendo muy poco corriente que fallen por esfuerzo de comprensión (Lamana et ál., 1970). La mayoría de las fallas en albañilerías confinadas se producen por falla de tensión diagonal en sus juntas; se produce por la falla por adherencia ladrillo-mortero, su trayectoria es en forma escalonada aproximadamente al centro del murete (Fernández et ál., 2009).

Esta investigación busca examinar si los morteros modificados con adhesivos comerciales (adhesivo papel mural y cola fría) aumentan su resistencia la cizalle entre elemento botella-mortero de pega. Si estos cumplen los requisitos mínimos de la Norma Chilena para ser usados en albañilería confinada.

Con este mortero modificado se pretende aproximar una respuesta a la problemática de la adherencia que poseen estos elementos demostrados en ensayos de compresión diagonal en investigaciones ya realizadas con el elemento botella PET en disposición horizontal y además se busca disminuir la cantidad de materiales a emplear entre ellas, como el elemento botellas y morteros para la construcción de muros ecológicos cambiando su disposición original que es en forma horizontal a la disposición vertical.

1.5 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

- Evaluar una propuesta que mejore la resistencia a la adherencia y la resistencia al corte en muros construidos con ladrillos ecológicos mediante el uso de adhesivos, para mejorar la resistencia del elemento en conjunto.

1.5.2 Objetivo Específico

- Determinar la resistencia mecánica de los morteros de pega por la NCh 158 Of. 1969 con la incorporación de adhesivos.

- Diseño de modelo a escala de probeta para someterla a cizalle e identificar su resistencia entre materia PET y mortero de pega.

- Determinar la resistencia al corte mediante la compresión diagonal por la NCh 2123 Of. 2003. en muretes confeccionados con eco-ladrillo.

- Comparación de la cuantía de materiales a emplear con eco-ladrillos en disposición vertical con respecto a la disposición horizontal.

1.6 ALCANCE

- Los ladrillos ecológicos se construirán con botellas PET de 1,5 lts, desechables específicamente de forma hexagonal.

- Para el relleno de las botellas plásticas se utilizara residuos plásticos compactados manualmente dentro de estas botellas mediante una varilla de acero o de madera de diámetro menor al ancho de la boca de la botella.

- Las botellas más el relleno plástico debe tener un peso aproximado de 500 grs. Peso estimado de máxima compactación manual.

- Para la junta de los ladrillos ecológicos se dosificara un mortero de 100 kg/cm^2 (M10) como mínimo.

- Adhesivo que se ocupara como adición en morteros es el adhesivo para papel mural, las cantidades se realiza por recomendaciones del fabricante según papel ligero, normal y pesado.

- El otro adhesivo que se ocupara es la cola fría su dosificación se realizara en proporciones (adhesivo: agua) 1:1 a 1:2.

- Las probetas compuesta de botella y mortero de pega en su alrededor en el área desde la base de la botella hasta el cuello de la botella, se someterán a cizalle.

- Para determinar las resistencias mecánicas se confeccionara y se ensayara un murete de 0,63 x 0,63 x 0,14(m) a compresión diagonal según NCh 2123 Of. 2003.

- Las probetas y los ensayos se realizaran en los Laboratorios de la Escuela de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso.

1.7 HIPÓTESIS

- La incorporación de adhesivos (papel mural y cola fría) para evaluar la mejora en el comportamiento de la adherencia y posterior resistencia al corte, de la evaluación diferenciada por adhesivos se obtienen datos – resultados de una resistencia mejor que sin ellos.

Variables independientes: adhesivos (Papel mural y cola fría)
Variable dependiente: adherencia y resistencia al corte.

1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

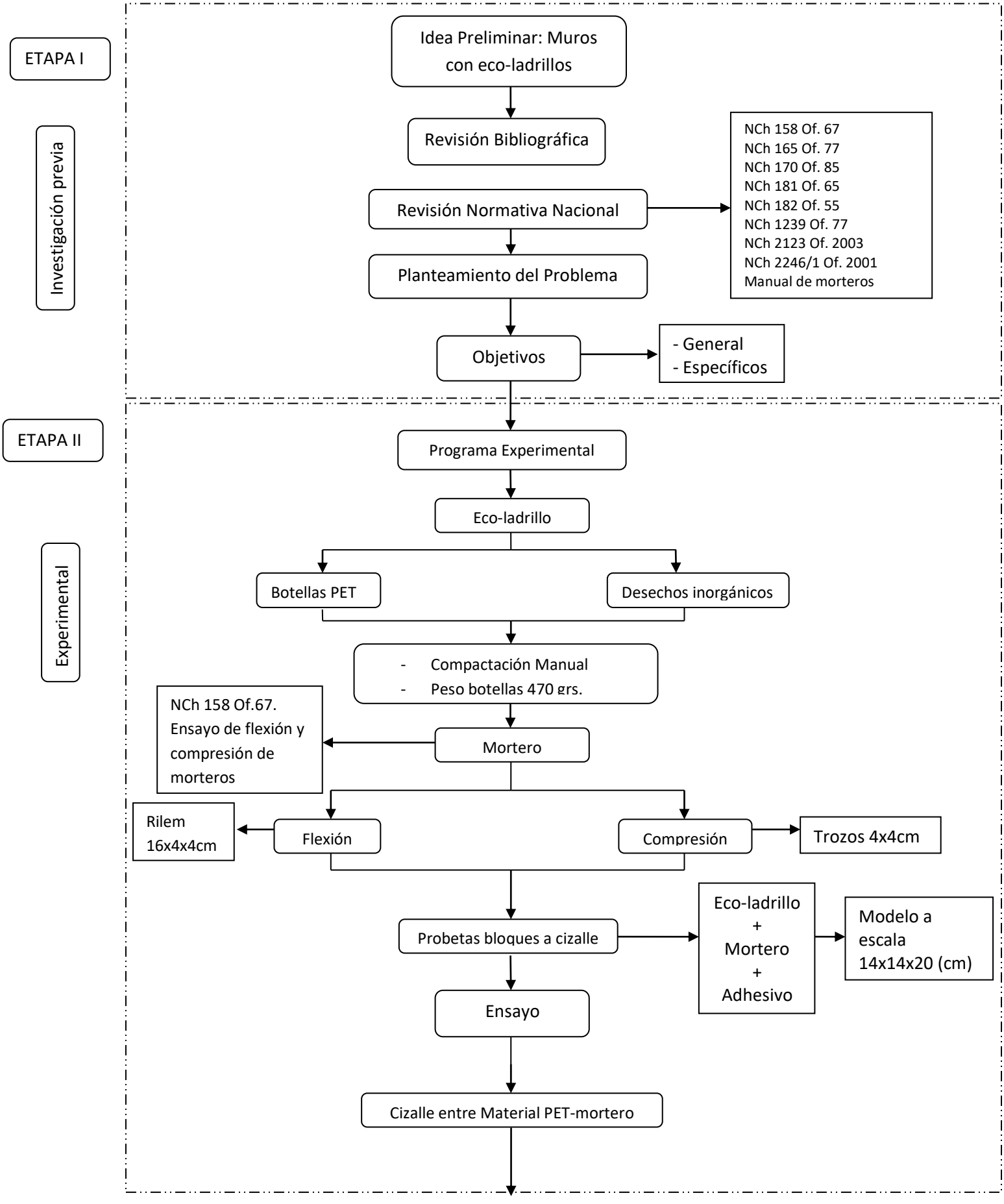
En la metodología de trabajo que se realizó para la presente investigación, se establecen tres etapas que serán mencionadas a continuación:

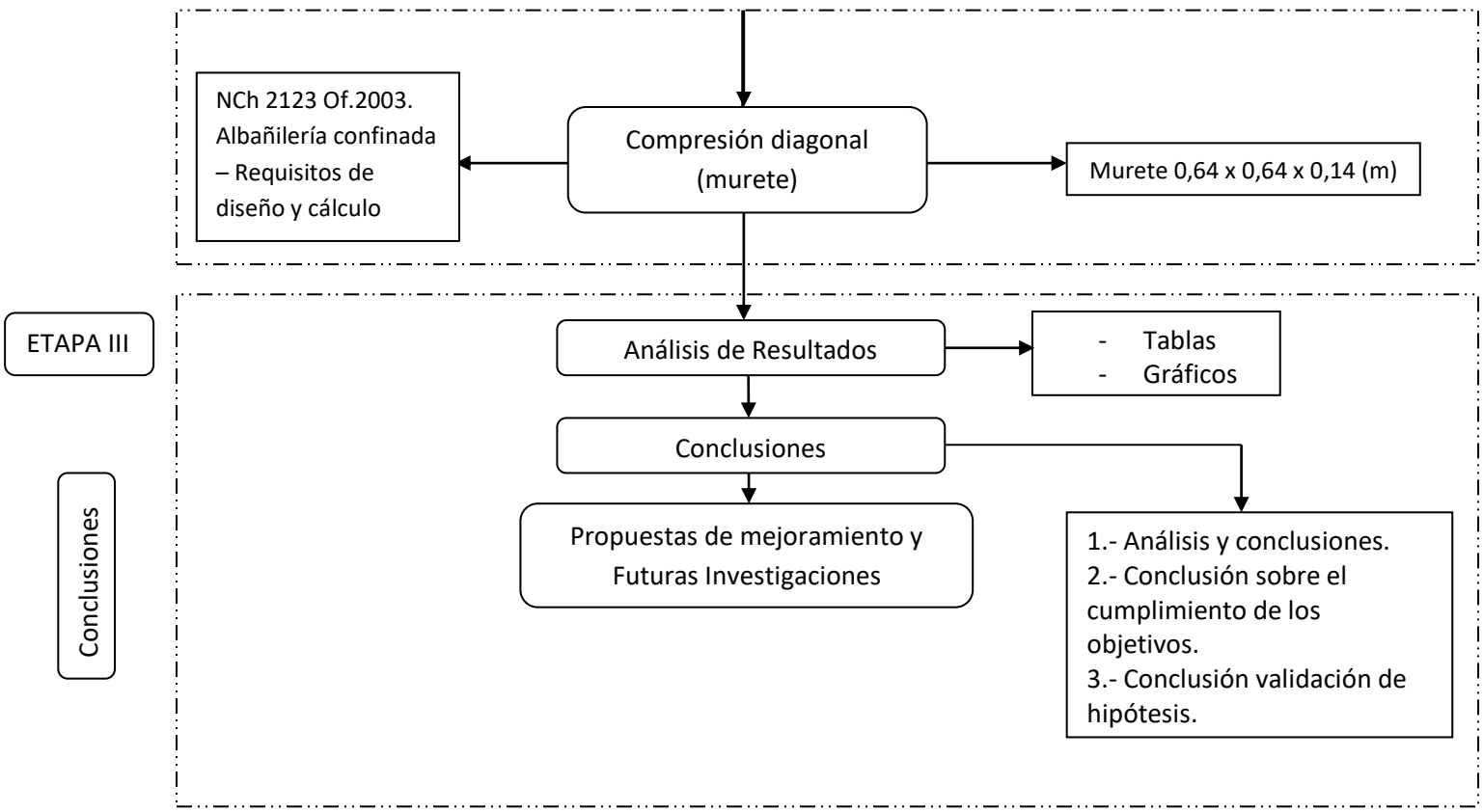
ETAPA I (Investigación previa): En esta etapa se identifican la idea preliminar de la investigación, la recolección de información con respecto al tema realizando revistas, textos, investigaciones y tesis de universidades ya sean en Chile y en el extranjero. Para realizar de modo conceptual-teórico los objetivos a lograr. Luego de realizar una revisión de la bibliografías y normativas. Se procede a definir los objetivos y alcances de la investigación para luego desarrollar el marco teórico.

ETAPA II (Experimental): Esta segunda etapa consiste en desarrollar la parte experimental de la investigación en donde se describe los pasos previos de recolección de las botellas y como se realizaron los ensayos pertinentes, para continuar con los ensayos que se realizaran en los laboratorios de la Escuela de Construcción Civil, para así obtener un alcance de las mediciones y valores obtenidos de los ensayos realizados

ETAPA III (Conclusiones): Finalmente la etapa tres consiste en la obtención y ordenamiento de los datos obtenidos de la etapa experimental para analizar los resultados y proporcionar un enunciado preliminar y conclusiones de lo referente a los objetivos específicos y generales de la investigación.

Figura Nº 1.1. Diagrama de metodología de investigación





Fuente: Propia (2016).

CAPITULO II

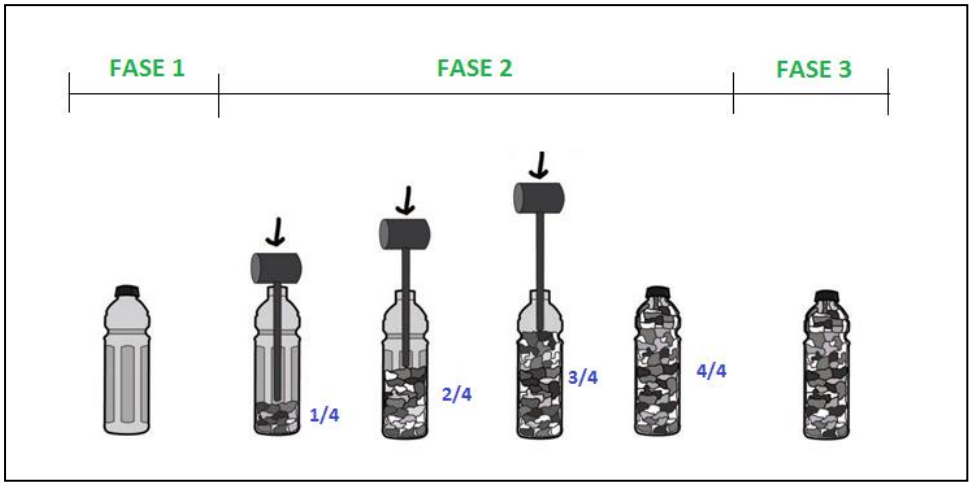
MARCO TEÓRICO

2.1 ECO-LADRILLO

El Eco-ladrillo se presenta como una opción eficiente y simple para reutilizar todo tipo de plásticos y envoltorios de aluminios dentro de una botella plástica PET (tereftalato de polietileno) con tapa. Con ello se busca disminuir el impacto ambiental, generado por los residuos sólidos domiciliarios, desechados una vez que haya cumplido su función como envolvente de un producto determinado que se ofrece y empleados por los individuos de nuestra sociedad.

Para la confección del eco-ladrillo se deben tener en cuenta los siguientes elementos, una botella PET (terftalato de polietileno) y residuos plásticos compactados dentro de la botella, las botellas PET se debe lavar y secar para ser utilizada y los residuos plásticos libre de restos orgánicos, es importante guardar la tapa para cuando el ladrillo esté terminado sellarla. En el proceso de llenado con residuos plásticos es necesario ocupar compresión manual mediante una varilla de madera o fierro cilíndrico de diámetro menor al ancho de la tapa de la botella haciendo la máxima presión posible sobre los plásticos introducidos en la botella PET evitando dejar ningún espacio de aire.

Figura Nº 2.2. Fases del proceso de compactación de residuos plásticos en botella PET.



Fuente: Valpo interviene, (2011).

Durante el desarrollo de los eco-ladrillos de dividen en tres fases, la fase 1 consiste en la recolección de las botellas hexagonales que serán limpiadas en su interior con agua y luego dejar secar para evitar que contengan agua en su interior.
La fase 2 consiste en introducir dentro de estas botellas debidamente limpias y secar, residuos plásticos que serán llenados en distintas proporciones y luego serán compactados manualmente mediante una varilla hasta completar su volumen total que equivale a 1500 cm^3.
Finalmente la fase 3 que consiste en sellar la botella con la tapa, para obtener finalmente el elemento que se ocupó para esta investigación.

2.2 ORIGENES DE LA ARQUITECTURA SUSTENTABLE Y ECO-LADRILLOS

La utilización de eco-ladrillos forma parte de la arquitectura sustentable que está ampliamente desarrollada y posee múltiples variantes. Su reconocimiento formal fue en el año 1987 en Noruega por la primer ministro Gro Harlem Brundtland realizando un informe llamado "Nuestro futuro común" que fue presentado en la 42ª sesión de las Naciones Unidas, el término Desarrollo sostenible para referirse a la necesidad de lograr la manera de satisfacer las necesidades de la generación actual sin afectar el futuro de las próximas generaciones. El impacto ambiental que tenía la industria, los procesos de producción y el aumento de la población en el planeta fue puesto de manifiesto en la cumbre del planeta celebrada en Rio de Janeiro en 1992 por los jefes de estados quienes retrataron la necesidad de una arquitectura sustentable, paralelamente a esta reunión académicos, investigadores y ONG mundiales debatieron sobre los centenares de trabajos que ya venían realizando personas, entre ellas arquitectos con "conciencia social". Barón F, (2012, 18 de junio).

Como precursor de la utilización de botellas PET en la eco-construcción, podemos citar el trabajo de Michael Reynolds, arquitecto estadounidense quien en 1972 construyo su primera casa llamada "Pulgar casa" construida a partir de materiales reciclados utilizando artículos de basura diarias como latas de aluminio, botellas plásticas y neumáticos usados, llamando a este tipos de construcciones "Earthship Biotecture".

El alemán Andreas Froese en el 2001 en Honduras fundó la empresa ECO-TEC con la finalidad de dar una respuesta innovadora y dinámica a la problemática de la basura. Se dedica a la bioconstrucción y el ecodiseño. Ha realizado más de 50 proyectos visitando más de 26 países, en Latinoamérica países como Guatemala, Colombia, Uruguay, Honduras, Argentina y Chile.

Andreas Froese llego a Chile en marzo del 2011, dictando un taller en donde se construyó un tanque colector de aguas lluvias ubicado en el Parque Metropolitano de Santiago. Además existen organizaciones no gubernmentales y municipales comprometidas con el medio ambiente que trabajan con eco-ladrillos, ya sea, recolectándolos o construyendo con una finalidad social. Valpo Interviene es una de ellas y que va en beneficio para la comuna de Valparaíso.

2.3 VIVIENDAS CONTRUIDAS CON ECO-LADRILLOS

Actualmente en Chile existen proyectos que contemplan la construcción de viviendas con eco-ladrillos, este es el caso de la construcción de una vivienda en la comuna de Olmué la cual fue realizada por el programa de habilidad del Ministerio de Desarrollo Social para la señora Jeannette Álvarez y sus dos hijos, quienes recolectaron alrededor de 4 mil botellas plásticas para la construcción de su vivienda (Figura Nº 2.3).

Este tipo de construcciones de viviendas construidas con botellas plásticas rellenas de residuos plásticos en disposición horizontal y vertical poseen buenas propiedades de aislación térmica y acústica con respecto a las normativa NCh 853. Of. 2007 – Acondicionamiento Térmico – envolvente térmica de edificios – cálculo de resistencias y transmitancias térmicas y la aislación acústica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo en conformidad al artículo 4.1.6 del D.S Nº47 DE 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. En posición horizontal posee una diferencia de 30,09 Cº con respecto a la aislación térmica y la aislación acústica obteniendo una diferencia de presión sonora de 46,2 dBA. En disposición vertical se obtiene una diferencia de temperatura de 20,68 Cº con respecto a la aislación térmica y la aislación acústica obteniendo una diferencia de presión sonora de 28 dBA. (Gavilán, 2014).

Además también posee una aceptable resistencia al fuego con respecto a la normativa NCh 935/1 Of. 1997 – Prevención de incendio en edificios – ensayo de resistencia al fuego. En posición horizontal en un rango de 0 a 102 minutos de exposición a una llama directa proporcionada por un soplete alcanza una temperatura máxima de 784 Cº a los 51 minutos de ensayo.
En posición vertical en un rango de 0 a 102 minutos de exposición a una llama directa proporcionada por un soplete con temperatura máxima de 895 Cº a los 57 minutos de ensayo. (Gallardo Geovanne, 2014).

Con respecto a las resistencia mecánica del elemento, para este tipo de construcciones no hay una norma o ley vigente que rige un proceso normalizado del proceso constructivo de esas construcciones es por esto que se toma en cuenta la utilización de la norma de albañilería confinada.

Se sabe por los estudios demostrados y por cubicación que el proceso constructivo de las botellas en disposición horizontal contempla la utilización de muchas más botellas y morteros que en disposición vertical, lo cual conlleva a la utilización de más material que una albañilería convencional que por lo tanto se refleja en su alto costo y su gran peso como paño (muro). Es por esto que es necesario proponer la disposición vertical como modelo de construcción ya que en ella se logra ocupar menos unidades de ladrillo ecológicos y menos mortero en sus juntas siento este método más económico que la utilización de albañilería con ladrillos cerámicos.

Figura Nº 2.3. Vivienda construida con ladrillos ecológicos.

Fuente: Riveros J, (2012, 2 de julio).

2.4 TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

2.4.1 Generalidades

El tereftalato de polietileno, o también conocido como PET, fue patentado como polímero para fibra por los alemanes J.R. Whinfield y J.T. D Dicknson en el año 1941. Este polímero fue descubierto durante la Segunda Guerra Mundial tras la necesidad de buscar algún sustituto para el algodón proveniente de Egipto.
El PET es uno de los materiales comúnmente utilizados en la industria embotellada de bebidas y del embalaje por sus características muy particulares que favorecen la distribución, el almacenaje y la presentación de algunos productos. Derivado de los altos niveles de consumo de estos productos, se tiene también grandes cantidades de residuos.

2.4.2 Composición del PET

El PET es producido a partir del petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftalático compuesto principal del PET.

2.4.3 Tipos de plástico

La siguiente tabla entrega los distintos tipos de plásticos que se ocupan para fabricar los distintos productos y en los cuales se ocuparan para confeccionar los eco-ladrillos entre ellos son las botellas PET y los envases plásticos que son del tipo PET, PEAD, PEBD, PP y PS.

Tabla Nº 2.1. Clasificación de los plásticos y sus productos.

Tipo	Abreviatura	Símbolo	Producto
Polietileno Terftalato	PET		Botellas, envasado de productos alimenticios.
Polietileno de alta densidad	PEAD		Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, láminas y tuberías.
Policloruro de vinilo	PVC		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.
Polietileno de baja densidad	PEBD		Film adhesivo, bolsas, revestimiento de cubos, recubrimiento contendores flexibles, tuberías para riego.
Polipropileno	PP		Envases para productos alimenticios, cajas, tapones, piezas de automóviles, alfombras y componentes eléctricos.
Poliestireno	PS		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos.

Fuente: Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI), (2016).

Dentro de la familia de los plásticos el que nos interesa para la investigación es el PET (Polietileno Terftalato), este tipo de plástico es el más utilizado para la fabricación de botellas en bebidas gaseosas y jugos. Dentro de estos envases se puede evidenciar que en la parte inferior de estas botellas se describe mediante un símbolo con un número que identifica a qué tipo de plástico pertenece, es por ello que es fácil distinguirlo.

Tabla Nº 2.2. Propiedades del PET.

Propiedades	Unidad	Valor
Densidad	g/cm^3	1,34 – 1,39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Dilatación térmica	$10^{-4}/ºC$	15,2 – 24
Resistencia al calor	ºC	80 – 120
Absorción de agua	%	0,02
Velocidad de combustión	Mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decora ligeramente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	ºC	244 - 254

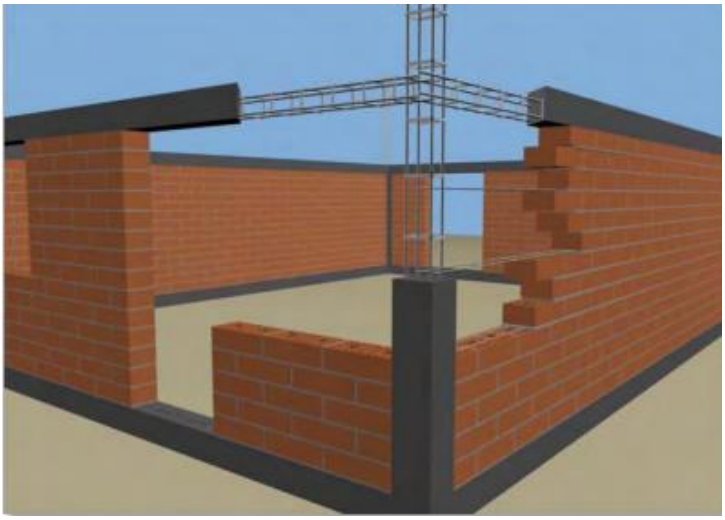
Fuente: Industria del Plástico (asipla), (2016).

2.5 COMPOSICIÓN ALBAÑILERIA CONFINADA

Albañilería es un material estructural que se obtiene con unidades de albañilería ordenadas en hiladas las cuales se unen entre sí con mortero.

La albañilería confinada es el proceso constructivo el cual se refuerza con pilares y cadenas de hormigón armado, elementos que enmarcan y se hormigonan contra el paño (muro) de albañilería, proceso que se debe realizar de acuerdo a la NCh 2123 Of. 1997.

Figura Nº 2.4. Albañilería confinada.



Fuente: Manual del albañil de ladrillos cerámicos, (2010).

La resistencia mínima tanto a compresión como a corte que debe cumplir este tipo de albañilería está clasificado de acuerdo al tipo de ladrillo utilizado para su confección, y estas se pueden observar en la siguiente tabla, la cual resume los requisitos y las características de estos:

Tabla Nº 2.3. Requisitos estructurales de la albañilería confinada.

Tipo de unidad		Grado del mortero (según NCh2256/1)	Resistencia básica de corte τ_m, MPa
Clase	f_p, MPa		
MqM	15,0	M 15,0	0,60
MqP	11,0	M 10,0	0,50
MqH	11,0	M 10,0	0,50
Artesanal	4,0	M 5,0	0,25
Bloque	5,0	M 10,0	0,30
Bloque	4,5	M 10,0	0,20

Fuente: NCh 2123 Of. (1997).

2.6 MORTEROS

2.6.1 Generalidades del mortero

Mortero es el nombre técnico de la mezcla formada por cemento más arena, que se transforma en una pasta trabajable si se agrega agua.
La función primordial del mortero de junta es actuar como un agente de vinculación o adherencia que integre a las unidades de albañilería, permitiendo que estas trabajen en forma monolítica, ayudando a un adecuado comportamiento estructural de los muros y en general de las albañilerías de las cuales forma parte (Barrera, 2002).
Los morteros están constituidos por distintos elementos tales como:

- Cemento
- Arena
- Aditivo
- Agua

Para que estos elementos formen parte de la pasta homogénea que constituye el mortero de pega debe cumplir con ciertos requisitos de sus elementos constituyentes.

2.6.2 Cemento para albañilería

El cemento es un material que se presenta en forma de un polvo finísimo de color gris, el cual al adicionarle una cantidad determinada de agua conforma una pasta conglomerada capaz de endurecer tanto al aire como bajo el agua.

A demás el cemento se puede definir como un aglomerante hidráulico, debido a la característica o propiedad de este de necesitar agua para su fraguado, el cual se desarrolla en un proceso progresivo, pasando de un estado frágil a constituirse lentamente en un sólido de resistencia y dureza creciente. (Zabaleta, 1989)

El cemento a implementar en la siguiente investigación debe cumplir con la NCh 148 Of 68. Para su utilización como mortero de junta en albañilería.

2.6.3 Arena para albañilería

Los morteros de pega fabricados para la construcción de albañilería de ladrillo, están compuesto principalmente por un árido fino, denominado arena, la cual es un material pétreo, compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estable, se denomina fino porque el máximo tamaño que se puede incorporar en este tipo de conglomerantes no debe superar los 5 mm de diámetro, dependiendo del tipo de mortero a dosificar, la arena o árido puede ser separado en dos fracciones, una fina y otra un poco gruesa. (Zabaleta, 1989)

La arena debe cumplir con lo establecido en la NCh 163 Of. 1979. Con la excepción de la composición granulométrica, para lo cual se establece los criterios de la NCh 2256/1 Of. 2001.

2.6.4 Criterio de cumplimiento de banda granulométrica

Cuando la arena disponible cumpla con las bandas granulométricas de tabla N° 2.4 que corresponda según el mortero a fabricar, estas se pueden utilizar sin requerir ensayos previos de comportamiento.

Tabla Nº 2.4. Bandas granulométricas de las arenas, según Dn.

Abertura tamices según NCh 165, 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
0,315	10 – 30	10 – 35	15 – 40
0,160	2 – 10	2 – 15	2 – 20
Módulo de finura	3,38 – 2,15	2,83 – 1,75	2,38 – 1,40
Retenido entre tamices 0,315 y 0,160 mm	-	< 25	< 25
% retenido entre dos tamices sucesivos	< 45	< 45	< 45

Fuente: NCh 2256/1 Of. (2001).

2.6.5 Agua para albañilería

Debe cumplir con la NCh 1498. (NCh 2256/1 Of. 2001).

2.6.6 Aditivos

Si el aditivo a utilizar corresponde a uno de los tipos indicado en NCh 2182 Of. 1995, debe cumplir con los requisitos indicados en esa norma. Al utilizar cualquier otro aditivo, se debe comprobar que no afecta los requisitos del mortero según su uso. Para un mejor uso es recomendable que se sigan las instrucciones e informaciones proporcionadas por el fabricante.

2.6.7 Cal

Estas deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas NCh 1928 Of. 1993. albañilerías armada – Requisitos para el diseño y cálculos y NCh 2123 albañilería confinada – Requisitos para el diseño y calculo. Para los efectos de esta norma solo se acepta el uso de cales aéreas hidratadas e hidráulicas hidratadas, que cumplan los requisitos químicos y físicos establecidos en las normas antes mencionadas.

2.7 ADHESIVO

2.7.1 Aditivos comparado con adhesivos.

Los aditivos son productos que, añadidos en pequeñas proporciones al hormigón o al mortero en el momento del amasado, o en su superficie cuando aún están frescos, provocan modificaciones de sus propiedades habituales o de su comportamiento. El empleo de un aditivo no debe deteriorar las diversas características del hormigón o mortero (resistencia mecánica). Los aditivos se presentan en forma de polvo, líquido o pasta solubles al agua, la dosis varía según el producto y el efecto deseado, respetando las indicaciones del fabricante, las dosis varían entre un 0,1% y 5% del peso del cemento.
Por lo tanto los adhesivos que se ocuparan deben presentar la misma cualidad que los aditivos entre ellos el no variar las características del mortero con respecto a su resistencia mecánica.

2.7.2 Adhesivo papel mural

Metylan Universal es un adhesivo de papel mural que se ocupara para realizar la presente investigación, en el cual se incorpora al amasado de la mezcla para el mortero que se utilizara como junta en los eco-ladrillos, este adhesivo es comúnmente usado para pegar papeles ligeros, normal, pesado o vinílicos comercializado en Chile por cualquier tienda de materiales de la construcción y en ferreterías.

2.7.3 Descripción del producto

Metylan Universal es un producto elaborado en base a meticelulosa de alta calidad con fungicida, sirve para pegar papeles murales en diversas superficies tales como: hormigón, planchas de yeso cartón, asbesto cemento, madera, etc. Su contenido es de 125grs. Viene en polvo de color blanco. Este se mezcla con agua el cual forma un líquido viscoso transparente.

2.7.4 Dosificación

La dosificación que se presenta en la siguiente tabla es la que recomienda el fabricante para los diferentes campos de aplicación y es la que se tomara en cuenta para la siguiente investigación. La cantidad en litros esta en razón a los 125 grs. Que es el contenido del envase.

Tabla Nº 2.5. Dosificación recomendada por el fabricante.

Campo de aplicación	**Mezcla** (adhesivo : agua)	**Cantidad de agua (lts)**
Papeles ligeros	1:70	$8_{3/4}$
Papeles normales	1:60	$7_{1/2}$
Papeles pesados	1:50	$6_{1/4}$

Fuente: Propia, (2016).

Figura Nº 2.5. Metylan Universal (adhesivo papel mural).

Fuente: AGOREX, (2016).

2.7.5 Cola fría

Agorex cola fría es un adhesivo en apariencia parecida a la crema que al secarse se vuelve transparente, la cual se ocupara para realizar la presente investigación, en el cual se incorpora al amasado de la mezcla para el mortero que se utilizara como junta en los eco-ladrillos, este adhesivo es comúnmente utilizado por escolares para trabajos de manualidad y para pegar piezas de madera.

2.7.6 Descripción del producto

Agorex cola fría es un adhesivo espeso de color blanco, se limpia fácilmente de todas las superficies como por ejemplo de las manos, es soluble en agua y fácil de manipular, el contenido del pote es de 1 kilo.

2.7.7 Dosificación

La dosificación para agregar a la mezcla de amasado del mortero, fue en proporciones (cola fría : agua) 1:1 y 1:2.

Figura Nº 2.6. Adhesivo cola fría.

Fuente: AGOREX, (2016).

2.8 EXPERIMENTACIÓN MECÁNICA DE LOS MORTEROS

La resistencia mecánica de los morteros se mide mediante ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento de la NCh 158 Of 1969. El cual establece que se realizan ensayos a probetas prismáticas de 40x40x160 mm.

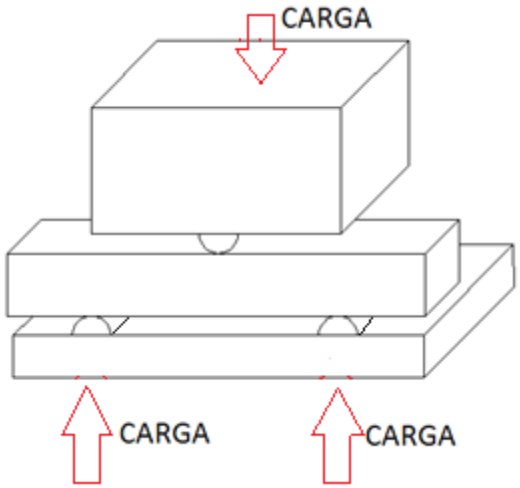
2.8.1 Resistencia a la compresión

En principio, el procedimiento para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero es el mismo utilizado para los hormigones.
Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el tamaño máximo del árido fino utilizado en el mortero no excede normalmente los 5 mm, entonces se utilizará como referencia la NCh 158 Of. 1967.

2.8.2 Medición de probetas a flexión

- La carga se aplica a través del rodillo superior con una velocidad de carga 5+/- Kg/sg.
- Los trozos rotos se conservan húmedos hasta el momento en que cada uno de ellos se someta al ensayo de compresión.

Figura Nº 2.7. Ensayo a flexión probeta 40x40x60 mm.

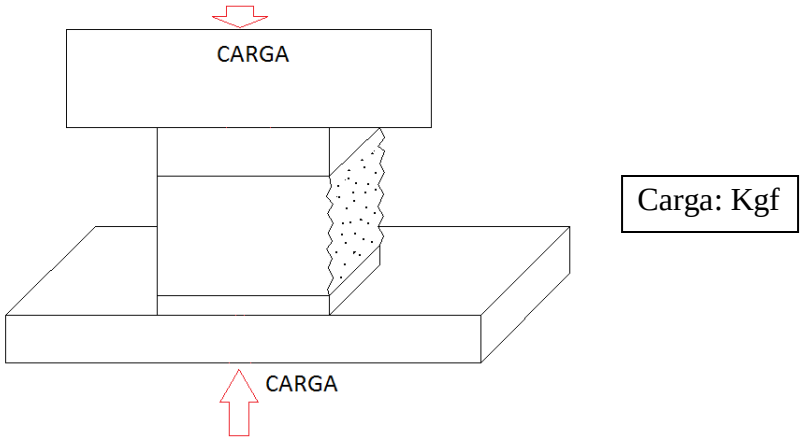


Fuente: NCh 158 Of. (1967).

2.8.3 Medición de probetas a compresión

- Cada trozo obtenido del ensayo a flexión se ensayara a la compresión en una sección de 40 x 40 mm.
- La velocidad de carga será tal que la presión sobre la probeta aumente entre 10 y 20 kg/cm2/s.

Figura Nº 2.8. Ensayo a compresión probeta 40x40 mm.



Fuente: NCh 158 Of. (1967).

2.8.4 Clasificación por grado de resistencia a la compresión

Los morteros se clasifican con respecto a su resistencia específica a compresión, medida en los trozos resultantes del ensayo por flexión a la edad de 28 días de la probeta de 40mm x 40mm x 160 mm (RILEM), como se indica en la tabla. Para esta investigación la norma indica que para albañilerías de bloques de hormigón el mortero debe tener una resistencia mínima de 10 MPA.
Se debe considerar que 1 MPa es equivalente a 10,19716 kgf/cm2.

Tabla Nº 2.6. Grados de morteros según la resistencia especifica de compresión a 28 días.

Grado de mortero	MPa
M 0,5	0,5
M 2,5	2,5
M 5,0	5,0
M 7,5	7,5
M 10,0	10,0
M 12,5	12,5
M 15,0	15,0
M 20,0	20,0
M 25,0	25,0
M 30,0	30,0

Fuente: NCh 2256/1 Of. (2001).

2.9 ADHERENCIA

2.9.1 Generalidades respecto a la adherencia

El mortero como junta en ladrillos desempeña un papel crucial en su funcionamiento estructural, debido a que es el responsable de mantener unidades monolíticamente los elementos conformadores de una albañilería.
Siendo Chile un país sísmico, la propiedad fundamental de los morteros de junta en las albañilerías es su adherencia con las unidades, fundamentalmente la adherencia capaz de resistir esfuerzos de cizalle y tracción debido a que estos se originan al someter los muros de albañilería a fuerzas horizontales.

La adherencia es la propiedad más importante del mortero de junta de albañilería en estado endurecido. Es también la más impredecible. El mortero tiene que desarrollar suficiente adherencia con las unidades para resistir los esfuerzos de tracción producidos por: las cargas de la estructura, sísmicas y del viento; los cambios de volúmenes de las unidades y los cambios de temperatura. En cuanto a los esfuerzos que debe resistir un muro de albañilería, los más significativos, dada las características sísmicas de nuestro país, corresponde a los esfuerzos horizontales, los cuales provocan fallas donde generalmente la resistencia al cizalle es menor, es decir, la interface mortero-unidad. La adherencia proviene del anclaje de cristales de cemento hidratado en los poros de las unidades, es decir, es de naturaleza exclusivamente mecánica, más que química o molecular. (Barrera, 2002)

La adherencia es uno de los grandes problemas que se presentan en la construcción de muros con eco-ladrillos debido a que el elemento botella presenta una superficie lisa en comparación con superficie de un ladrillo de arcilla o bloque de hormigón que actualmente se usa en la construcción, el mortero es capaz de traspasar por los poros de estos ladrillos haciendo que adquieran más resistencia.

2.9.2 Importancia de la adherencia en los muros de albañilería

Un muro de albañilería, a lo largo del tiempo, está expuesto a innumerables solicitaciones de carácter estructural, muchas de las cuales pueden ser cíclicas, constantes, repentinas o paulatinas. (Salazar, 1993)
Las solicitaciones de un sismo son de caracteres cíclicos, repentinos y de intensidad variable, que ponen en descubierto la capacidad resistente de un muro.
Junto con las solicitaciones de sismo, que son de carácter cíclico y repentino, existen otras solicitaciones que se manifiestan en forma paulatina y constante. Estas corresponden a tensiones internas de contracción y dilatación que ocurre en morteros y ladrillos en forma conjunta, y que se traducen en variaciones de longitud en los muros. Estas tenciones de contracción y dilatación que se generan en los muros, sin ser en nada violentas, terminan en la mayoría de los casos por producir fisuras en estos.

a.- Importancia frente a un sismo

La experiencia sísmica que caracteriza a Chile, deja constancia que el esfuerzo de corte es el que más afecta un parámetro durante un sismo. Ya que la tensión admisible al corte es la que predomina frente un movimiento sísmico, siendo un factor de gran importancia la adherencia entre mortero y las unidades de albañilería.

b.- Importancia de la adherencia frente a los cambios de longitud de los muros

La variación de las dimensiones de un muro de albañilería tiene mayor importancia a lo largo de un muro, y esta pueden ser impedidas con la incorporación de vigas, pilares y cadena además de las fundaciones de hormigón armado. Pero la retracción impedida mediante estos elementos que confinan al muro se transforma en esfuerzo de tracción en el muro, y si esto llegase a sobrepasar la resistencia a la tracción del mortero y/o la adherencia entre el mortero y ladrillo, se produciría el fisuramiento y posterior agrietamiento de dichos muros, debido a esto es que se busca siempre aumentar la adherencia mortero y unidades de albañilería.

2.10 SINGULARIDADES DE LA INVESTIGACIÓN RESPECTO A OTROS AUTORES

En la tabla Nº 2.7 se identifica las diferentes investigaciones que se han realizado con respecto a construcciones con eco-ladrillos, determinando las conclusiones que se han logrado y el aporte que se establece con la presente investigación realizada, en la Escuela de Construcción Civil.

Tabla Nº 2.7. Tabla de comparación de tesis.

Nº	Tesista	Tema	Objetivo	Conclusión	Aporte de la investigación
1	Geovanne Gallardo Vidal (2014)	Evaluación Técnico económica y resistencia al fuego de paneles fabricados con ladrillos ecológicos	Evaluar la resistencia al fuego de paneles elaborados con eco-ladrillos de conformación horizontal y vertical y realizar evaluación técnico económica para la solución constructiva.	En disposición horizontal en un panel de 0,56 x 0,59 x 0,36 (m) cumple con lo establecido en la NCh 935/1 Of. 97. en un rango de 0 a 102 minutos de exposición a una llama directa proporcionada por un soplete con Tº 784 ºC. En disposición vertical en un panel de 0,6 x 0,64 x 0,15 (m) cumple los requerimientos de la NCh 935/1 Of.97. en un rango de 0 a 102 minutos de exposición a una llama directa proporcionada por un soplete con temperatura máxima de 895 ºC.	La disposición horizontal de las botellas en la resistencia al corte demuestra cumplir lo establecido según la norma, pero que en ellas se emplea bastante mas material en sus juntas, botellas y que estos en conjunto son bastante mas pesadas que una albañilería convencional, además de agregar que las botellas y junta de mortero poseen mala adherencia demostrado en estudios realizados. La disposición vertical demuestra ser un buen aislante acústico, térmico, resistente al fuego y se emplea menos material (mortero y botellas) que la disposición horizontal. Son por estos factores que se desea emplear un nuevo tipo de configuración de muro de albañilería con la incorporación de botellas y mejorando la adherencia entre botella-mortero de pega.
2	Juan Pablo Gavilán Silva (2014)	Evaluación térmica y Acústica de paneles fabricados con ladrillo ecológico	Evaluar una propuesta de paneles de muro fabricado con botellas de plástico PET y material de desechos inorgánico como aislante térmico y acústico en recintos habitacionales.	En disposición horizontal, en aislación térmica tuvo una diferencia de Tº de 30,09 ºC. Aislación acústica tiene una diferencia de presión sonora de 46,2 dBA (nivel de ruido bajo). En disposición vertical, en aislación térmica tuvo una diferencia de temperatura de 20,68 ºC. aislación acústica tiene una diferencia de presión sonora de 28 dBa (Nivel Muy bajo).	
3	Charlotte Parra (2014)	Evaluación de la resistencia básica al corte en los muros construidos con ecoladrillos	Evaluar la resistencia básica al corte de muros de albañilería construidos con eco-ladrillos.	En disposición horizontal en un murete de 0,6 x 0,6 x 0,36 (m), ensayado a compresión diagonal con sistema de amarre y sin sistema de amarre. Sin amarre dio un valor de 0,21 Mpa y con amarre 0,23 Mpa dentro de la norma para ladrillos de bloque la resistencia al corte debe de ser de 0,20 Mpa.	

Fuente: Propia, (2016).

A partir de la comparación de los diferentes estudios realizados, se ha establecido los nuevos objetivos y alcances desarrollados en la presente investigación. El cual busca incorporar adhesivos a la mezcla de mortero de pega para que aumente la adherencia entre mortero y unidad de ladrillo. Además de complementarlo con identificar el esfuerzo al corte en disposición vertical para así emplear menos material ya sea botellas y mortero de pega.

CAPITULO III

PROCESO DESCRIPTIVO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario dividir en sub-etapa la parte experimental ya que con esto tendremos un orden de los tipos de ensayos a realizar y en que secuencia seguir (Ver tabla N° 3.8).

Desarrollo 1: Verificación de la granulometría del árido que se ocuparan para la confección de las probetas.

- Se determina la granulometría de la arena para identificar que cumpla con los rangos impuesto por las normas NCh 165 Of.1977 – Áridos para morteros y hormigón: tamizado y determinación de la granulometría.
- Luego de realizada la granulometría se procede a la dosificación de morteros por requisitos según el manual de morteros.

Desarrollo 2: Ensayos de morteros en estado endurecido

- Se prepara la mezcla con las dosificaciones ya establecidas anteriormente según adhesivo papel mural y cola fría (Ver tabla 2.5 y punto 2.7.7).
- Se ensayan las probetas rilem a los 28 días a flexión y a compresión.

Desarrollo 3: Ensayos a cizalle a probetas de botella-mortero de pega.

- Preparación de probetas para someterlas a compresión.
- Se determina la resistencia a la adherencia.

Desarrollo 4: Ensayo de resistencia al corte a muretes de albañilería.

- Se elabora un murete de 63x63x14 cm (Ver figura N° 4.31).
- Se somete a compresión diagonal (Ver figura N° 4.33).

Para la elaboración de estos nuevos morteros de pega modificados con eco-ladrillos en su interior, Se requiere identificar una respuesta a los ensayes a la resistencia, con el propósito de cumplir exigencias (cumplir las resistencias mínimas) para el objetivo de ser usado como muro de albañilería.

3.1.1 Cantidad de muestras y probetas

Desarrollo 1: En esta etapa es necesario obtener una muestra representativa de la arena que se utilizó para verificar que está cumpliendo con la banda granulométrica exigida por la Norma Chilena 167 Of. 2001 (Ver punto 4.1).

Desarrollo 2: Se necesitó confeccionar tres probetas por cada tipo de mezcla (papel mural y cola fría) según lo especificado en la norma NCh 158 Of. 1967 para morteros.

Desarrollo 3: Para cada tipo de mezcla de probetas se necesitan tres ensayos a cizalle. (Ver punto 4.5).

Desarrollo 4: Se confeccionan seis muretes según lo especificado en la norma NCh 2123 Of 2003 (Ver figura N° 4.32).

Tabla Nº 3.8. Cantidades de muestras y probetas.

Etapa	Ensayo	Tipo de Muestra	Cantidad
Desarrollo 1	Granulometría	Representativa	500 – 1000 grs (muestra)
Desarrollo 2	Flexión y compresión	Probeta rilem 16x4x4 cm	54 (probetas)
Desarrollo 3	Cizalle (método alternativo)	Por tipo de mezcla	18 (probetas)
Desarrollo 4	Resistencia al corte	Murete 63cm x 63cm	6 (probetas)

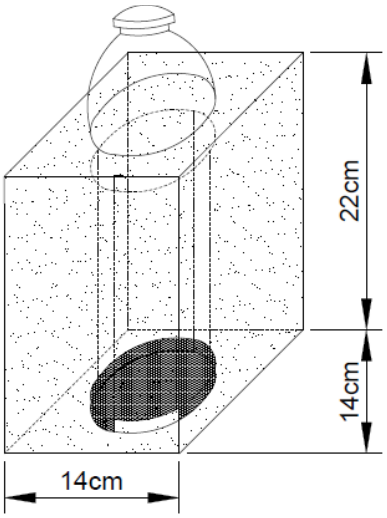
Fuente: Propia, (2016).

3.2 DISEÑO DE LAS PROBETAS

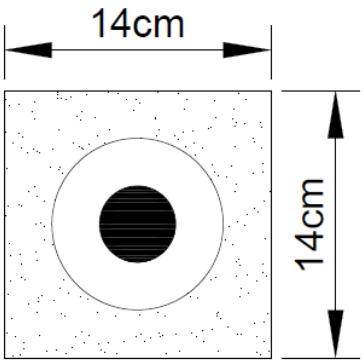
En la figura N° 3.9 se muestran el diseño de las probetas de botellas-mortero de pega en tres vistas (3D, planta y elevación). Este nueva probeta busca reflejar cómo actúa en un muro de albañilería confinada el cual el elemento botella está envuelta con el mortero de junta. Pero esta probeta para este ensayo no va a estar totalmente envuelta con el mortero ya que para este estudio se tomara el área de esfuerzo en las partes plana de la botella hexagonal.

Esta probeta posee dimensiones de 14cm x 14cm x 22cm y que en su parte inferior posee una abertura que facilitó el ensayo de cizalle donde se incorporó una pieza de plumavit de 9cm de diámetro y 1cm de espesor.

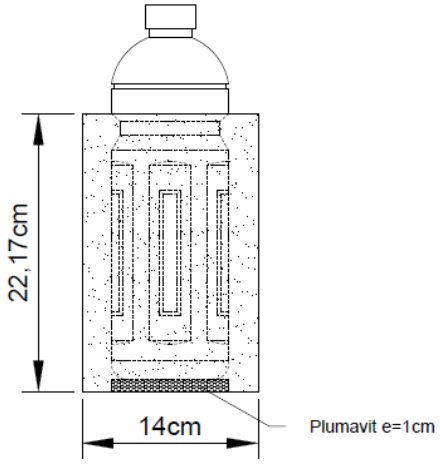
Figura Nº 3.9. Diferentes vistas del modelo de las probetas.



VISTA 3D



PLANTA



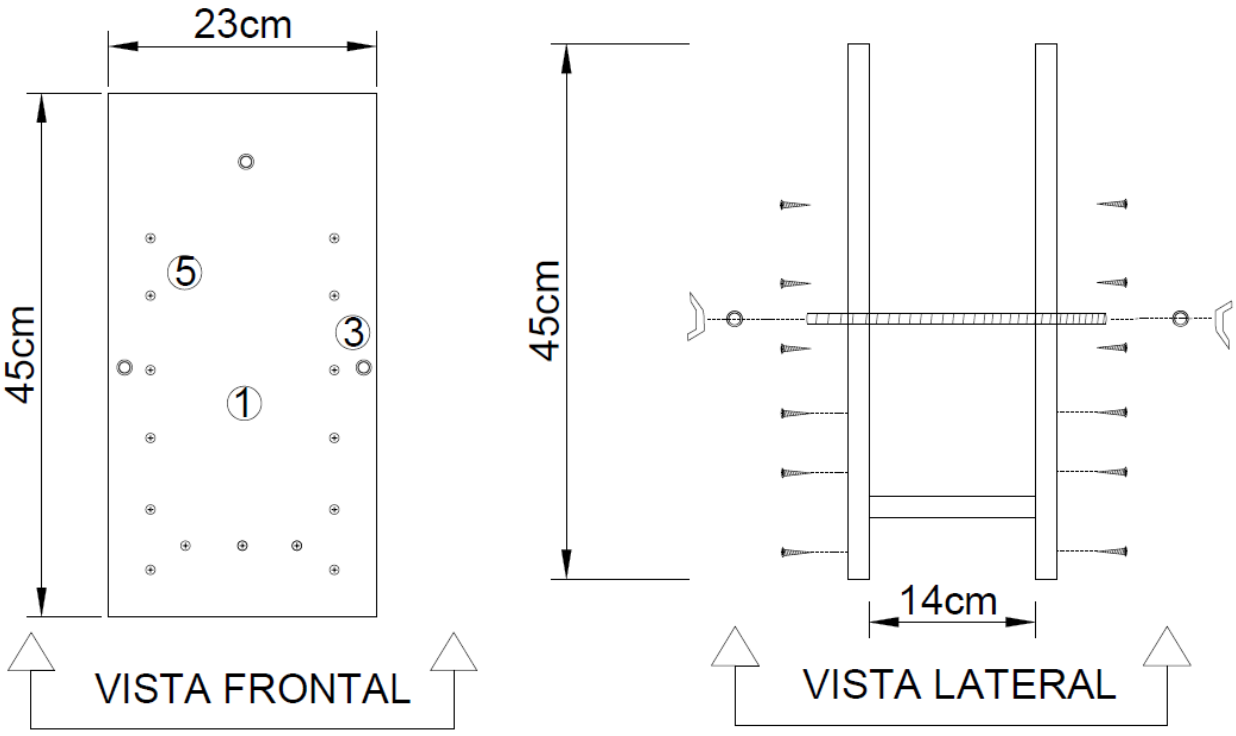
ELEVACIÓN

Fuente: Propia, (2016).

3.3 DISEÑO DE MOLDAJE PARA ECO LADRILLO CON MORTERO DE PEGA

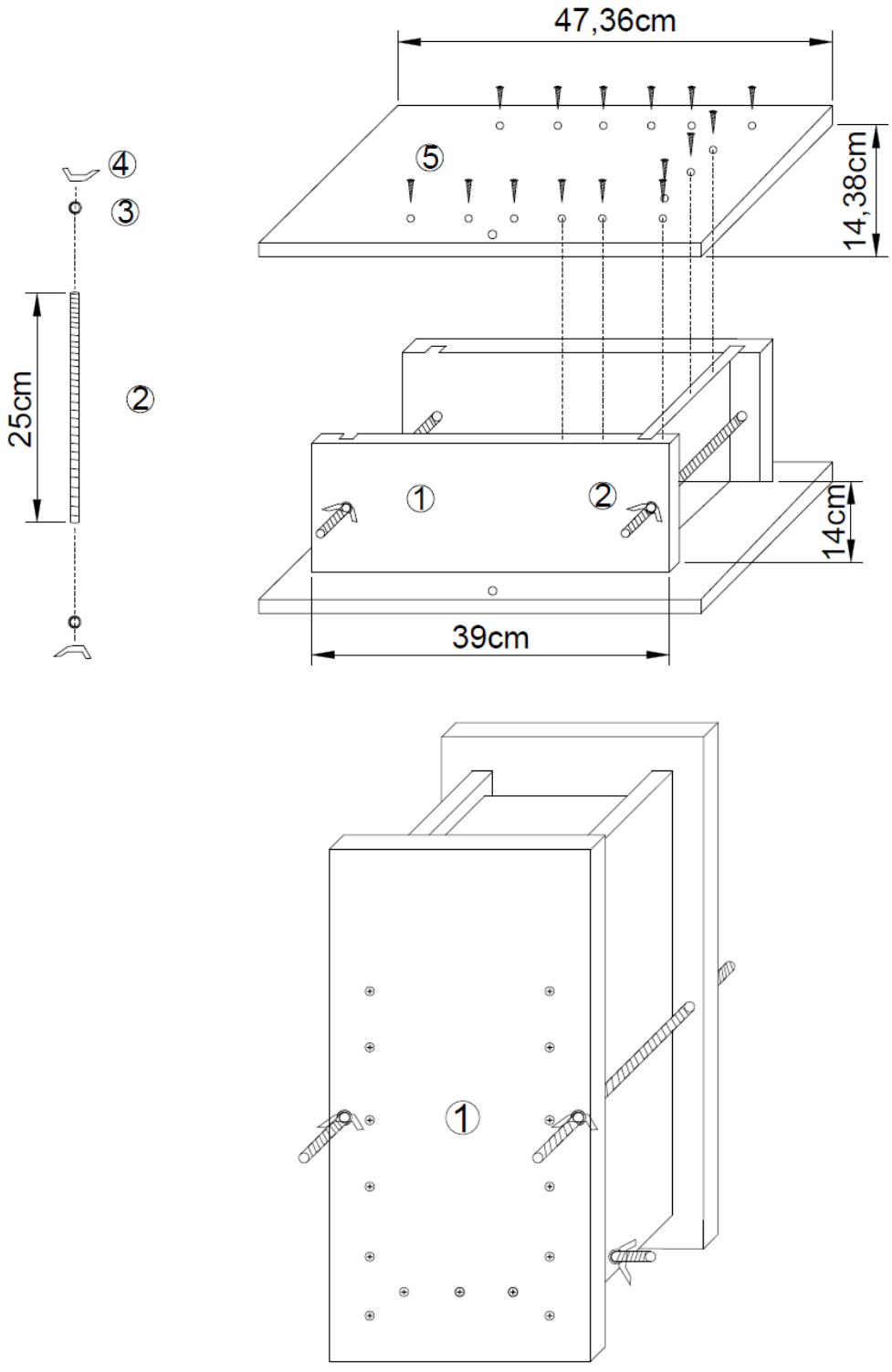
Para la fabricación de las probetas de eco-ladrillo con el contorno relleno de mortero de pega es necesario fabricar moldes, estos estarán hechos de terciado de madera con un sistema de fácil desarmar para no dañar las aristas de la probeta, para esto contamos con hilo medio, golilla y tuerca mariposa. Debe contener las condiciones mínimas para una buena compactación de la mezcla que se incorporara en ellas ser rígido, soportar la fuerza de compactación y ser impermeable. Se elaboraran un total de tres moldajes con esto se busca fabricar 3 probetas por día y de cada combinación de adhesivos, una vez llenado el molde será desmoldado a las 24 horas para su posterior curado. Después de los 7 días desde su fabricación se ensayaran.

Figura Nº 3.10. Vista de moldes para probetas de eco-ladrillo.



Fuente: Propia, (2016).

Figura Nº 3.11. Armado del molde y piezas que lo componen.



Fuente: Propia, (2016).

Materiales:

❶: Terciado de madera para moldaje de 18mm espesor.
❷: Hilo medio ¼ pulg.
❸: Golilla ¼ pulg.
❹: Tuerca mariposa ¼ pulg.
❺: Tornillo para madera 1 ¼ pulg.

3.4 DOSIFICACIÓN

3.4.1 Generalidades

Para dosificar morteros se pueden ocupar dos sistemas uno por proporciones y el otro por requisitos.

Dosificación por proporciones: En este tipo de dosificación el proyectista es quien establece las proporciones en las cuales se integran los materiales ya sea en volumen o pesos las proporciones se hacen de la siguiente manera cemento : arena.

Dosificación por requisitos: En este tipo de dosificaciones el proyectista es quien establece las propiedades que debe tener este mortero con respecto a su resistencia y trabajabilidad final del mortero una vez colocado y posteriormente endurecido.

3.4.2 Procedimiento para la dosificación

Para dosificar un mortero se debe saber en primera instancia el módulo de finura de la arena la cual se realiza mediante la granulometría estudiada.
El porcentaje de incorporación de la cal es otro de los datos importantes para realizar la dosificación que en este caso no se usara cal debido a que se trata de un mortero tradicional utilizado en obra la cual mayormente no la lleva.

La fluidez es otro de los datos que se deben tener presente para ingresar a la tabla de contenido de agua y aire la cual está dada por la norma Nch 2256/1 Of. 2001 – Morteros: Requisitos generales (Ver tabla N° 3.10).

Tabla Nº 3.9. Consistencia de la masa de mortero.

Fluidez	Mesa de sacudidas mm.
Baja	≤130
Media	140-175
Alta	180-195
Muy alta	200-220

Fuente: Nch 2256 Of. (2001).

A partir de la tabla del manual de morteros se puede identificar la cantidad de agua de amasado y la cantidad de aire según el módulo de finura de la arena y la cantidad de cal incorporada.

Tabla Nº 3.10. Tabla de cantidad de agua y aire.

	MF = 3.20			MF = 2.70			MF = 2.20			MF = 1.80			H
% de cal	< 25	25–50	>50	< 25	25–50	>50	< 25	25–50	>50	< 25	25–50	>50	
ARENA TAMAÑO MAXIMO 5 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l/m³)												
baja	260	265	270	280	285	290	310	315	320	350	355	360	30
media	270	275	280	290	295	300	320	325	330	360	365	370	30
alta	290	295	300	310	315	320	340	345	350	380	385	390	40
muy alta	310	315	320	330	335	340	360	365	370	400	405	410	40
ARENA TAMAÑO MAXIMO 2.5 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l/m³)												
baja	295	300	305	315	320	325	345	350	355	385	390	395	40
media	305	310	315	325	330	335	365	370	375	405	410	415	40
alta	325	330	335	345	350	355	375	380	385	415	420	425	50
muy alta	345	350	355	365	370	375	395	400	405	435	440	445	50
ARENA TAMAÑO MAXIMO 1.25 mm													
fluidez	Dosis de agua y aire (l/m³)												
baja	335	340	345	355	360	365	385	390	395	425	430	435	50
media	345	350	355	365	370	375	395	400	405	435	440	445	50
alta	365	370	375	385	390	395	415	420	425	455	460	465	60
muy alta	385	390	395	405	410	415	435	440	445	475	480	485	60

Fuente: Manual de morteros, (1989).

La resistencia requerida para confeccionar los morteros deben ser mayor a la especificada por el proyectista ya que la razón agua/cemento para la resistencia requerida puede que no cumpla con lo estipulado en la norma como resistencia mínima de morteros para bloques debido que en obra existe un dispersión en su elaboración, es por ello que se considera un factor de seguridad que sumado a la resistencia requerida se obtiene una resistencia media.

$$Rm = Re + s * t \ \text{(kg/cm}^2\text{)}$$ Fórmula 1

Donde:

Rm = Resistencia media (kg/cm^2)
Re = Resistencia especificada por el proyectista (kg/cm^2)
s = Desviación típica probable de la obra puede variar entre 30 y 50 (kg/cm^2)
t = Nivel de confianza

Tabla Nº 3.11. Nivel de confianza.

Nivel de confianza	t
95%	1,645
90%	1,282
85%	1,036
80%	0,842

La razón agua/cemento es determinante para la resistencia requerida del mortero a los 28 días.

Tabla Nº 3.12. Tabla de razón agua/cemento.

Razón agua/cemento	Resistencia media requerida a 28 días (kg/cm^2)	
	Cemento corriente	Cemento alta resistencia
0,45	390	495
0,50	335	415
0,60	240	300
0,70	185	230
0,80	140	170
0,90	100	125
1,00	75	95
1,10	55	70
1,20	40	50
1,30	25	35

Fuente: Manual de morteros, (1989).

3.4.3 Ecuación para dosificación por requisito

Se debe realizar la dosificación de morteros por requisitos para que cumpla la resistencia que se quiere lograr de 100(kg/cm^2). Resistencia mínima que debe tener un mortero para albañilería según la norma NCh 2123 Of 2003 "Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo" el mortero debe ser un M10 para bloques. Es necesario emplear la norma NCh 170 Of. 1985 – Hormigón requisitos generales. Para determinar la dosificación de un mortero debe partirse de la relación básica que establece que la suma de los volúmenes absolutos de sus componentes conforma el volumen total del mortero.

En la siguiente formula se expresa la ecuación básica para la dosificación de un m^3 de mortero:

$$\frac{C}{cp} + \frac{K}{pk} + \frac{F}{pf} + A + H = 1000\ (litros)$$

Fórmula 2

Donde:

C = Cantidad de cemento (kg)
Cp = Peso específico real del cemento (kg/lts)
K = Cantidad de cal (kg)
Pk = Peso específico real de la cal (kg/lts)
F = Cantidad de arena (kg)
Pf =Peso específico real de la arena (kg/lts)
A = Cantidad de agua (lts)
H = Contenido de aire (lts)

Para realizar la formula se necesitan los pesos específicos real del cemento, arena y la cal. La cual se entrega en la siguiente tabla:

Tabla Nº 3.13. Pesos específicos de los materiales.

Material	Peso específico real (kg/lts)
Cemento	3,00
Cal	2,45
Arena	2,65

3.5 ENSAYO DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE MORTEROS

Para ocupar morteros en las albañilerías es necesario verificar que la resistencia sea igual o mayor a la que menciona la norma para ser usada en albañilerías de bloques de hormigón, fabricando las probetas se deberá sacar una muestra de mortero para luego ser ensayado en primera instancia a flexión y luego a compresión. Los moldes y máquinas de ensayo a flexión y compresión que se ocuparan son los que se encuentran en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso.

3.5.1 Moldes para morteros

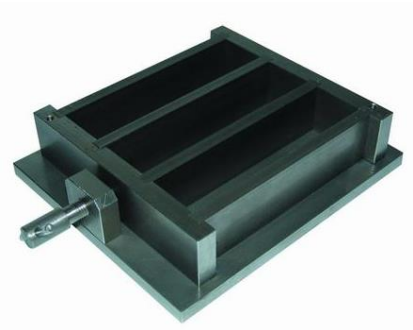
Los moldes deben tener dimensiones estipuladas por la norma NCh 158 Of. 1967 – Ensayo a flexión y compresión de morteros de cemento. Las tolerancias en su largo, ancho y ato son las que se mencionan a continuación.

$$longuitud\ l = 160mm, tolerancia\ \pm 0{,}4mm$$

$$ancho\ a = 40mm, tolerancia\ \pm 0{,}1mm$$

$$altura\ h = 40mm, tolerancia\ \pm 0{,}1mm$$

Figura Nº 3.12. Molde metálico para morteros.



Fuente: PROETI, equipos de laboratorios para ensayo de materiales, (2016).

Alcances:

- El molde se debe cubrir con una delgada capa de aceite para evitar que se adhiera al molde.
- Se llena por capas la primera capa de 320 grs. directamente de la mezcladora se vibra y se procede a colocar la segunda capa la cual se enrasa y compacta.
- Se deben identificar cada probeta.
- Los moldes se deben cubrir con una plancha de material no absorbente para evitar la evaporación del agua.
- Las probetas desmoldadas se sumergirán en posición vertical en agua detenida saturada en cal durante 28 días.
- Las probetas se sacaran del agua menos de 15 minutos antes del ensayo.

3.5.2 Máquina de ensayo a flexión

Esta máquina cuenta con tres rodillos, dos en la parte inferior separadas a una distancia de 100 mm y un superior en el medio de los dos rodillos anteriores.

Figura Nº 3.13. Maquina ensayo a flexión.

Fuente: Propia, (2016).

3.5.3 Tabla de resultados

La norma establece que por cada tipo de mortero se debe realizar como mínimo 3 probetas determinando su carga que se expresa en kg y sacar su resistencia multiplicando la carga por 0,234, luego se saca un promedio entre estas tres probetas y ese valor es el que se tomara en cuenta. Las probetas que se fabricaran se ensayaran a los 7,14 y 28 días.

Tabla Nº 3.14. Tabla ensayo a flexión.

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1						
2						
3						
Promedio:						

Fuente: Propia, (2016).

3.5.4 Máquina de ensayo a compresión

Esta máquina cuenta con una placa superior e inferior de 40 x 40 mm, que es la sección a la que será sometida el mortero una vez ensayado a flexión.

Figura Nº 3.14. Máquina ensayo a compresión.

Fuente: Propia, (2016).

3.5.5 Tabla de resultados

Una vez ensayado las probetas rilem a flexión esta se parten en dos trozos se tomara uno de esos dos y se someterá a compresión determinando su carga y su resistencia posteriormente dividiendo la carga por el área que fue sometida la que es de 16 cm^2, de la sección de 40x40mm.

Tabla Nº 3.15. Tabla ensayo a compresión.

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
Promedio:						

Fuente: Propia, (2016).

3.6 ENSAYO PROBETAS A CIZALLE

Como en ninguna parte del mundo existe una norma para ensayar este elemento es que se debe diseñar un ensayo alternativo para verificar el grado de adherencia mediante un ensayo de cizalle. Para esto es necesario tomar como referencia la norma Nch 167 Of. 2001. Para ladrillos cerámicos.
Para este ensayo se diseña una probeta que simule las dimensiones que tiene en un muro de albañilería con eco-ladrillos, estas dimensiones son de 14cm x 14cm x 22cm. En la cual la parte superior estará sin recubrir para someterla a compresión y en la parte inferior estará descubierta para que el elemento pueda salir sin resistencia del mortero de pega.

3.6.1 Ensayo a cizalle

La cantidad mínima de probetas realizadas para el ensayo es de 3 unidades. Para el ensayo de cizalle se someterá a compresión mediante una prensa provista de rótulos, con platos de acero que garantice un reparto uniforme de carga.
Luego de transcurrir los 7 días desde la fabricación de las probetas estas se deberán preparar mediante un refrentado en la parte inferior de la probeta. La cual se debe refrentar con una pasta de yeso-cemento de proporción 1:1 en peso. El espesor de la capa de refrentado debe asegurar la obtención de la planeidad y paralelismo de la base de apoyo. La capa de refrentado no debe ser mayor de 10mm. El refrentado se debe realizar por lo menos 48 horas antes de efectuar el ensayo.
El ensayo se realiza controlando la velocidad de aplicación de carga, la que no debe ser mayor de 1 MPA por minuto.

3.6.2 Expresión de resultados

La tensión de adherencia se calcula según la expresión siguiente:

$$A = \frac{P}{S}$$ Fórmula 3

Donde:

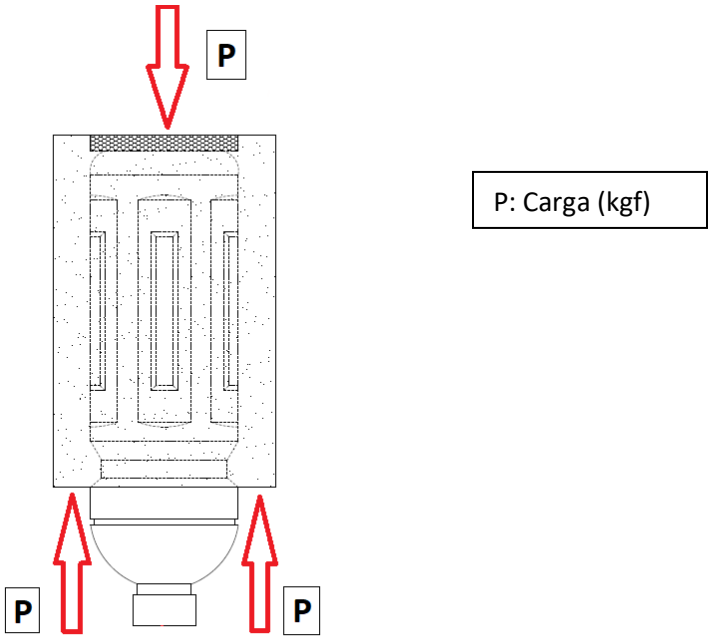
A = Adherencia en, kg/cm^2
P = Carga máxima indicada por la maquina en kg.
S = Área bruta total de las superficies de pega en cm^2.

Tabla Nº 3.16. Modelo de Tabla de resultados a adherencia.

Nº Probetas	Carga (kgf)	Área (cm^2)	Resistencia (kg/cm^2)
1			
2			
3			
Promedio:			

Fuente: Propia, (2016).

Figura Nº 3.15. Ensayo a cizalle.



Fuente: Propia, (2016).

3.7 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES

Para la realización del ensayo de compresión diagonal por la norma NCh 2123 Of.2003 – Albañilería confinada: Requisitos de diseño y cálculo. Especifica que se deben realizar 5 probetas y la resistencia a la compresión se determina con la siguiente fórmula:

$$\tau m = \frac{\cdot}{x} - 0{,}431\ (x5 - x1)$$

Formula 4

Donde:

$\frac{\cdot}{x}$ = Resistencia promedio de los cinco muretes ensayados.

x5, x1= El mayor y el menor valor de resistencia obtenido de los ensayos.

3.7.1 Tabla de resultados

En la presenta tabla se debe identificar la probeta, la carga de agrietamiento que fue sometida y su resistencia.

Tabla Nº 3.17. Modelo de Tabla de resultados resistencia al corte.

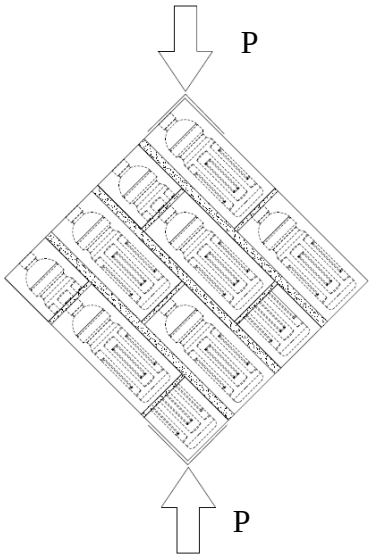
Nº probeta	Carga (N)	Resistencia (kg/cm^2)
1		
2		
3		
4		
5		

Fuente: Propia, (2016).

Alcance:

- La longitud de las aristas debe ser mayor o igual a 60 cm, debiendo tener por lo menos 4 hiladas.
- El curado de las probetas se debe realizar cubriéndolo con polietileno durante los primeros 14 días, luego se puede descubrir.
- Se debe refrentar la zona de apoyo del cabezal con una pasta de yeso, de espesor menor o igual a 4mm el cual debe colocarse 24 horas antes del ensayo.
- El ensayo se debe realizar a los 28 días.

Figura Nº 3.16. Disposición del murete sometido a ensayo de compresión diagonal.



P: peso (kgf)

Fuente: Propia, (2016).

3.8 MATERIALES UTILIZADOS Y ALCANCES

Para la presente investigación fue necesario recopilar ciertos materiales para su realización, la confección de distintos moldes y conseguir equipos.

- Se utilizaron 90 botellas plásticas PET desechable de la forma hexagonal de 1,5 lts. Que tienen dimensiones de 9 cm de diámetro y 30 cm de alto. La cual fueron mayormente conseguidas en contenedores de recintos públicos.

- Se necesitó 45,9 kg aproximadamente de desechos plásticos (bolsas y envases de envoltorio) para rellenar las botellas plásticas. La cual fue mayormente conseguida en los desechos domiciliarios, desechos de grandes tiendas.

- Para la realización de ensayos de rilem, cizalle y muretes se utilizaron 425,14 litros de mezcla.

- Se ocuparon 500,19 grs. de adhesivo Metylan Universal.

- Se utilizó 2,85 kilos de cola fría.

- Se necesitó confeccionar 2 perfiles metálicos para el ensayo de compresión diagonal de 4 mm de espesor con alas de 14 cm de largo y 16,5 cm de ancho

- Fue necesario conseguir una gata hidráulica de botella de 50 toneladas. Con manómetro adaptado.

- Una plancha de terciado moldaje pino genérico de 1,22m x 2,44m x 18mm. para lo cual se construirán un total de 3 moldajes. Además del terciado será necesario también 9 hilos medios 1/4 de 1 metro cada uno. También 18 Golillas de ¼, 18 tuercas mariposas y tornillos punta fina de 1”$^{1/4}$ alrededor de 100 unidades.

- Para los moldes de los muretes (escantillón) se necesitó 6 listones de pino cepillado de 1”x4” de 3,20 metros. Además de tornillos de 1”$^{1/4}$ alrededor de 100 unidades.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

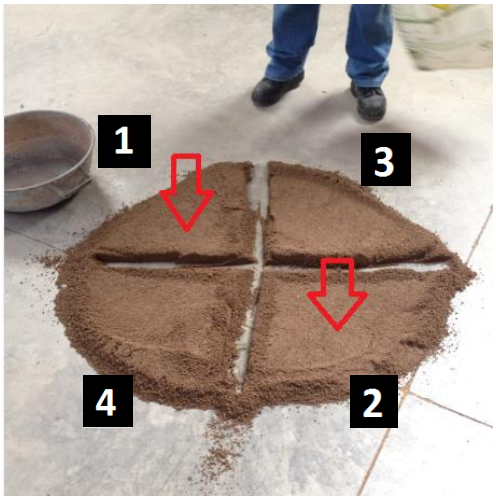
4.1 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA

La arena es uno de los materiales que más se ocuparan para la presente investigación en la que se utilizara para la confección de los bloques de hormigón y para el mortero de pega. En el caso del mortero de pega la norma NCh 2256/1 Of 2001. – Morteros: Requisitos generales, establece los rangos que debe tener la arena con respecto al porcentaje que pasa.

4.1.1 Procedimiento para ensayo

Para realizar el ensayo de granulometría se vació el saco con el contenido de arena húmeda en el suelo de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad de Valparaíso. La cual se mezcló y se forma un circulo ayudado por un balde, luego se procede a un cuarteo, el que consiste en dividir la arena en cuatro partes se saca la muestra de las dos partes opuestas, se coloca en una bandeja metálica y se deja secar en un horno a 110ºC por 24 horas.

Figura Nº 4.17. Cuarteo de la arena en estado húmedo.

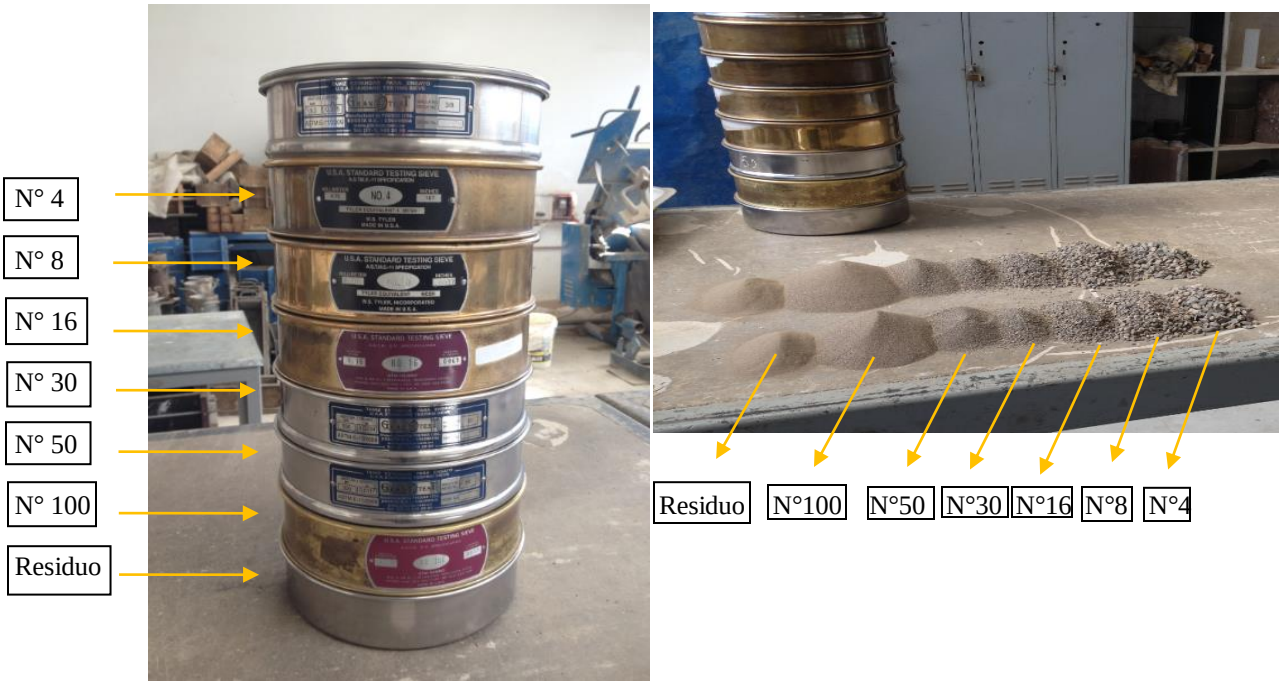


Fuente: Propia, (2016).

Al día siguiente de secar la arena en el horno se saca de este y se deja enfriar por algunos minutos, luego se deposita sobre la mesa de trabajo y se vuelve a realizar el cuarteo de la arena ya que la norma NCh 165 Of. 1977 – Árido para morteros y hormigón: tamizado y determinación de la granulometría. Especifica que la muestra para arenas debe ser como mínimo de 500 grs y se deben hacer dos muestras gemelas y sacar la medio aritmética entre la granulometría de ambas muestras.

La muestra para realizar la granulometría uno es de 953,3 grs. La granulometría dos es de 1.332,9 grs. La cual es tamizada por 7 tamices de aberturas según NCh 167 Of. 2001. Cada contenido de arena que se queda en ella debe ser pesada y registrada en la hoja de cálculo.

Figura Nº 4.18. Orden de tamices y arena retenida.



Fuente: Propia, (2016).

La granulometría estudiada se entrega en la siguiente tabla con el cumplimiento de la banda granulométrica.

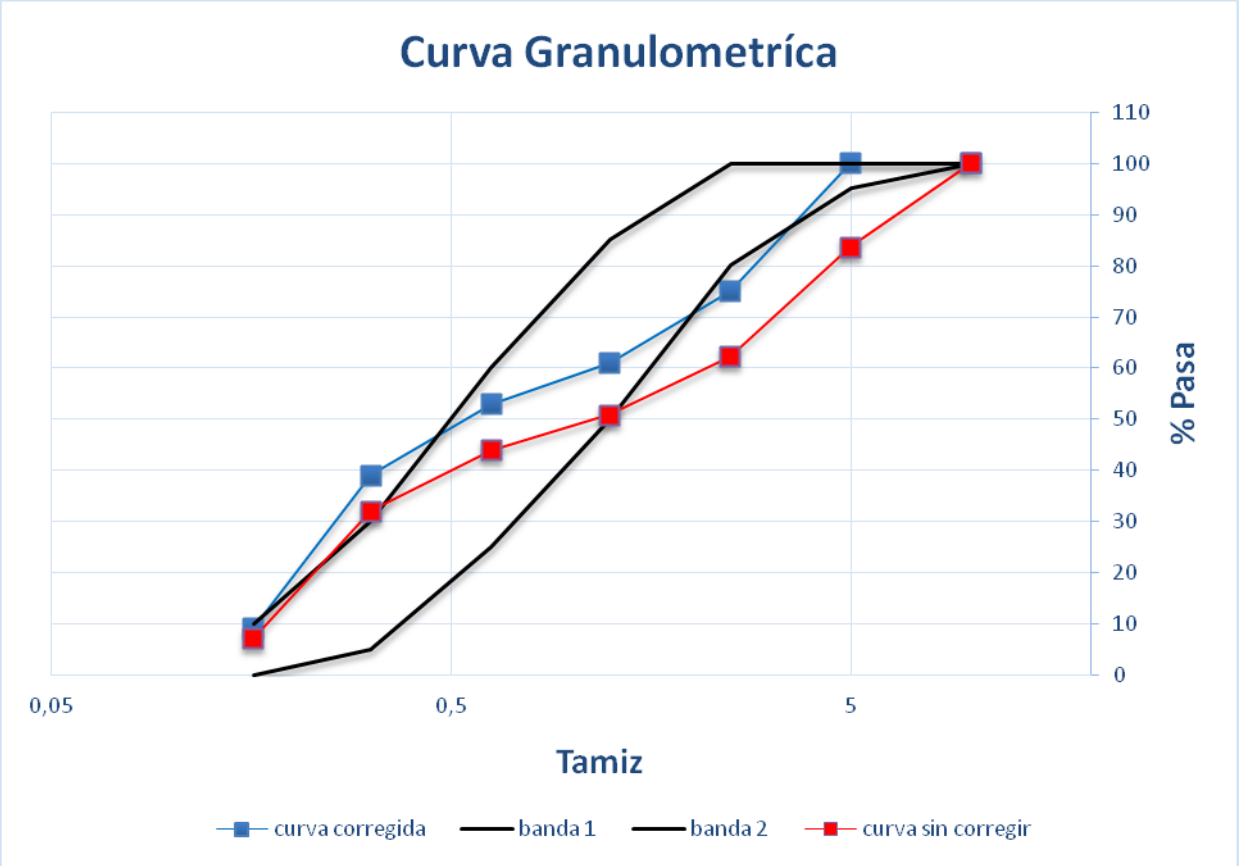
Tabla Nº 4.18. Granulometría de la arena.

		Granulometría 1					Granulometría 2					Banda granulometríca Nch 163 of. 2013 % pasa		Mezcla
Tamices		**Retenido**			% Pasa	Corrección	**Retenido**			% Pasa	Corrección			
NCh (mm)	ASTM (Pulg.)	Peso Ret. gr.	% Retenido	% Retenido Acum			Peso Ret. gr.	% Retenido	% Retenido Acum					% pasa
10	3/8"	0	0,0	0	100	100	0	0,0	0	100	100	100	100	100
5	Nº 4	154,8	16,3	16,3	84	100	218,8	16,5	16,5	84	100	95	100	84
2,5	Nº 8	201,7	21,2	37,5	62	75	286,5	21,6	38,0	62	74	80	100	62
1,25	Nº16	107,1	11,3	48,8	51	61	153,4	11,6	49,6	50	60	50	85	51
0,63	Nº 30	66,1	7,0	55,8	44	53	90,0	6,8	56,4	44	52	25	60	44
0,315	Nº 50	113,4	11,9	67,7	32	39	158,00	11,9	68,3	32	38	5	30	32
0,16	Nº 100	238,5	25,1	92,8	7	9	327,00	24,6	92,9	7	8	0	10	7
Residuo		68,4	7,2	100,0	0	0	94,40	7,1	100,0	0	0			
Masa real		950,0					1328,1							
Masa inicial		953,3					1332,9							
% Error		0,35					0,36							
Tanteo					1,00					1,00				
Modulo de finura		MF: 2,67					MF: 2,68							MF: 2,68

Fuente: Propia, (2016).

En el presente grafico se presenta la curva granulométrica obtenida de la arena utilizada para el estudio de la presente investigación teniendo en cuenta que es la media aritmética de las dos granulometrías que se le realizo. Entre estas curvas esta la primera que se realizó y la segunda con corrección por el no cumplimiento de la banda.

Gráfico N° 4.1. Gráfico de curva granulométrica.



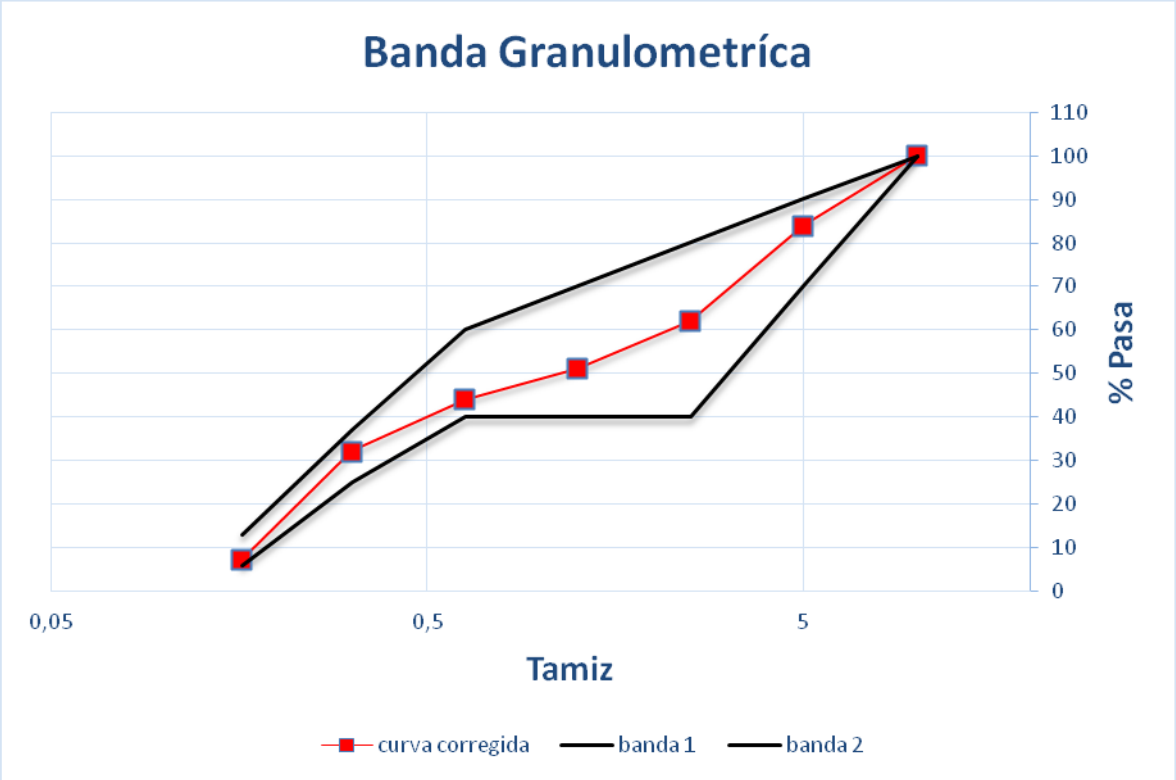
Fuente: Propia, (2016).

4.1.2 Observación de granulometría con respecto a la norma

Mediante el peso retenido se puede determinar el contenido que pasa por cada tamiz de la granulometría de la arena mediante la media aritmética de la granulometría uno y dos. En el grafico N° 4.1 se puede observar que la curva de la arena no cumple la banda granulométrica y esta se escapa en tres puntos en la malla 5mm, 2,5mm y 0,315mm. La norma establece que si no se cumple la banda granulométrica se puede efectuar una corrección esto quiere decir que en vez que pase el 100% en la malla 10mm ahora pasara el 100% por la malla 5mm. Al efectuar esta corrección se demuestra en el grafico que la curva aún sigue afuera de la banda en dos puntos antes mencionado. Por lo que es necesario recurrir a la norma Nch 163 Of 2013. En el anexo B de la presente norma establece los tipos granulométricos de la arena que además de la granulometría normal están otras presente como la son muy gruesa, gruesa, media gruesa, fina, muy fina, discontinua.

La única banda que cumple con el porcentaje que pasa de la arena es la arena media gruesa. Esto quiere decir que es una arena que tiene mayor cantidad de granos de tamaño gruesos esto lleva a que su resistencia es mayor que una arena normal. Por lo tanto esta es arena que si se puede ocupar.

Gráfico N° 4.2. Gráfico de curva granulométrica.



Fuente: Propia, (2016).

4.1.3 Densidad, absorción y humedad de la arena

La densidad, absorción y humedad de la arena también fueron determinadas para determinar las cualidades que tiene este tipo de arena que se utilizara la que se realiza según la norma NCh 1239 Of. 1977 – Árido para morteros y hormigones: Determinación de las densidades real y neta de la absorción de agua de las arenas.
La norma indica que para la aplicación de estos ensayos se deben hacer muestras gemelas y sacar el promedio de ambas.

Tabla Nº 4.19. Densidad, absorción y humedad de la arena.

DENSIDAD Y ABSORCIÓN

Muestra gemelas	**D** Masa seca **(g)**	**E** Masa SSS **(g)**	**F** Masa matraz + agua **(g)**	**G** Masa matraz + muestra + agua	**ρRSSS kg/m3**	**ρRS kg/m3**	**ρN kg/m3**	**Absorción del agua %**
Ensayo 1	101,7	103,2	684,7	748,4	2.612,7	2.574,7	2.676,3	1,47
Ensayo 2	119,5	121,3	659,0	733,6	2.597,4	2.558,9	2.661,5	1,51
				Promedio:	2.605,0	2.566,8	2.668,9	1,49

Simbología

ρRSSS = Densidad real del árido saturado sup. Seco (kg/m3)
ρRS = Densidad real del árido seco (kg/m3)
ρN = Densidad neta (kg/m3)

Fuente: Propia, (2016).

También se calculó la densidad aparente de la arena dando los siguientes resultados.

Tabla Nº 4.20. Densidad aparente de la arena.

DENSIDAD APARENTE

Muestra gemelas	**H** Masa árido compac. + medida **(kg)**	**I** Masa árido suelto + medida **(kg)**	**J** Masa medida **(kg)**	**K** Volumen medida **(m3)**	**ρac kg/m3**	**ρas kg/m3**
Ensayo 1	3408,9	3274,3	1512,0	1003	1,89	1,76
Ensayo 2	3408,4	3274,8	1512,0	1003	1,89	1,76
				Promedio:	1,89	1,76

Simbología

ρac= Densidad aparente compactada(kg/m3)
ρas= Densidad aparente suelta (kg/m3)

DETERMINACIÓN DE HUECOS

Contenido de huecos (%): 99,93

Fuente: Propia, (2016).

4.1.4 Dosificación para morteros

La dosificación del mortero se realiza reuniendo todos los valores obtenidos a ensayos de granulometría (módulo de finura, tamaño máximo de la arena) y de tablas con respectos a las normas y al manual de morteros. Con esto bien definido se procede a realizar la dosificación por requisitos como se muestra a continuación:

Datos:

- Consistencia baja
- Módulo de finura: 2,67
- Tamaño máximo del árido: 5mm
- Req. De resistencia: 100 kg/cm^2 ⇨ Denominación correspondiente a M10
- Nivel de confianza 90%

- Dosis Agua:

La cantidad de agua y de aire se encuentran en la tabla Nº 3.10 la cual se ingresa con el módulo de finura de la arena, fluidez y cal incorporada. Debido a que el nivel de finura exacta de la arena estudiada no se encuentra en la tabla es necesario interpolar para encontrar la cantidad de agua.

Interpolación:

$$\frac{2,7-2,2}{280-310}=\frac{2,7-2,67}{280-x}$$

Agua: 281,8 (lts/m^3)

⇨ Dosis aire: 30 lts/m^3

$$Rm = Re + t * s$$ Formula 1

Rm = 100 kg/cm^2 + 1,282 *40
Rm = 151,28 (kg/cm^2)

⇨ Cantidad de cemento:

La razón agua/cemento de 0,9 es para la resistencia de 100 kg/cm^2 pero la resistencia media es de 151,28 kg/cm^2 por lo cual se debe interpolar para encontrar la razón agua/cemento de esta resistencia media (Ver tabla N° 3.12).

$R\frac{A}{C}$ = 0,9

Interpolación:

$$\frac{185-140}{0,7-0,8}=\frac{185-151,28}{0,7-x}$$

Donde:

x: R a/c

$$R\frac{A}{C}= 0,77$$

$\frac{A}{C}$ = 0,77 $\frac{C}{A}$ = 1,30

Cemento = 1,30 * (281,8 + 30) = 405,34 kg/m^3

Cemento: 405,34 (kg/m^3)

⇒ Cantidad de fino:

Mediante la ecuación (formula 2) se logra determinar el contenido de árido fino.

$$\frac{Cemento}{d.cemento}+\frac{Agua}{d.agua}+\frac{cal}{d.cal}+\frac{Fino}{d.fino}+Aire=1000\ Lts$$

$$\frac{405,34}{3,0}+\frac{281,8}{1}+\frac{0}{2,45}+\frac{Fino}{2,60}+30=1000\ Lts$$

Fino: 1414,74 (kg/m^3)

Tabla Nº 4.21. Resumen de dosificación.

Material	Unidad	Cantidad
Agua	lts/m^3	281,8
Cemento	kg/m^3	405,34
Fino	kg/m^3	1414,74

Fuente: Propia, (2016).

4.1.5 Corrección por humedad de la arena

La arena procedente de cualquier parte siempre contiene humedad entre sus partículas es por esto que se debe hacer corrección de humedad para no agregar más agua a la mezcla de amasado de la que necesita para esto es necesario quitarle agua para agregar más arena.

$$\% \, Humedad : \frac{Masa\ humeda - Masa\ seca}{Masa\ seca} \ x\ 100$$

Formula 5

Humedad de la arena 2,34%

$$hf = arena\ (\ \% \, humedad - \% \, absorción)$$

Formula 6

Humedad final: hf = 12,025

Tabla Nº 4.22. Dosificación corregida.

Material	Unidad	Cantidad
Agua	lts/m^3	269,775
Cemento	kg/m^3	405,34
Fino	kg/m^3	1426,765

Fuente: Propia, (2016).

4.1.6 Observación sobre la dosificación

Es sabido que la arena al estar sometida a diferentes temperaturas del ambiente esta puede estar más seca o más húmeda. Es por eso que para esta investigación cada vez que se prepare mezcla para las probetas se debe elegir una muestra de alrededor de 700 grs. Luego se procede a secarla en una cocinilla para saber el porcentaje de humedad que contiene la arena en esos momentos.

4.2 ELABORACIÓN DE ECO-LADRILLOS

Los eco-ladrillos que se ocuparan deben estar debidamente limpios en su interior, luego se deberá introducir por la boca de la botella los residuos plásticos y compactarlos manualmente por capas. Es sabido que no todas las personas tienen la misma fuerza de compactación es por ello que unas pueden quedar más pesadas que otras, es por este motivo que es necesario para esta investigación que todas las botellas tengan el mismo grado de compactación que se determinaran por su peso que se identificaran en una balanza. Teniendo como resultado que aproximadamente pesen 500 grs o sea que en su interior se encuentran 490 grs de puros residuos plásticos ya que la botella pesa 10 grs.

En esta primera parte experimental se pesaron al azar 10 botellas de un total de 90 botellas completamente compactadas y listas para realizar esta investigación.

Tabla Nº 4.23. Peso de los eco-ladrillos.

Botella	Peso (kg)
1	0,506
2	0,504
3	0,504
4	0,501
5	0,500
6	0,505
7	0,506
8	0,504
9	0,504
10	0,502
Promedio	**0,504**

Fuente: Propia, (2016).

Figura Nº 4.19. Pesaje de botellas en laboratorio.

Fuente: Propia, (2016).

4.2.1 Ensayo a compresión del eco-ladrillo

En esta etapa se sometió un eco-ladrillo a compresión para saber cuánto resisten sin tener ningún recubrimiento para luego comparar su comportamiento una vez que se haya recubierto con hormigón para la fabricación de bloques.
Para este ensayo se tomaron dos fierros de dimensiones 16cm x 4cm y se colocaron uno sobre y bajo la botella, la cual será el área para someter a compresión esta botella, no se puede someter toda la botella a compresión ya que tienes partes que son irregulares.

Figura Nº 4.20. Eco-ladrillo sometido a compresión en prensa hidráulica.

Fuente: Propia, (2016).

La carga se determinó hasta que el perfil de metal se incrustara en la botella y cuando esta empezó a expandirse se dejó de determinar su carga lo que nos dio una carga de 150 kg, dividido por la área que se sometió a compresión de 64cm^2 nos da una resistencia de 2,34 kg/cm^2. Un bloque de ladrillo puede llegar a resistir 45kg/cm^2 como mínimo y ladrillo cerámico resiste 110kg/cm^2 como mínimo, un valor muy alto comparado al eco-ladrillo que es un 94,8% menos resistente que un bloque y que los ladrillos cerámicos que es un 97,9% menos resistente.
Al comparar con investigaciones realizadas por estudiantes de la Universidad de Valparaíso se determinó que al someter este elemento a compresión alcanza una resistencia de 1,88 kg/cm^2 (Gavilán, Gallardo 2014). Esto quiere decir que al ingresar más residuos plásticos al interior de la botella este aumenta su resistencia.

4.3 ENSAYO PROBETAS RILEM

Se decide utilizar un mortero M10 es decir de 100 kg/cm^2 ya que la mayor cantidad de clases de ladrillos (cerámicos y bloques) de la norma NCh 2123 Of 2003 de albañilería confinada pide que sea de grado M10. Para determinar la resistencia a la flexotracción y compresión de los morteros modificados con adición de adhesivos se procede a ensayarlos según la norma Nch 158 Of. 1967. De cada tipo de adición de adhesivos se fabricaran 9 probetas de las cuales tres de ellas se someten a ensayo a los 7 días, luego las siguientes tres a ensayo a los 14 días y finalmente las últimas tres a ensayo a los 28 días. Las probetas se dividen en dosificación entre las que tenemos: la muestra patrón, papel ligero, papel normal, papel pesado, y cola fría en dos dosificaciones.

Al momento de fabricar las probetas hay que esperar 24 hrs. para desmoldar, luego del desmolde se deben curar sumergidas en agua hasta 15 min. Antes de realizar el ensayo.

Figura Nº 4.21. Probetas rilem secado y posteriormente sumergido en agua.

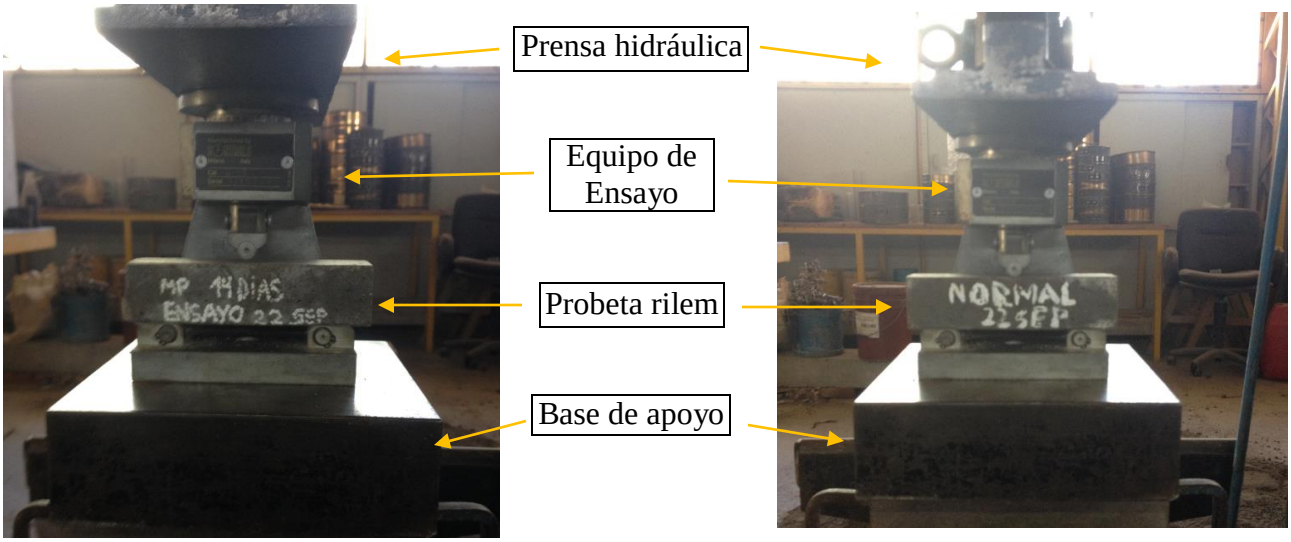
Fuente: Propia, (2016).

4.3.1 Flexotracción

Se fabrican un total de 63 probetas para cada tipo de dosificación se obtienen 9 probetas las que serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días. De las cuales se debe tener la media aritmética de cada una de las edades que se compone de 3 probetas.
Las probetas tienen una dimensión de 4cm x 4cm x 16cm la que será apoyada en la parte inferior en dos rodillos con separación de 10cm y en la parte superior de un rodillo central.

Para los cálculos la norma establece que la carga a la que fue sometida de debe multiplicar por un factor que es de 0,234P y el resultado final se expresa en kg/cm^2.

Figura Nº 4.22. Probetas rilem sometida a flexotracción.



Muestra Patrón

Dosificación Papel Normal

Dosificación Papel Ligero

Fuente: Propia, (2016).

4.3.2 Resultados

Los resultados a ensayo de flexotracción son los que se han realizado a las distintas muestras en la que tenemos el mortero patrón, adhesivo papel mural en tres dosificaciones según fabricante (papel ligero, papel normal, papel pesado) y cola fría en dosificación (agua : adhesivo) 1:1 y 1:2.

Tabla Nº 4.24. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra patrón.

Muestra Patrón

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	180	42,12	180	42,12	230	53,82
2	180	42,12	190	44,46	260	60,84
3	170	39,78	190	44,46	250	58,50
Promedio:		41,34		43,68		57,72

Tabla N° 4.25. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel ligero.

Muestra Papel Ligero

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	110	25,74	100	23,40	150	35,10
2	110	25,74	130	30,42	170	39,78
3	100	23,40	140	32,76	180	42,12
Promedio:		24,96		28,86		39,00

Tabla N° 4.26. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel normal.

Muestra Papel Normal

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	100	23,40	150	35,10	200	46,80
2	90	21,06	140	32,76	200	46,80
3	90	21,06	140	32,76	190	44,46
Promedio:		21,84		33,54		46,02

Tabla N° 4.27. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra papel pesado.

Muestra Papel Pesado

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	60	14,04	100	23,40	180	42,12
2	60	14,04	120	28,08	190	44,46
3	80	18,72	100	23,40	190	44,46
Promedio:		15,60		25,0		43,68

Tabla N° 4.28. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra cola fría 1:1.

Cola fría (1:1)

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	40	9,36	50	11,70	70	16,38
2	50	11,70	60	14,04	70	16,38
3	50	11,70	60	14,04	80	18,72
Promedio:		10,92		13,26		17,16

Tabla N° 4.29. Cargas y resistencia a la flexotracción muestra cola fría 1:2.

Cola fría (1:2)

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	50	11,70	60	14,04	100	23,40
2	50	11,70	60	14,04	100	23,40
3	50	11,70	60	14,04	90	21,06
Promedio:		11,70		14,04		22,62

Fuente: Propia, (2016).

4.3.3 Compresión

Para el ensayo de compresión de las probetas rilem, una vez efectuado el ensayo a flexotracción la probeta se divide en dos trozos los cuales serán ocupados para ensayarlos a compresión en una sección de 4cm x 4cm. El total de trozos que se ensayaran a compresión es de 126.
Una vez determinada la carga de la rotura este valor se divide por el área al que fue sometida la cual es de 16 cm^2.

Figura Nº 4.23. Probetas sometidas a compresión.

Fuente: Propia, (2016).

4.3.4 Resultados

Los resultados a ensayo de compresión son los que se han realizado a las distintas muestras en la que tenemos el mortero patrón, adhesivo papel mural en tres dosificaciones según fabricante (papel ligero, papel normal, papel pesado) y cola fría en dosificación (agua : adhesivo) 1:1 y 1:2.

Tabla Nº 4.30. Cargas y resistencia a la compresión muestra patrón.

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	1780	111,3	2100	131,3	3140	196,3
2	1880	117,5	2300	143,8	3210	200,6
3	1750	109,4	2290	143,1	3190	199,4
4	1820	113,8	2500	156,3	3110	194,4
5	1800	112,5	2400	150,0	3310	206,9
6	1700	106,3	2320	145,0	3230	201,9
Promedio:		111,8		144,9		199,9

Tabla N° 4.31. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel ligero.

Muestra Papel ligero

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	950	59,4	1300	81,3	2180	136,3
2	980	61,3	1330	83,1	2140	133,8
3	1070	66,9	1400	87,5	2390	149,4
4	1080	67,5	1400	87,5	2430	151,9
5	950	59,4	1310	81,9	2300	143,8
6	1000	62,5	1400	87,5	2250	140,6
Promedio:		62,8		84,8		142,6

Tabla N° 4.32. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel normal.

Muestra Papel Normal

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	1180	73,8	1500	93,8	2360	147,5
2	1200	75,0	1500	93,8	2390	149,4
3	1200	75,0	1660	103,8	2450	153,1
4	1150	71,9	1630	101,9	2400	150,0
5	1200	75,0	1550	96,9	2400	150,0
6	1100	68,8	1610	100,6	2410	150,6
Promedio:		73,2		98,4		150,1

Tabla N° 4.33. Cargas y resistencia a la compresión muestra papel pesado.

Muestra Papel Pesado

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	1100	68,8	1300	81,3	1830	114,4
2	1100	68,8	1200	75,0	1750	109,4
3	1090	68,1	1300	81,3	1770	110,6
4	1120	70,0	1300	81,3	1720	107,5
5	1000	62,5	1400	87,5	1900	118,8
6	1040	65,0	1300	81,3	1920	120,0
Promedio:		67,2		81,3		113,4

Tabla N° 4.34. Cargas y resistencia a la compresión muestra cola fría 1:1.

Cola fría (1:1)

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	420	26,3	630	39,4	900	56,3
2	500	31,3	610	38,1	830	51,9
3	500	31,3	600	37,5	890	55,6
4	450	28,1	600	37,5	880	55,0
5	520	32,5	660	41,3	850	53,1
6	500	31,3	650	40,6	890	55,6
Promedio:		30,1		39,1		54,6

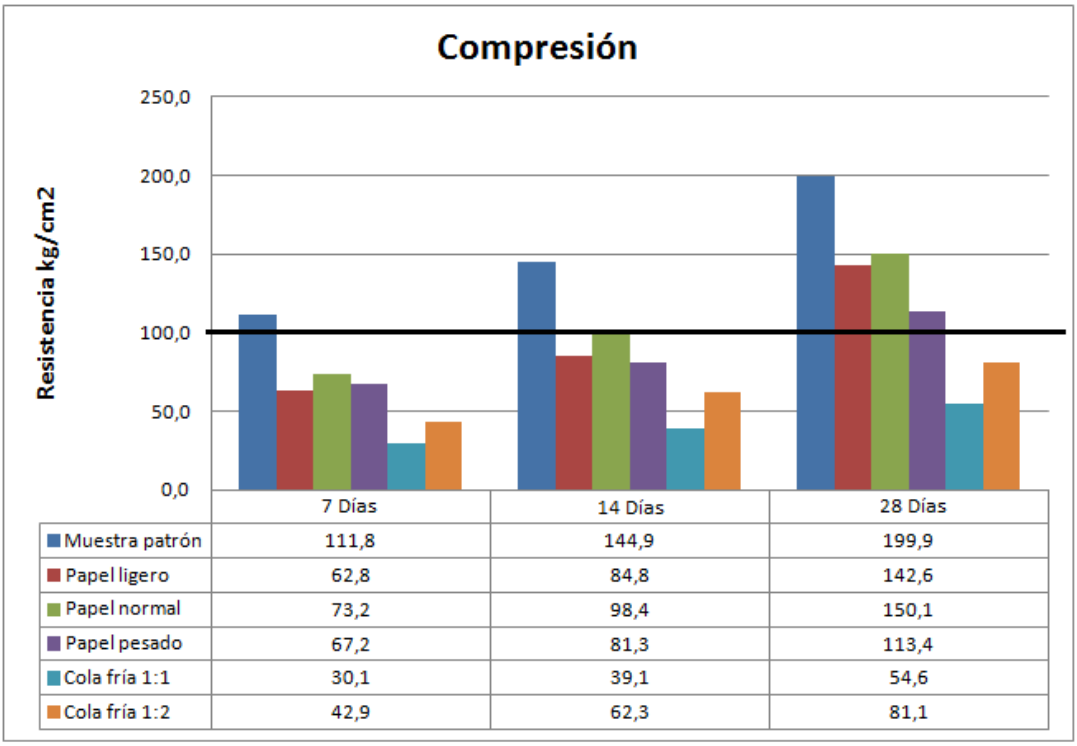
Tabla N° 4.35. Cargas y resistencia a la compresión muestra cola fría 1:2.

Cola fría (1:2)

Probeta	7 Días		14 Días		28 Días	
Nº	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)	Carga (kg)	R (kg/cm2)
1	700	43,8	1010	63,1	1300	81,3
2	700	43,8	1000	62,5	1330	83,1
3	700	43,8	970	60,6	1310	81,9
4	680	42,5	980	61,3	1350	84,4
5	680	42,5	1000	62,5	1250	78,1
6	660	41,3	1020	63,8	1250	78,1
Promedio:		42,9		62,3		81,1

Fuente: Propia, (2016).

Gráfico N° 4.3. Comparación de probetas según su resistencia.



	7 Días	14 Días	28 Días
Muestra patrón	111,8	144,9	199,9
Papel ligero	62,8	84,8	142,6
Papel normal	73,2	98,4	150,1
Papel pesado	67,2	81,3	113,4
Cola fría 1:1	30,1	39,1	54,6
Cola fría 1:2	42,9	62,3	81,1

Fuente: Propia, (2016).

4.4.5 Análisis preliminar

Como primer análisis con respecto a los morteros patrón y modificados con agregado de adhesivos al agua de amasado se puede decir que los adhesivo de papel cumplen con la resistencia mínima exigida por la norma durante los 28 días, no así la dosificación con cola fría que no alcanza a tener la resistencia mínima a los 28 días para ser usada en albañilerías armada y confinada.

4.4 ELABORACIÓN DEL MOLDE PARA PROBETAS DE CIZALLE

Para la elaboración del molde es necesario hacerlo con planchas de madera terciado de 18mm de espesor, complementado con barras de hilo medio y tornillos punta fina para que este tenga resistencia a la mezcla, al vibrado y sea estanco. Se fabricó la cantidad de tres moldes esto quiere decir que para cada dosificación se realizaran tres probetas la cual se someterán a cizalle mediante una prensa hidráulica.

Figura Nº 4.24. Corte de la planchas para la confección de moldes.

Fuente: Propia, (2016).

Figura Nº 4.25. Molde terminado.

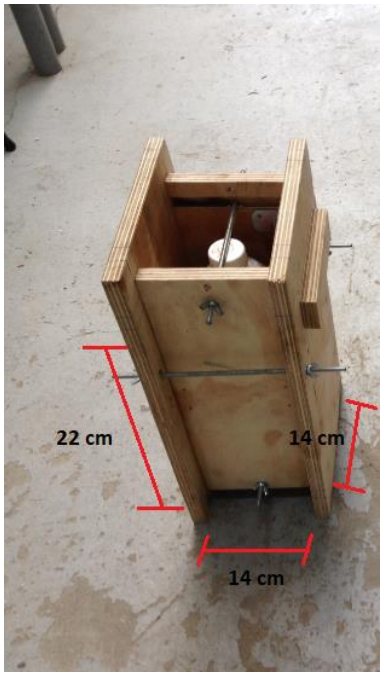
Fuente: Propia, (2016).

4.5 FABRICACIÓN DE PROBETAS

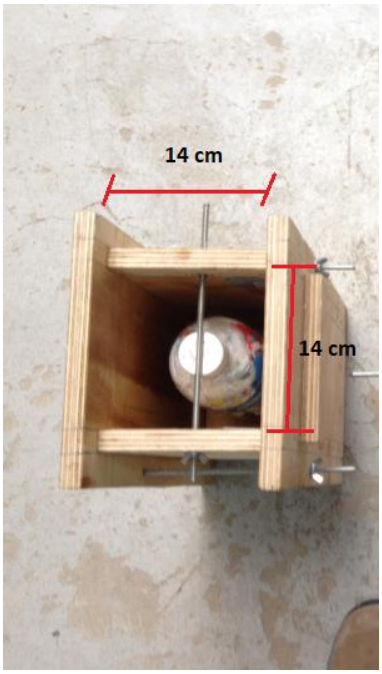
Se confeccionan un total de 24 probetas de la cual se realizan 3 probetas por cada tipo de dosificación con adhesivos. En el interior del molde se incorporara un pedazo de plumavit de 1cm de espesor y de diámetro 9,1cm. Que servirá para proteger la zona en la cual la botella hará cizalle con respecto a la mezcla de mortero. Luego de esto se procede a colocar la botella en el interior del molde preocupándose que esta quede centrada. En la parte superior de la tapa se coloca una barra de hilo medio la cual cumple la función además de mantener firme el molde de ejercer presión sobre la botella para que esta no se mueva al ingresar la mezcla.

Figura Nº 4.26. Molde con botella incorporada en su interior.

PERSPECTIVA DEL MOLDAJE + BOTELLA PET



VISTA SUPERIOR



Fuente: Propia, (2016).

Para el llenado del molde se procura ingresar la mezcla en 2 capas, verter la primera capa para luego vibrarlo en la mesa vibradora y finalmente la segunda capa hasta el cuello superior de la botella y nuevamente vibrar. Las probetas se mantienen en un ambiente fresco al interior de los laboratorios de Construcción Civil de la Universidad de Valparaíso. Después de transcurrir 24 hrs se puede desmoldar. El desmolde se realiza cuidadosamente para no dañar las aristas de la probeta.

Figura Nº 4.27. Probetas muestra patrón y papel ligero.

Fuente: Propia, (2016).

Luego del desmolde se deben identificar las probetas y dejarlas en la cámara húmeda durante 7 días para su posterior ensayo a cizalle.

Figura Nº 4.28. Probetas en la cámara húmeda.

Fuente: Propia, (2016).

4.6 ENSAYO DE CIZALLE

Para la realización del ensayo de adherencia mediante cizalle se pensó en primera instancia en poner la tapa de la botella en la parte superior para que la prensa ejerciera presión sobre esta y realizara el cizallamiento, al realizar el experimento se evidencio que la parte superior en la que esta descubierta la botella se empezó a comprimir sin realizar cizallamiento, por lo cual fue necesario pensar una segunda opción de ensayo la que se resolvió en invertir la probeta para ejercer la fuerza por la base de la botella.

Figura Nº 4.29. Ensayo a cizallamiento y ruptura.

Fuente: Propia, (2016).

Como se había mencionado anteriormente se consideró un área específica en la que estará en contacto con el mortero es por eso que no se cubre completamente la botella y esta área es desde la base de la botella hasta el cuello intermedio de la botella dejando en contacto a el mortero en el hexágono que forma la botella. Para efectos de cálculos de resistencia el área en que permanece en contacto es de 549,9 (cm^2).

4.6.1 Resultados

Los resultados que se presentan son la máxima carga que fue sometida dividida por el área de contacto con el mortero. Para dar la resistencia, el valor final es la media aritmética de las tres probetas, luego se calcula la desviación estándar y la varianza para demostrar si los datos obtenidos difieren mucho uno de otro.

Tabla Nº 4.36. Resistencia a la adherencia muestra patrón.

Muestra Patrón			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	480	549,9	0,87
2	510	549,9	0,93
3	470	549,9	0,85
		Promedio	0,89
		Desviación estándar	0,038
		Varianza %	0,0014

Tabla N° 4.37. Resistencia a la adherencia muestra papel ligero.

Papel ligero			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	480	549,9	0,87
2	500	549,9	0,91
3	550	549,9	1,00
		Promedio	0,93
		Desviación estándar	0,066
		Varianza %	0,0043

Tabla N° 4.38. Resistencia a la adherencia muestra papel normal.

Papel normal			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	580	549,9	1,05
2	510	549,9	0,93
3	500	549,9	0,91
		Promedio	0,96
		Desviación estándar	0,079
		Varianza %	0,0063

Tabla N° 4.39. Resistencia a la adherencia muestra papel pesado.

Papel pesado			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	400	549,9	0,73
2	400	549,9	0,73
3	380	549,9	0,69
		Promedio	0,72
		Desviación estándar	0,021
		Varianza %	0,0004

Tabla N° 4.40. Resistencia a la adherencia muestra cola fría 1:1.

Cola fría 1:1			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	330	549,9	0,60
2	350	549,9	0,64
3	350	549,9	0,64
		Promedio	0,62
		Desviación estándar	0,021
		Varianza %	0,0004

Tabla N° 4.41. Resistencia a la adherencia muestra cola fría 1:2.

Cola fría 1:2			
Probeta	**Carga (kg)**	**Área de contacto (cm2)**	**Resistencia (kg/cm2)**
1	350	549,9	0,64
2	400	549,9	0,73
3	360	549,9	0,65
		Promedio	0,67
		Desviación estándar	0,048
		Varianza %	0,0023

Fuente: Propia, (2016).

4.6.2 Análisis preliminar

Con respecto a los resultados obtenidos se puede decir que el adhesivo que mejor tuvo efecto en la adherencia fue el adhesivo para papel mural en la dosificación de papel normal con un 0,96 (kg/cm^2) de resistencia. Con un 7,86% más de resistencia a la adherencia que la probeta patrón.

Esta resistencia aún sigue siendo baja teniendo en cuenta que para una albañilería con ladrillos cerámicos artesanal es de 1,8 (kg/cm^2) como mínimo.

4.7 CONFECCIÓN DE MURETES

Para la realización de los muretes con eco-ladrillos fue necesario confeccionar un escantillón móvil, para respetar el espesor de juntas ya sea horizontal o vertical. Se usa un hilo blanco de algodón para guiar la posición de las botellas y que estas no sobrepasen esa línea.

Figura Nº 4.30. Escantillón móvil.

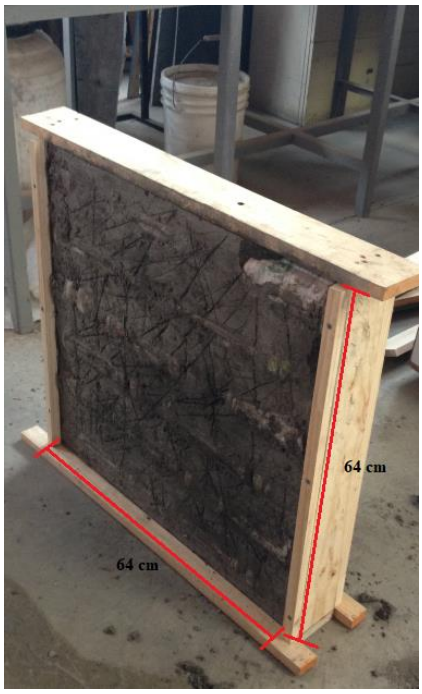
Fuente: Propia, (2016).

El escantillón móvil tiene dimensiones de 64 cm x 64 cm, los materiales que se utilizaron para su confección son, pino cepillado seco de 1x4" x 3,20 mts. El cual se ocupa en todo el contorno del molde, además se ocupan tornillos para fijar el hilo blanco el cual cumple la función de guiar la altura de la botella y del mortero de junta.

4.7.1 Llenado de muretes

Para el llenado del murete se fue empezando de abajo hacia arriba. Empezando con una capa de mortero de 2cm de espesor en la base para luego dar lugar a la primera fila de botellas (eco-ladrillos) procurando respetar la guía con el hilo blanco que marca la altura a la cual debe ir. Luego introducir mezcla de mortero entre sus juntas de 1cm de separación en forma horizontal. Una vez terminada la primera fila se procede a colocar la siguiente capa de mortero de espesor de 1cm respetando la altura que señala la guía con hilo blanco y luego proceder a colocar la segunda fila de botellas (eco-ladrillos) y así sucesivamente hasta llegar a la sexta fila.

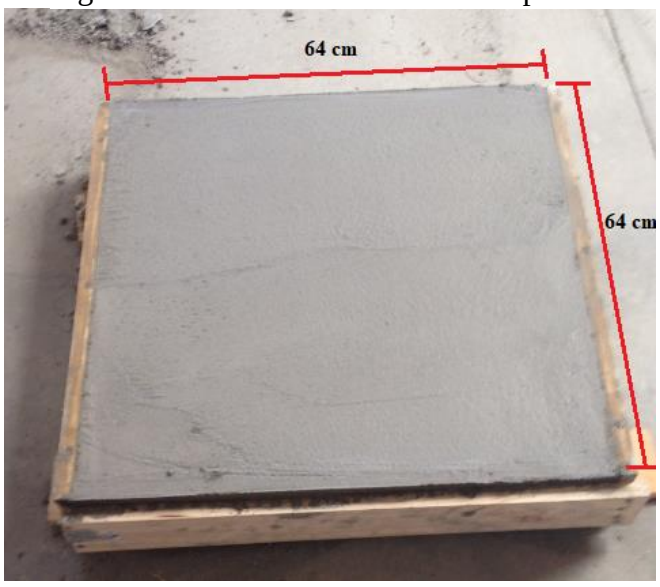
Figura Nº 4.31. Llenado de murete.



Fuente: Propia, (2016).

Luego del llenado hasta la última fila se procede a cubrir la probeta con polietileno durante 24 horas, al siguiente día se descubre la probeta y se acuesta en el suelo para colocar la primera capa de recubrimiento que tiene un espesor de 2 cm se deja cubierta con polietileno y se esperan 24 horas más para dar vuelta la probeta y hacer el recubrimiento en la segunda cara se cubre nuevamente con polietileno y se espera 24 horas para luego ser curada diariamente durante 14 días antes de su ensayo el que será a los 28 días.

Figura Nº 4.32. Recubrimiento de la probeta.

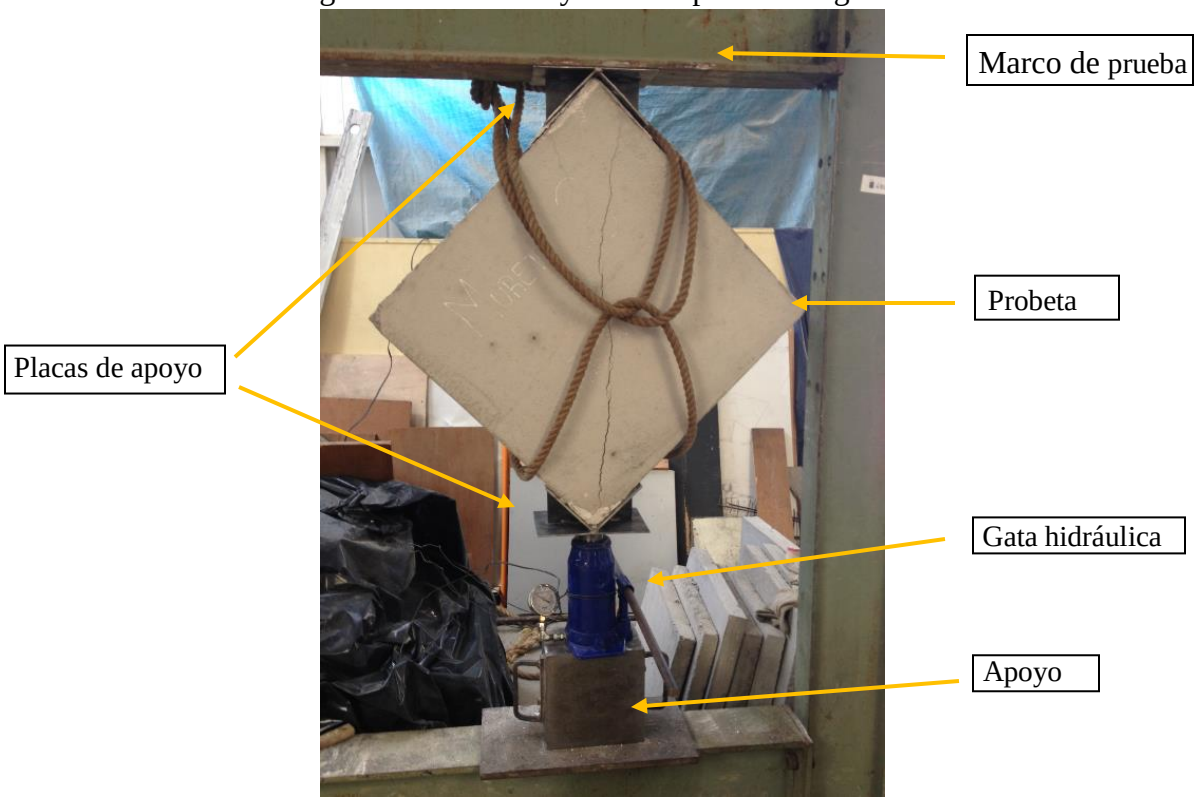


Fuente: Propia, (2016).

4.8 ENSAYO COMPRESIÓN DIAGONAL

Para el ensayo de compresión diagonal se realizaran de dos tipos de muretes el primero es la muestra patrón y el segundo es con el adhesivo papel mural que mejor resultados obtuvo en los ensayo de adherencia el cual es la dosificación papel mural. Para la realización del ensayo de compresión diagonal fue necesario adquirir ciertos elementos complementarios para su realización, entre ellos están los perfiles de acero que sirven de apoyo en las dos esquinas del murete y que las dimensiones de estos perfiles esta normado. Además fue necesario adquirir una gata hidráulica de botella de 20 toneladas en la cual se le adapta un manómetro en su base para que indique la presión que ejerce el aceite en su interior para que el pistón ejerza fuerza. En ensayo a compresión diagonal se realizó en el marco de prueba del laboratorio de Construcción de la Universidad de Valparaíso. Otro de los alcances es que como muestra la figura Nº 4.33 a su alrededor tiene una soga el cual cumplió la función antes de realizar el ensayo de levantar la probeta mediante un tecle ya que esta probeta pesa alrededor de 104 kg.

Figura Nº 4.33. Ensayo de compresión diagonal.



Fuente: Propia, (2016).

Uno de los alcances importantes a considerar para realizar el ensayo consiste en que la gata debe ir preferentemente en la parte inferior ejerciendo la fuerza con el pistón de la gata hidráulica al perfil de acero ya que esta será el área tomada en cuenta que se considerara como fuerza que realiza este mecanismo a la probeta. Además antes de ensayar la probeta se debe refrentar en las esquinas con yeso de espesor 4 mm. Se debe dejar por 24 horas y luego de transcurrido este tiempo se puede realizar el ensayo.

4.8.1 Resultados

Los resultados que se presentan a continuación es la resistencia al corte de los muretes realizados con eco-ladrillos. Para llegar a la resistencia de cada murete fue necesario determinar la presión final que ejerce el aceite al interior de la gata hidráulica la que hace que el pistón suba en forma vertical hasta la ruptura de la probeta. Esta presión se visualiza mediante un manómetro. También es necesario identificar el diámetro del pistón en el interior para identificar la carga de agrietamiento.

A continuación en la tabla se presentan los resultados obtenidos de las tres probetas mediante el ensayo de compresión diagonal en la muestra patrón y papel normal.

Tabla Nº 4.42. Resultados a compresión diagonal de muestra patrón.

Nº Probeta	Presión (bar)	Presión (PSI)	Área pisón gata (pulg2)	Carga agrietamiento (Lbf)	Carga agrietamiento (N)	Carga de agrietamiento (kg)	Área sección diagonal (cm2)	Resistencia al corte (Mpa)
1	340	4931,29	3,55	17506,09	77870,92	7940,65	1465,13	0,54
2	350	5076,33	3,55	18020,97	80161,25	8174,20	1465,13	0,56
3	350	5076,33	3,55	18020,97	80161,25	8174,20	1465,13	0,56
							Promedio	0,55
							Desv. Estándar	0,009
							Varianza (%)	8,47E-05

Fuente: Propia, (2016).

Ahora se debe calcular la resistencia al corte mediante la fórmula 4 la cual determina la resistencia final de las probetas.

$$\tau m = Xp - 0{,}431(x3 - x1) \qquad \text{Formula 4}$$
$$\tau m = 0{,}47 - 0{,}431(0{,}48 - 0{,}46)$$
$$\tau m = 0{,}46\ Mpa$$

Tabla Nº 4.43. Resultados a compresión diagonal de muestra papel normal.

Nº Probeta	Presión (bar)	Presión (PSI)	Área pisón gata (pulg2)	Carga agrietamiento (Lbf)	Carga agrietamiento (N)	Carga de agrietamiento (kg)	Área sección diagonal (cm2)	Resistencia al corte (Mpa)
1	240	3480,91	3,55	12357,24	54967,71	5605,17	1465,13	0,38
2	280	4061,06	3,55	14416,78	64129,00	6539,36	1465,13	0,45
3	250	3625,95	3,55	12872,12	57258,03	5838,72	1465,13	0,40
							Promedio	0,41
							Desv. Estándar	0,033
							Varianza (%)	1,10E-03

Fuente: Propia, (2016).

$$\tau m = Xp - 0{,}431(x3 - x1) \qquad \text{Formula 4}$$
$$\tau m = 0{,}35 - 0{,}431(0{,}38 - 0{,}33)$$
$$\tau m = 0{,}33\ Mpa$$

4.8.2 Análisis preliminar

Los resultados entre los muretes patrón y papel normal son aceptables ya que según la norma NCh 2123 Of. 1997. Establece que la menor resistencia es de 0,20 Mpa correspondiente a unidades de ladrillos de bloques de hormigón. Parámetro establecido en la tabla Nº 2.3. Pero es difícil establecer a qué tipo de unidad corresponde este elemento de botellas PET, es por esto que se toma como resistencia mínima que debe cumplir de 0,20 Mpa.
También considerar que la muestra patrón tuvo mejores resultados que la muestra de papel normal, esto se debe a que al momento de realizar el ensayo de probetas rilem la muestra patrón tiene mejor resistencia que la de papel normal, pero por otro lado la de papel normal tiene mejor adherencia a la botella PET que la muestra patrón.

Uno de los factores importantes a tener en cuenta, es la disposición que tiene la botella en la construcción de un muro de albañilería confinada. Para este estudio se realizó las botellas en disposición horizontal en forma de soga, la cual presentó una elevada resistencia de la muestra patrón de 0,46 Mpa, en comparación con la disposición horizontal ocupando el largo de la botella en forma de cabeza, el que tiene una resistencia de 0,21 Mpa (Parra, 2014).

4.9 CUADRO COMPARATIVO

Se realiza un cuadro comparativo con las tesis realizadas sobre el uso de eco-ladrillos con respecto a la presente investigación.

Tabla Nº 4.44. Cuadro comparativo de investigaciones.

CUADRO COMPARATIVO	Juan Pablo Gavilán (2014) Geovanne Gallardo (2014)	Charlotte Parra (2014)	Eduardo Contreras (2016)
Peso promedio botella (grs)	335 (rellena con plástico)	Rellenas con maicillo (sin información)	504 (rellena con plástico)
Resistencia botellas (kg/cm2)	1,89 (plásticos)	54,49 (maicillo)	2,34 (plástico)
Mortero	Predosificado marca presec A-14, Pega albañilería M10	Mortero realizado en laboratorio M10	Mortero realizado en laboratorio M10
Resistencia a flexotracción (kg/cm2)	50,12	33,72	Patrón: 57,72 P. normal: 46,02
Resistencia a compresión (kg/cm2)	155,99	124,1	Patrón: 199,9 P. normal: 150,1
Dimensión murete horizontal	0,59 x 0,59 x 0,36 (mts)	0,60 x 0,60 x 0,36 (mts)	-
Cantidad de mezcla (lts)	83,95	80	-
Dimensión murete vertical	0,60 x 0,64 x 0,15 (mts)	-	0,64 x 0,64 x 0,14 (mts)
Cantidad de mezcla (lts)	20,40 (sin mortero de juntas)	-	31,09

Fuente: Propia, (2016).

4.10 COMPARACIÓN DE MUROS POR METROS CUADRADOS

La comparación de muros de distinta disposición se hace con respecto a un murete de $1m^2$. A la izquierda de la tabla se muestra los muros con botellas incorporada en forma horizontal de cabeza y al lado derecho las botellas incorporadas de disposición de soga. Entregando la cuantía de material a emplear en cada una de ellas.

Muro eco-ladrillo horizontal	Muro eco-ladrillo de soga
▪ Murete 100 x 100 x 36 cm ▪ Proceso constructivo: de cabeza ▪ Materiales: Botellas: 64 unidades Peso botella: 780 grs. Mortero: 264 lts Peso murete: 683,52 kg	▪ Murete 100 x 100 x 14 cm ▪ Proceso constructivo: de soga ▪ Materiales: Botellas: 27 unidades Peso botella: 504 grs Mortero: 99,5 lts Peso: 252,57 kg

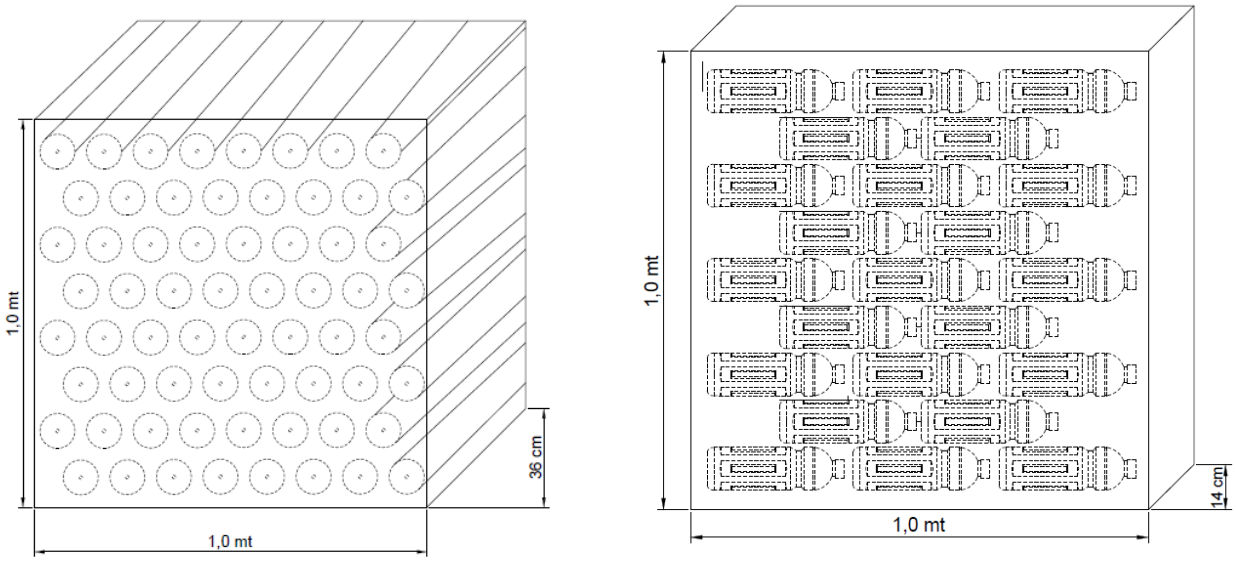
Conclusión:
Con el cambio de disposición de los eco-ladrillos en los muretes se logra disminuir considerablemente la cantidad de material a emplear para su construcción:

- Se logra en disminuir un 57,8% en la incorporación de botellas plásticas, más de la mitad que se ocupa para los eco-ladrillos de soga.
- Con respecto al mortero se logra reducir en un 62,3% la incorporación de este material en muros.
- El peso de un murete de $1m^2$ se logra disminuir en un 63,1%.

El cambio de disposición de la botella es un factor muy importante y que toma gran relevancia para disminuir los costos de construcción ya que al comparar los tres puntos se reduce más del 50% de material a emplear.

En la siguiente Figura Nº 4.34 se muestra un esquema de las dos disposiciones de botellas en la que se realiza la comparación de cuantía de materiales a emplear.

Figura Nº 4.34. Muretes comparación.



Fuente: Propia, (2016).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y NUEVAS PROPUESTAS

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Ensayo de compresión a probetas rilem

Como objetivo específico se propuso realizar un mortero M10 de 100 kg/cm^2, tomando en cuenta que para su dosificación según la norma NCh 170 Of. 1985 – Hormigón Requisitos Generales. Considera un rango que ajustar aumentando su resistencia al valor de 151, 28 (kg/cm^2). Para este estudio y según la norma NCh 2123 Of. 1997 Albañilería confinada – Requisitos de Diseño y Cálculo. Se exige un mortero como mínimo de 100 (kg/cm^2) para ser ocupada en albañilería confinada. La muestra patrón alcanzo una resistencia de 199,9 (kg/cm^2) a los 28 días la cual está sobre el mínimos exigido por la norma NCh 2123 Of. 1997 anteriormente señalada.
Los morteros modificados con incorporación de adhesivo papel mura (Tabla N° 2.5) para papel ligero, papel normal y papel pesado, alcanzan una resistencia a los 28 días de:

Tabla N° 4.45. Resistencia Morteros con adhesivo papel mural a los 28 dias.

Morteros modificados con adhesivo papel mural		
Dosificación [adhesivo : agua]	Resistencia 28 días (kg/cm^2)	Resist. Mínima (kg/cm^2)
Papel ligero [1:70]	142,6	100
Papel normal [1:60]	150,1	
Papel pesado [1:50]	113,4	

Fuente: Propia, (2016).

De los datos antes presentados y graficas en el grafico N° 4.3, se obtienen resultados que superan la resistencia mínima compresión, para su uso de mortero de pega en albañilerías confinada. Por otra parte, en la experiencia donde se usó cola fría en dosificaciones 1:1 y 1:2 (cola fría : agua) alcanzan una resistencia a la compresión de 54,6 (kg/cm^2) y 81,1 (kg/cm^2) respectivamente los cuales no alcanzan la resistencia mínima para ser ocupadas en albañilerías confinada.

5.1.2 Ensayo de resistencia a la adherencia

El mortero patrón alcanzó una resistencia a la adherencia de 0,89 (kg/cm^2) en una superficie de contacto mortero – botella PET de 549,9 cm^2.
La dosificación de adhesivo papel mural que tuvo mejor resultados de adherencia es la de papel normal [1:60] con una resistencia a la adherencia de 0,96 kg/cm^2 obteniendo un 7,9% más resistente a la adherencia que la muestra patrón.
El adhesivo cola fría no se obtuvieron resultados aceptables, siendo estos inferiores a la muestra patrón, permitiendo descartar la cola fría para mejorar la adherencia entre botella PET y mortero de pega.
En conclusión el adhesivo papel mural en dosificación papel normal [1:60] su resistencia sigue siendo baja de 0,96 (kg/cm^2) comparada con la resistencia mínima que exige la norma para ladrillos cerámicos artesanales la cual es de 1,8 kg/cm^2 siendo un 46,7% menos resistente. Esto indica que aunque ocupando adhesivo en los morteros, sigue siendo dificultosa la adherencia del mortero sobre la superficie lisa de las botellas.

5.1.3 Ensayo de compresión diagonal

Con respecto a la resistencia al corte (Figura N° 4.33) en muretes construidos con eco-ladrillos, se realizaron dos tipos de muestra, el patrón y muestra con dosificación para papel que mejor represento resultados en los ensayos de adherencia, correspondiente al adhesivo para papel mural papel normal [1:60].

Las probetas de la muestra patrón alcanzaron una resistencia de 0,46 Mpa y las de papel mural normal [1:60] una resistencia de 0,33 Mpa. Esta diferencia de resistencia se debe principalmente porque al mortero modificado con adhesivo de papel mural, baja su resistencia al incluir este adhesivo a la mezcla de amasado, pero por otra parte observo en sus resultados una mayor adherencia en la masa de mortero.

El eco-ladrillo no está normado para su uso por lo tanto para la investigación, se ha considerado a manera de contar con una referencia que permita validar el murete a escala, los distintos tipos de unidades de ladrillos indicados en la tabla Nº 2.3 de albañilería confinada.

Finalmente se hace una comparación en la tabla N° 5.46, donde se muestra que el eco-ladrillo en disposición horizontal en forma de soga tiene una resistencia mayor que los bloques y que los ladrillos cerámicos artesanales.

Tabla N° 5.46. Resistencia al corte de distintos tipos de ladrillos.

Tipo de unidad	Resistencia básica de corte (Mpa)
Ladrillos macizos hechos a máquina (MqM)	0,60
Ladrillos perforados hechos a máquina (MqP)	0,50
Ladrillos huecos hechos a máquina (MqH)	0,50
Eco-ladrillos horizontal de soga (Contreras, 2016)	**0,46**
Artesanal	0,25
Bloque	0,30
Eco-ladrillos horizontal (Parra, 2014)	**0,21**
Bloque	0,20

Fuente: Propia, (2016).

Además que el cambio de disposición de las botellas (Ver figura N° 4.34), es muy beneficioso para aumentar la resistencia del elemento donde se obtiene un aumento considerable, en un 119,05%, Con respecto a los eco-ladrillos de forma horizontal (Parra, 2014) para la muestra patrón, pero para esta investigación el objetivo general es evaluar como interactúa el adhesivo en estos muros, el cual con una resistencia de 0,33 Mpa posee mejor resistencia que la disposición anterior (Parra, 2014) en un 57, 14%, es por lo tanto más resistente, pero que por otra parte no alcanzó la resistencia de la muestra patrón.

5.2 CONCLUSIÓN SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

En la siguiente tabla se muestran los objetivos específicos y generales de la presente investigación y un comentario sobre el cumplimiento de cada uno de ellos.

Tabla Nº 5.47. Tabla de objetivos y conclusiones.

Objetivo Especificos	**Comentarios**
Determinar la resistencia mecánica de los morteros de pega por la Nch 158 Of. 1969 con la incorporación de adhesivos.	Se logró mediante la realización de ensayos de flexo-tracción y posteriormente a compresión es cual se realizó una comparación entre la muestra patrón y las muestras con adhesivos en distintas dosificaciones en el cual se evidencia que al incorporar adhesivo al amasado de mortero este baja su resistencia (ver grafico Nº 4.3).
Diseño de modelo a escala de probeta para someterla a cizalle e identificar su resistencia entre materia PET y mortero de pega.	Se logró diseñando una probeta tipo de una unidad de ladrillo con dimensiones a escala (0,14 x 0,14 x 0,21 m) respecto a un muro de albañilería con eco-ladrillos (ver figura Nº 4.27). La cual posteriormente se ensayará a cizalle para identificar su adherencia, la muestra patrón alcanza una resistencia de 0,89 kg/cm2 y el adhesivo que mejor resistencia es el adhesivo papel mural en dosificación papel normal de 0,96 kg/cm2 (ver tabla Nº 4.26).
Determinar la resistencia al corte mediante la compresión diagonal por la NCh 2123 Of. 2003. en muretes confeccionados con eco-ladrillo.	Se realizó con la muestra patrón y con el adhesivo que mejor se logró resultados de adherencia. Consiste en la confección de muretes de dimensiones 0,64 x 0,64 x 0,14 (m) en la cual se ensaya según la figura Nº 4.33. en la que la muestra patrón alcanza una resistencia de 0,46 Mpa y la muestra con adhesivo papel normal de 0,33 Mpa.
Comparación de la cuantía de materiales a emplear con eco-ladrillos en disposición vertical con respecto a la disposición horizontal.	Se logró mediante la cubicación de materiales a emplear en 1 m2 de muro construidos con las dos disposiciones a evaluar (ver Figura Nº 4.34).
Objetivo General	
Evaluar una propuesta que mejore la resistencia a la adherencia y la resistencia al corte en muros construidos con ladrillos ecológicos mediante el uso de adhesivos, para mejorar la resistencia del elemento en conjunto.	El objetivo General se logra en sus dos variables: 1.- La adherencia entre botellas PET y mortero de pega se ve beneficiada con el uso de adhesivo de papel comparada con la muestra patrón en un 7,9%. pero esta no alcanza la resistencia minima que es de 1,8 kg/cm2 por lo cual tiene una resistencia menor de un 47,7% respecto a lo que indica la norma NCh 2123 Of. 2003 como mínimo para ladrillos cerámicos artesanales. 2.- La resistencia al corte no mejora sus resultados con respecto a la muestra patrón (Ver tabla Nº 4.42 y 4.43) esto debido a que el mortero al incorporar adhesivos baja su resistencia, pero según así esta por sobre el mínimo que se requiere para un muro de albañilería alcanzando un 80% mayor de resistencia. Por otra parte la resistencia al corte se mejoró considerablemente con el cambio de disposición de la botella (en forma de soga) ya sea esta en la muestra patrón y la con adhesivo de papel mural comparada con la disposición de cabeza (parra, 2014). la que alcanza una resistencia de 119,05% mayor solo con el cambio de disposición de las botellas.

Fuente: Propia, (2016).

5.3 CONCLUSIÓN SOBRE LA VALIDACIÓN DE LA HIPOTESIS

A continuación se presenta una tabla en donde se muestra la hipótesis inicial antes de la presente investigación y la conclusión sobre su validación.

Tabla Nº 5.48. Tabla de hipótesis y conclusión.

Hipotesis	Conclusión
La incorporación de adhesivos (papel mural y cola fría) para evaluar la mejora en el comportamiento de la adherencia y posterior resistencia al corte, de la evaluación diferenciada por adhesivos se obtienen datos – resultados de una resistencia mejor que sin ellos.	1.- Respecto a la cola fría se puede concluir que este adhesivo no esta dentro del rango minimo para ser usado en albañilerias confinada y menos para mejorar la adherencia. 2.- El adhesivo papel mural en papel normal [1:60] si obtiene valores aceptables para ser ocupado como mortero de pega, pero su resistencia aumenta respecto a la patrón, aún asi sigue siendo baja su resistencia a la adherencia y por ende su resistencia al corte respecto a la muestra patrón.
Conclusión general	
Por lo tanto la hipotesis no se cumple debido a que la incorporación de adhesivo si bien mejora en algunos aspectos la adherencia esta no obtiene buenos resultados a la resistencia al corte por lo tanto la incorporación de adhesivos no obtiene mejor resistencia que sin el uso de ellos	

Fuente: Propia, (2016).

5.4 MODIFICACIONES REALIZADAS A LOS ENSAYOS

1.- Ensayo resistencia a la adherencia

a.- En primer lugar se planificó realizar el ensayo de cizalle de la norma NCh 167 Of. 2001 para medir la adherencia. El cual consiste en colocar tres ladrillos unidos mediante un mortero de pega de 1 cm de espesor. Este tipo de ensayo no fue posible realizar, debido que in situ estos muros, la botella se encuentra totalmente envuelta por el mortero de pega. Por lo cual fue necesario idear otro tipo de ensayo alternativo que evaluara la adherencia mortero-botella la cual consistía en hacer bloques, con la botella PET incorporada en su interior.

b.- Para el ensayo de cizalle en primera instancia se diseñó para que la botella este vertical con la boca de la botella en la parte superior, pero que al momento de realizar el ensayo esta se comprimió entre el cuello de la botella y la boca de esta misma, específicamente en la parte que no estaba recubierta con mortero, por lo cual solo se comprimió la botella y no se realizó el cizalle que se requería realizar para medir la adherencia, por lo tanto fue necesario idear una nueva forma de realizar el ensayo y la solución fue de invertir la probeta dejando la base de la probeta en la parte superior.
Fue necesario adquirir una placa de acero circular del diámetro de la base de la botella para que esta ejerciera fuerza y así realizar el cizallamiento (Ver figura N° 4.29).

5.5 PROPUESTAS DE IDEAS PARA LA FORMACIÓN DE FUTURAS INVESTIGACIONES

1. Evaluar si la adherencia botella PET y mortero, mejora con una arena con mayor contenido de partículas finas con y sin adhesivo.

2. Evaluar si la resistencia a la adherencia influye en otro tipo de botella de diferente forma y tamaño.

3. Evaluar la resistencia al corte de muretes variando el espesor de sus juntas en morteros.

5.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

ADIMAK (2014) - Reciclaje ¿Qué tanto nos interesa?

Barón F, (2012, 18 de junio). La cumbre del planeta (Sociedad). El país.

Barrera H., Faundez D., Luna P. (2002) - Estudio de los morteros de junta, según NCh2256/1, bajo la óptica de la adherencia.

Chile desarrollo sustentable (2015) - Tomar agua embotellada le está haciendo mal al planeta.

Alfaro Evelyn (2014) - Académica del Departamento de Química y Medio Ambiente de la Universidad Federico Santa María.
Ministerio del Medio Ambiente (2015) - Cifras de residuos sólidos en chile.

Feria internacional del plástico, Fullplast Chile (2015) - Estadística de la Industria del Plástico (asipla).

Fernández, L., Marín, F., Varela, J., Vargas, G., (2009), Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. (Documento electrónico).

Gallardo Geovanne (2014) - Evaluación técnico económica y resistencia al fuego de paneles fabricados con ladrillo ecológico – Tesis para optar al título de ingeniero constructor - Universidad de Valparaíso, Chile.

Gavilán Juan (2014) - Evaluación térmica y acústica de paneles fabricados con ladrillo ecológico - Tesis para optar al título de ingeniero constructor - Universidad de Valparaíso, Chile.

Gómez Alex (2014) – Estudio experimental para evaluar la factibilidad de emplear PET reciclado como adición a ladrillos de suelo cemento – Memoria para optar al título de ingeniero constructor – Universidad de Valparaíso, Chile.

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (2010). Manual del albañil de ladrillos cerámicos. Santiago, Chile: Autor.

Lara Ignacio (2014) – Lego – ladrillo de PET, arcilla y camento: estabilidad y fisuramiento. Análisis presupuestario con ladrillo princesa – Memoria para optar al título de ingeniero constructor – Universidad de Valparaíso, Chile.

Lamana, A., Delfin, F., Bullemore, M., (1970). Estudio experimental de la adherencia entre mortero y bloques de hormigón, vol.9.

Loreto Davis (2011) - Arquitectura PET, entrevista a Andreas Froese.

María Juicia (2014) – Estudio experimental para evaluar la factibilidad de emplear PET reciclado como adición en morteros – Memoria para optar al título de ingeniero constructor - Universidad de Valparaíso, Chile.

Parra Charlotte (2014) - Evaluación de la resistencia básica al corte de los muros construidos con ecoladrillo - Tesis para optar al título de ingeniero constructor - Universidad de Valparaíso, Chile.

Peña Paola (2012) – Evaluación de la permeabilidad del agua, de morteros con adiciones variables de PET reciclado – Memoria para optar al título de ingeniero constructor – Universidad de Valparaíso, Chile.

Reynolds Michael (2007) - Garbage Warrior documental sobre la historia de Michael Reynolds.

Riveros J, (2012, 2 de julio).Juntó 4.000 botellas plásticas para levantar su casa propia (economía). Las Últimas Noticias, Pág. 16. (Revista)

Rixom M.R. (1984). Aditivos para los hormigones composición, propiedades y empleo. Barcelona, España. (Editores técnicos asociados, s.a.)

Salazar José (1993) – Verificación de una metodología de ensayo para medir adherencia en unidades de albañilería de ladrillo – memoria para optar al título de ingeniero constructor - Universidad de Valparaíso, Chile.

Sandoval Carlos (2015) – Influencia sobre la adherencia mortero – ladrillo del aditivo impermeabilizante en albañilería – Tesis para optar al título de ingeniero constructor – Universidad de Valparaíso, Chile.

Sanz, D. (2012). ¿Cuánto tardan en degradarse los desechos? En ecología verde desarrollo sostenible para un mundo mejor. Recuperado el 8 de marzo de 2016, de http://www.ecologiaverde.com/cuanto-tardan-en-degradarse-los-desechos/.

Scholz, CH, (2002). La mecánica de terremotos y con errores. Universidad de Cambridge. (Documento electrónico).

Sika, (2016). Sika-Látex aditivo para la adherencia de morteros y revestimientos.

Zabaleta G (1989) - Manual del mortero, Instituto Chileno del cemento y hormigón.

NORMAS NACIONALES

Instituto nacional de normalización (1967). Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento. (No. De publicación Nch 158). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (1977). Áridos para morteros y hormigón – tamizado y determinación de la granulometría. (No. De publicación Nch 165). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (2001). Construcción – ladrillos cerámicos ensayos. (No. De publicación Nch 167). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (1985). Hormigón requisito generales. (No. De publicación Nch 170). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (1977). Árido para morteros y hormigón – determinación de las densidades real y neta de la absorción de agua de las arenas. (No. De publicación Nch 1239). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (2003). Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo. (No. De publicación Nch 2123). Santiago, Chile: Autor.

Instituto nacional de normalización (2001). Morteros – Requisitos generales. (No. De publicación Nch 2246/1). Santiago, Chile: Autor.