

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

**DISEÑO DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON  
INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO COMO MATERIAL  
DE RELLENO**

**AXEL OJEDA VALENZUELA**

**2018**

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCIÓN

“REY BALDUINO DE BELGICA”

DISEÑO DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN  
ECO-LADRILLO COMO MATERIAL DE RELLENO

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno : Axel Jaime Ojeda Valenzuela.

Profesor Guía: Sr. Christopher Pérez M.

2018



## RESUMEN

El presente trabajo de título busca proponer un bloque de hormigón que reutilice residuos plásticos mediante la incorporación de un eco-ladrillo como material de relleno. Esta propuesta constructiva busca elaborar un bloque de hormigón como una alternativa adicional en la construcción de muros perimetrales, y que además sea sustentable y amigable con el medio ambiente.

El principal objetivo es proponer un bloque de hormigón reutilizando residuos plásticos, mediante la incorporación de un eco-ladrillo, para ello se establecieron una serie de objetivos específicos que ayudaran a desarrollar de mejor manera el tema en cuestión.

El primer capítulo del trabajo clasifica los plásticos, botellas y bolsas según una serie de características, para luego seleccionar e identificar los plásticos que conformaran el eco-ladrillo.

El segundo capítulo abarca el diseño los bloques, diseño de los elementos que lo conforman, confecciones, ensayos de materiales, dosificaciones y la confección de los bloques

El tercera capítulo abarca los ensayos de resistencia a la compresión realizados a los bloques confeccionados, donde se incorporan resultados obtenidos y registros fotográficos.

En el cuarto capítulo se desarrolla un muro como idea de proyecto para la universidad, el cual será confeccionado a base de bloques de hormigón con eco-ladrillos y bloques convencionales, para luego realizar una evaluación económica y comparar los resultados obtenidos.

Finalmente se señalan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del trabajo de título.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA .....	3
METODOLOGÍA PROPUESTA .....	4
OBJETIVOS .....	5
MARCO NORMATIVO.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
REGLA DE LAS TRES R .....	7
EL PLÁSTICO.....	8
POLIETILENO TEREFTALATO.....	10
LADRILLOS ECOLÓGICOS .....	13
EL ECO-LADRILLO.....	14
BLOQUES DE HORMIGÓN.....	16
EL HORMIGÓN.....	19
CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN LOS RESIDUOS PLÁSTICOS A UTILIZAR EN LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO .....	21
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS .....	22
1.1.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU NATURALEZA.....	22
1.1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ESTRUCTURA INTERNA .....	23
1.1.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU METODO DE CONFORMADO.....	24
1.1.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TAMAÑO .....	25
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS.....	26
1.2.1 ENVASES CARBONATADOS.....	27
1.2.2 ENVASES NO CARBONATADOS.....	28
1.2.3 ENVASES HOT FILL.....	29
1.2.4 ENVASES LÁCTEOS.....	30
1.2.5 ENVASES PARA ACEITES.....	31
1.2.6 ENVASES LIMPIEZA .....	32

1.3 SELECCIÓN DE LA BOTELLA PLÁSTICA.....	33
1.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS BOLSAS PLÁSTICAS .....	34
1.4.1 BOLSAS TIPO CAMISETA .....	35
1.4.2 BOLSAS POLIETILENO TRANSPARENTE.....	36
1.4.3 BOLSAS PARA BOUTIQUE .....	37
1.4.4 BOLSAS DE POLIPROPILENO .....	38
1.4.5 BOLSAS PARA LA BASURA .....	39
1.4.6 BOLSAS ZIPPER .....	40
1.4.7 BOLSAS PULL PACK.....	41
1.4.8 BOLSAS BIODEGRADABLES .....	42
1.5 SELECCIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS .....	43
1.6 RESUMEN.....	45
<b>CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO Y DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL .....</b>	<b>46</b>
2.1 DISEÑO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO EN SU INTERIOR .....	47
2.1.1 CORTES EN EL BLOQUE.....	49
2.2 DISEÑO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL .....	52
2.3 CONFECCIÓN DEL ECO-LADRILLO .....	54
2.3.1 RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS .....	54
2.3.2 CONDICIONES MÍNIMAS.....	54
2.3.3 LAVADO Y SECADO DE LAS BOTELLAS.....	55
2.3.4 MATERIALES Y HERRAMIENTAS .....	56
2.3.5 LLENADO DE LAS BOTELLAS .....	57
2.3.6 LLENADO DE LA BOTELLA PASO A PASO.....	58
2.3.7 DATOS OBTENIDOS.....	61
2.4 DISEÑO Y CONFECCIÓN DEL MOLDAJE .....	62
2.4.1 DISEÑO DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO. ....	62

2.4.2 CONFECCIÓN DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECOLADRILLO.....	64
2.4.3 DISEÑO DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	66
2.4.4 CONFECCIÓN DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	68
2.5 DISEÑO Y CONFECCIÓN DE LA MALLA PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCOPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO.....	70
2.5.1 DISEÑO DE LA MALLA .....	70
2.5.2 CONFECCIÓN DE LA MALLA. ....	72
2.6 DISEÑO Y CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN.....	74
2.6.1 ENSAYOS DE ARIDO GRUESO .....	74
2.6.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA .....	74
2.6.1.2 ENSAYO DE HUMEDAD.....	77
2.6.1.3 ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE COMPACTA.....	78
2.6.1.3 ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE SUELTA .....	79
2.6.1.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN .....	81
2.6.2 ENSAYOS DE ARIDO FINO.....	83
2.6.2.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA .....	83
2.6.2.2 ENSAYO DE HUMEDAD.....	85
2.6.2.3 ENSAYO DE ABSORCIÓN .....	86
2.6.3 DISEÑO DEL HORMIGÓN .....	88
2.6.3.1 DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA MEDIA .....	88
2.6.3.2 ELECCIÓN DE TRABAJABILIDAD DEL HORMIGÓN .....	89
2.6.3.3 DOSIS TENTATIVA DE AGUA PARA EL HORMIGÓN .....	90
2.6.3.4 DETERMINACIÓN DE LA RAZÓN AGUA CEMENTO.....	91
2.6.3.5 DOSIS DE ARIDO GRUESO .....	92
2.6.3.6 DOSIS DE ARENA PARA EL HORMIGÓN.....	93
2.6.3.7 CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA .....	94
2.6.4 DOSIFICACIÓN PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON ECOLADRILLO.....	95

2.6.5 DOSIFICACIÓN PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL .....	96
2.6.7 CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN .....	97
2.6.8 DESMOLDAJE DE LOS BLOQUES .....	107
2.6.9 CURADO DE LOS BLOQUES .....	109
CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS BLOQUES FABRICADOS EN LABORATORIO.....	
3.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO .....	111
3.1.1 REGISTRO DE RESULTADOS .....	113
3.1.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	114
3.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN CONVENCIONALES .....	120
3.2.1 REGISTRO DE RESULTADOS .....	121
3.2.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	122
3.3 RESUMEN COMPARATIVO .....	127
CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN ECONÓMICA DE UN PROYECTO CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CON ECO-LADRILLOS Y OTRO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CONVENCIONALES. ....	
4.1 PROYECTO.....	129
4.2 UBICACIÓN .....	129
4.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL CERCO ACTUAL EXISTENTE .....	131
4.4 MURO PERIMETRAL CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CON ECO-LADRILLOS.....	133
4.4.1 DISEÑO DEL MURO .....	133
4.4.2 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.....	136
4.4.3 PRESUPUESTO .....	142
4.5 MURO PERIMETRAL CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CONVENCIONALES .....	143
4.5.1 DISEÑO DEL MURO .....	143
4.5.2 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO.....	144
4.5.3 PRESUPUESTO .....	148

4.6 RESUMEN COMPARATIVO .....	149
CONCLUSIONES .....	151
BIBLIOGRAFÍA .....	153

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1. Ensayo de resistencia a la compresión. ....	127
--	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-A. Dimensiones normales de los bloques huecos de hormigón.....	17
Tabla 1-B. Resistencia mínima a la compresión en bloques huecos de hormigón. ....	18
Tabla 1-1. Clasificación de los elementos que conforman el ecoladrillo. ....	45
Tabla 2-1. Granulometría grava. ....	75
Tabla 2-2. Granulometría arena. ....	83
Tabla 2-3. Nivel de confianza. ....	88
Tabla 2-4. Factor S.....	89
Tabla 2-5. Trabajabilidad del hormigón.....	89
Tabla 2-6. Dosis tentativa de agua. ....	90
Tabla 2-7. Dosis de árido grueso. ....	92
Tabla 2-8. Correcciones por humedad y absorción de agua. ....	94
Tabla 3-1. Calendario de fechas para el ensayo de los bloques con eco-ladrillo.....	112
Tabla 3-2. Registro de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.....	113
Tabla 3-3. Calendario de fechas para el ensayo de los bloques convencionales. ....	120
Tabla 3-4. Registro de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.....	121
Tabla 4-1. A.P.U escarpe. ....	136
Tabla 4-2. A.P.U trazado y replanteo.....	137
Tabla 4-3. A.P.U excavación de cimiento. ....	138
Tabla 4-4. A.P.U emplantillado G10. ....	138
Tabla 4-5. A.P.U hormigonado de cimiento G20. ....	139
Tabla 4-6. A.P.U colocación enfierradura de pilar. ....	139
Tabla 4-7. A.P.U levantamiento de albañilería. ....	140
Tabla 4-8. A.P.U confección moldaje de pilares. ....	140
Tabla 4-9. A.P.U hormigonado de pilares.....	141
Tabla 4-10. A.P.U desmoldaje. ....	141
Tabla 4-11. Presupuesto del muro a base de bloques con eco-ladrillos.....	142
Tabla 4-12. A.P.U escarpe. ....	144

Tabla 4-13. A.P.U trazado y replanteo.....	145
Tabla 4-14. A.P.U excavación cimiento. ....	145
Tabla 4-15. A.P.U emplantillado. ....	146
Tabla 4-16. A.P.U hormigonado de cimiento. ....	146
Tabla 4-17. A.P.U levantamiento de albañilería. ....	147
Tabla 4-18. Presupuesto del muro a base de bloques convencionales.....	148
Tabla 4-19. Resumen comparativo de los bloques confeccionados.....	149
Tabla 4-20. Resumen comparativo del muro confeccionado.....	150
Tabla 4-21. Resumen comparativo de 1 m2 de muro. ....	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-A. Estructura química de polietileno tereftalato.....	11
Figura 1-B. Símbolo identificador de productos fabricados con PET. ....	11
Figura 1-C. Botellas Hot Fill.....	12
Figura 1-D. Ecoladrillo típico. ....	14
Figura 1-E. Bloque de hormigón convencional .....	16
Figura 1-1. Botellas carbonatadas .....	27
Figura 1-2. Botellas no carbonatadas .....	28
Figura 1-3. Botellas hot fill .....	29
Figura 1-4. Envases lácteos.....	30
Figura 1-5. Envases para aceites .....	31
Figura 1-6. Envases para agentes químicos .....	32
Figura 1-7. Bolsas plásticas tipo camiseta .....	35
Figura 1-8. Bolsa polietileno transparente .....	36
Figura 1-9. Bolsas de boutique .....	37
Figura 1-10. Bolsas de polipropileno.....	38
Figura 1-11. Bolsas de basura .....	39
Figura 1-12. Bolsas zipper resellable .....	40
Figura 1-13. Bolsas pull pack .....	41
Figura 1-14. Bolsa biodegradable .....	42
Figura 2-1. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista frontal. ....	47
Figura 2-2. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista superior.....	48
Figura 2-3. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista lateral.....	48
Figura 2-4. Indicativo de corte A-A.....	49
Figura 2-5. Indicativo de corte B.B.....	49
Figura 2-6. Indicativo de corte C-C. ....	50
Figura 2-7. Corte A-A en bloque con eco-ladrillo .....	50
Figura 2-8. Corte B-B en bloque con eco-ladrillo .....	51

Figura 2-9. Corte C-C en bloque con eco-ladrillo. ....	51
Figura 2-10. Diseño bloque de hormigón convencional, vista superior. ....	52
Figura 2-11. Diseño bloque de hormigón convencional, vista frontal. ....	53
Figura 2-12. Diseño bloque de hormigón convencional, vista lateral. ....	53
Figura 2-13. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista superior. ....	62
Figura 2-14. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista frontal. ....	63
Figura 2-15. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista lateral. ....	63
Figura 2-16. Diseño moldaje para bloque convencional, vista superior. ....	66
Figura 2-17. Diseño moldaje para bloque convencional, vista frontal. ....	67
Figura 2-18. Diseño moldaje para bloque convencional, vista lateral. ....	67
Figura 2-19. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista superior. ....	70
Figura 2-20. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista frontal. ....	71
Figura 2-21. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista lateral. ....	71
Figura 2-22. Curva granulometría grava. ....	76
Figura 2-23. Curva granulometría arena. ....	84
Figura 4-1. Ubicación Universidad técnica Federico Santa María. ....	129
Figura 4-2. Ubicación del muro perimetral. ....	130
Fotografía 4-2. Cerco perimetral existente, zona media. ....	131
Figura 4-3. Diseño muro perimetral con bloques con eco-ladrillos. ....	134
Figura 4-4. Detalle sección muro. ....	134
Figura 4-5. Detalle bloque. ....	135
Figura 4-6. Detalle desnivel en muro. ....	135
Figura 4-7. Diseño muro perimetral con bloques convencionales. ....	143

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1. Botella Watts de 1,5 litros.....	33
Fotografía 1-2. Bolsa tipo camiseta .....	43
Fotografía 1-3. Bolsa tipo boutique .....	44
Fotografía 2-1. Botellas secadas al sol.....	55
Fotografía 2-2. botellas plásticas y varilla de metal.....	56
Fotografía 2-3. Bolsas plásticas almacenados en una bolsa de basura .....	57
Fotografía 2-4. botellas plásticas llenada hasta $\frac{1}{4}$ de su capacidad .....	58
Fotografía 2-5. Compactado de las bolsas plásticas.....	59
Fotografía 2-6. Incorporación de bolsas plásticas.....	60
Fotografía 2-7. Eco-ladrillos terminados .....	60
Fotografía 2-8. Moldaje confeccionado.....	65
Fotografía 2-9. Moldaje confeccionado .....	69
Fotografía 2-10. Malla hexagonal galvanizada.....	73
Fotografía 2-11. Paralelepípedo malla hexagonal galvanizada.....	73
Fotografía 2-12. Registro de la masa de la grava aparente compacta.....	79
Fotografía 2-13. Muestra de grava aparente suelta.....	80
Fotografía 2-14. Muestra de grava sumergida en agua.....	82
Fotografía 2-15. Calculo para determinar razón agua cemento.....	91
Fotografía 2-16. Aplicación de desmoldante.....	98
Fotografía 2-18. Dosificación de la grava.....	98
Fotografía 2-19. Dosificación de la arena.....	99
Fotografía 2-20. Dosificación del cemento.....	99
Fotografía 2-21. Dosificación del agua.....	100
Fotografía 2-22. Amasado del hormigón.....	101
Fotografía 2-23. Ensayo del cono de Abrams.....	102
Fotografía 2-24. Moldaje hormigonado.....	103
Fotografía 2-25. Vibrado del hormigón.....	104

Fotografía 2-26. Moldaje hormigonado. ....	105
Fotografía 2-27. Moldajes interiores extraídos. ....	105
Fotografía 2-28. Bloque convencional con moldaje auxiliar. ....	106
Fotografía 2-29. Moldaje extraído. ....	107
Fotografía 2-30. Bloques de hormigón con eco-ladrillo desmoldados. ....	108
Fotografía 2-31. Bloques de hormigón convencionales desmoldados. ....	108
Fotografía 2-32. Cámara de curado. ....	109
Fotografía 2-33. Curado de los bloques con eco-ladrillo. ....	110
Fotografía 2-34. Curado de los Bloques convencionales. ....	110
Fotografía 3-1. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 7 días. ....	114
Fotografía 3-2. Bloque con eco-ladrillo en la prensa. ....	114
Fotografía 3-3. Registro de datos en el equipo. ....	115
Fotografía 3-4. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo. ....	115
Fotografía 3-5. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 14 días. ....	116
Fotografía 3-6. Bloque con eco-ladrillo en la prensa. ....	116
Fotografía 3-7. Registro de datos en el equipo del bloque con eco-ladrillo. ....	117
Fotografía 3-8. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo. ....	117
Fotografía 3-9. Bloque con eco-ladrillo después de ensayar a los 14 días. ....	118
Fotografía 3-10. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 28 días. ....	118
Fotografía 3-11. Registro de datos en el equipo del bloque con eco-ladrillo. ....	119
Fotografía 3-12. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo. ....	119
Fotografía 3-13. Bloque convencional antes de ensayar a los 7 días. ....	122
Fotografía 3-14. Bloque convencional en la prensa. ....	122
Fotografía 3-15. Registro de datos en el equipo del bloque convencional. ....	123
Fotografía 3-16. Grafica de resultados del ensayo del bloque convencional. ....	123
Fotografía 3-17. Bloque convencional después de ensayar a los 7 días. ....	124
Fotografía 3-18. Bloque convencional antes de ensayar a los 14 días. ....	124
Fotografía 3-19. Bloque convencional en la prensa. ....	125
Fotografía 3-20. Registro de datos en el equipo del bloque convencional. ....	125
Fotografía 3-21. Grafica de resultados del ensayo del bloque convencional. ....	126

Fotografía 3-22. Bloque convencional después de ensayar a los 14 días .....	126
Fotografía 4-1. Cerco perimetral existente, entrada.....	131
Fotografía 4-2. Cerco perimetral existente, zona media .....	131
Fotografía 4-3. Cerco perimetral existente, zona posterior.....	132

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación por plásticos es uno de los problemas ambientales más importantes que enfrentamos hoy. Este material no se degrada, sino que permanece cientos, incluso miles de años. Impacta directamente al medio ambiente, en nuestra salud y bienestar, por lo tanto, se transforma también en un problema social, económico y de salud pública.

Un estudio realizado por la ONU indica que se espera que para 2050 habrá más plásticos que peces en los océanos, en este contexto se calcula que alrededor de 13 millones de toneladas de residuos plásticos llegan cada año a los océanos, según la organización se estima que aproximadamente cada 2.6 kilómetros cuadrados de océano hay 46.000 piezas de plástico de varios tamaños. Otro estudio realizado en 2015 determinó que, con una muestra de 700 especies, el 92% de éstas contenían desechos plásticos.

Hacia finales de la década de los 80, los científicos descubrieron una mancha de basura al norte del océano Pacífico, ubicada en las cercanías de la costa de California en Estados Unidos, se estima que su peso se encuentra en las 80 mil toneladas de basura y posee 1,8 billones de piezas de plástico, las cuales equivalen al 99% de la gran mancha de basura.

De acuerdo con The Waste Atlas, Chile lidera generación de basura per cápita en Sudamérica, con 456 kilogramos ubicándose inclusive por delante de Brasil, Uruguay, Panamá y Argentina. Hoy, cada chileno produce 1,25 kilogramos de basura diaria, lo que representa más de 21.000 toneladas a nivel nacional, donde el 11% del total son desechos plásticos.

El gobierno de Chile ya ha tomado medidas al respecto luego de que se implementara la Ley 20.920 que establece el marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje, promulgada en mayo de 2016, busca disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valoración, con la finalidad de proteger a la salud de las personas y el medio ambiente.

Entre otras disposiciones, la ley introduce en Chile el sistema de Responsabilidad Extendida del Productor, que es un instrumento de gestión de residuos, en que los productores o importadores de elementos que han sido definidos como productos prioritarios, tienen la obligación de organizar y financiar la gestión de los residuos originados por esos productos. Es importante que en esta misma materia se aprobó un proyecto de ley que prohíbe la entrega de bolsas plásticas de comercio, la aplicación de esta ley será gradual, en una primera etapa los establecimientos podrán entregar un máximo de dos bolsas por compra, seis meses después, las empresas grandes tendrán prohibición total de entregar bolsas plásticas, de no tomar las medidas correspondientes las multas podrían alcanzar las 5 UTM por cada bolsa entregada. Se espera que para el 2020 Chile sea el primer país de América latina en eliminar completamente la entrega a bolsas plástica en el comercio.

Debido a los altos índices de contaminación y el daño que este genera en el medio ambiente es que la sociedad ha tomado conciencia con respecto al reciclaje y la reutilización de desechos, es por esta razón que distintas organizaciones han buscado una forma innovadora de reutilizar residuos plásticos. Una de esas alternativas es la confección de ladrillos ecológicos, el cual se fabrica a partir de botellas recicladas PET que son rellenas con desechos plásticos. Este invento propone una solución simple al problema de la disposición final del objeto, pues ya cumplida su función para la cual fue diseñada se le da un nuevo uso.

## **JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

El presente trabajo de título busca proponer un bloque de hormigón innovador, su confección incorporará en su interior bolsas plásticas dentro de una botella plástica que irá ubicada en el centro del bloque, este diseño permitirá reutilizar residuos plásticos que ya han finalizado su vida útil para así otorgar un ciclo cerrado a estos desechos. La propuesta de este bloque de hormigón tiene por finalidad proponer una solución alternativa en la fabricación de cierros perimetrales a base de bloques de hormigón, otorgando un nuevo uso a los plásticos ya desechados, incorporándolos como material de relleno mediante un eco-ladrillo. Además, se busca otorgar un elemento estándar para la construcción con eco-ladrillos, pues en la actualidad la construcción con eco-ladrillos es de carácter artesanal y sin ningún respaldo técnico y normativo.

## **METODOLOGÍA PROPUESTA**

El procedimiento de trabajo para la realización del presente trabajo de título busca elaborar un bloque de hormigón con residuos plásticos como material de relleno para realizar un estudio técnico económico del elemento fabricado. Para lograr este objetivo se comenzará con la recopilación de información referente a ladrillos ecológicos, características, confección, aplicaciones etc. Finalizada esta etapa se confeccionará el diseño del bloque de hormigón, a su vez se recopilarán botellas de la marca WATTS de 1,5 litros y también residuos plásticos provenientes de diversos productos, como, por ejemplo: envases de golosinas, bolsas, plásticos blandos en general. Concluida la fase de diseño y recopilación de desechos plásticos se iniciará la etapa de fabricación, previo a esto se realizarán las dosificaciones y ensayos de materiales correspondientes. Se deberá confeccionar ladrillos ecológicos, ladrillos convencionales, moldaje y hormigón. Finalizada la fabricación de los bloques se realizarán ensayos de compresión a los 7,14 y 28 días desde el hormigonado de los bloques. Terminada esta etapa se da inicio al análisis de los resultados obtenidos de los ensayos, mediante la confección de tablas, gráficos comparativos, conclusiones, además para concluir se realizará un proyecto tipo de un cierre perimetral confeccionado con bloques de hormigón con ecoladrillos y con bloques de hormigón convencionales, para realizar un análisis económico y comparar resultados.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un bloque de hormigón reutilizando residuos plásticos, mediante la incorporación de un eco-ladrillo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Clasificar los residuos plásticos a utilizar en la fabricación del bloque de hormigón con incorporación de un eco-ladrillo.
- Diseñar un bloque de hormigón con incorporación de un eco-ladrillo y un bloque convencional.
- Realizar ensayos de resistencia a la compresión a los bloques fabricados en laboratorio.
- Comparar económicamente un proyecto confeccionado con bloques de hormigón con eco-ladrillos y otro con bloques de hormigón convencionales.

## MARCO NORMATIVO

- NCh170 of 2016 Hormigón requisitos generales.
- NCh1018 of 2009 Hormigón, preparación de mezclas para ensayos en laboratorio.
- NCh1019 of 2009 Hormigón, determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams.
- NCh1037 of 2009 Hormigón, ensayo de compresión de probetas cubicas y cilíndricas.
- NCh1116 of 2008 Áridos para morteros y hormigones, determinación de la densidad aparente
- NCh181 of 1965 Bloques huecos de hormigón de cemento.
- NCh182 of 1955 Ensayos de bloque de hormigón.
- Ley N° 20.920 De reciclaje y acopio de residuos.
- Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

## **MARCO TEÓRICO**

### **REGLA DE LAS TRES R**

Debido a la grave amenaza de la invasión de desechos en distintos ecosistemas del planeta es que se estableció el 17 de mayo como Día Mundial del Reciclaje, el cual tiene como objetivo generar conciencia planetaria

En este sentido, una de las claves que Greenpeace promociona es una conducta que resulta especialmente efectiva y que es conocida como la regla de las tres R, que consiste en reducir, reutilizar y reciclar.

Reducir consiste en disminuir el consumo, tanto energético como de bienes materiales, de esta manera estamos reduciendo también el problema. Su finalidad es disminuir el gasto de materias primas, agua y bienes de consumo. Estamos hablando de promover el consumo consciente, el consumo que da cuenta de los costos ambientales tanto como de los meramente económicos: uso adecuado de los automóviles, consumo pertinente de energía en la casa y el trabajo, manejo consciente del agua etc.

Reutilizar consiste en alargar la vida útil de un producto, por lo tanto, antes de desecharlo y sustituirlo, se le debe otorgar un uso similar o distinto para el cual fue fabricado. La reutilización puede ser algo más complejo que la reducción, pues esta implica creatividad, una vez que el objeto ha cumplido con su función primaria, debemos darle un nuevo empleo, que en muchas ocasiones exigirá un rediseño o adecuación de los objetos y de sus empaques.

Reciclar consiste en realizar una serie de procesos industriales que, partiendo de unos residuos originarios y sometiéndolos a tratamientos físicos, químicos o biológicos dan como resultado un nuevo producto.

## EL PLÁSTICO

El término plástico proviene del griego “plastikos” que significa que se puede moldear. Se refiere a la maleabilidad, o plasticidad, del material durante la fabricación, lo que permite fundirlo, prensarlo o extrusionarlo para obtener diferentes formas, como láminas, fibras, placas, tubos, botellas, cajas etc.

Los plásticos son materiales formados por moléculas llamadas polímeros, formadas por largas cadenas de átomos que contiene materiales de origen orgánico y de elevado peso molecular. Están conformados principalmente de carbono y de otros elementos como el hidrogeno, oxígeno, nitrógeno o azufre.

Los plásticos se pueden clasificar según: su naturaleza y según su estructura interna.

Por su naturaleza:

- **De origen natural:** estos se obtienen directamente de materias primas como: la celulosa.
- **De origen sintético:** Los plásticos sintéticos se elaboran a partir de compuestos derivados del petróleo, el gas natural o el carbón.

Por su estructura interna:

- **Termoplásticos:** Son aquellos que, por su estructura interna, formada por cadenas lineales, se desarmen con el calor y se reconstruyen al enfriarse, pueden fundirse y volver a fabricarse muchas veces, tienen buena capacidad para el reciclado, se ablandan con el calor, pudiéndose moldear con nuevas formas que se conservan al enfriarse.
- **Termoestables:** Son aquellos que, por su estructura interna, formada por cadenas entrecruzadas, se degradan con el calor antes de que el plástico se funda, solo pueden fundirse y fabricarse una vez, son frágiles y rígidos.

- **Elastómeros:** Son un tipo de termoestables, con lo cual solo pueden fundirse una vez, pero debido a su estructura interna con cadenas ramificadas, presentan un elevado grado de elasticidad. Se caracterizan por su gran elasticidad, adherencia y baja dureza. Estructuralmente son intermedios entre los termoplásticos y los termoestable.

En la familia de los termoplásticos se encuentran:

- Acrilonitrilo-butadieno-estireno
- Policarbonato
- Polietileno
- Polietileno tereftalato
- Policloruro de vinilo
- Polimetilmetacrilato
- Polipropileno
- Poliestireno
- Poliestireno expandido
- Polietileno de alta densidad
- Polietileno de baja densidad
- Otros

En la familia de los termoestables se encuentran:

- Epóxido
- Fenol-formaldehído
- Poliuretano
- Politetrafluoroetileno
- Resinas de poliéster insaturado

En la familia de los elastómeros se encuentran:

- Caucho natural
- Caucho sintético
- Neopreno

## **POLIETILENO TEREFALATO**

El PET es un material termoplástico, cuyo nombre técnico es polietileno tereftalato, es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad, Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante: extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termo conformado.

Aspectos positivos:

- Transparencia
- Resistencia al desgaste y corrosión
- Resistencia química
- Resistencia térmica
- Reciclable
- Aprobado para el uso en productos en contacto con alimentos.
- Baja absorción de humedad

En la siguiente figura se muestra la estructura química del PET

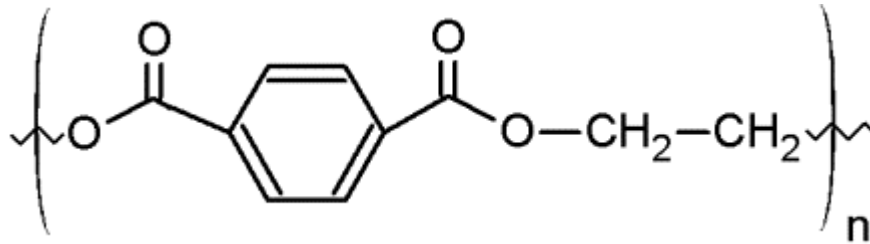


Figura 1-A. Estructura química de polietileno tereftalato.  
Fuente: CMF S.A

Las botellas fabricadas con PET se identifican con un símbolo, este consiste en un triángulo de flechas alrededor de un número 1, con la sigla PET escrita debajo.



Figura 1-B. Símbolo identificador de productos fabricados con PET.  
Fuente: CMF S.A

El PET se utiliza en la fabricación de envases que son utilizados en para el transporte de líquidos para el consumo humano. Entre estos se encuentra el envase Hot Fill, que son botellas utilizados en refrescos, como jugos Watts, jugos Andina, bebidas Gatorade entre otros.

Estas botellas de PET resultan del proceso de soplado, se caracterizan por resistir líquidos o contenidos a altas temperaturas de llenado, hasta 89 °C, esto gracias al diseño de la botella y la resina PET especial para este envase.



Figura 1-C. Botellas Hot Fill.  
Fuente: CMF S.A

## LADRILLOS ECOLÓGICOS

Los ladrillos ecológicos son un elemento clave en la arquitectura ecológica, sin embargo, el término agrupa diferentes tipos de ladrillos en base a su materialidad, aplicaciones y procesos de fabricación, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Ladrillos a base de cenizas de carbón:** Este ladrillo se fabrica con residuos provenientes de las centrales térmicas de carbón. Entre sus propiedades se encuentran que son más ligeros y consumen menos energía al necesitar tan sólo una temperatura de cocción de 60° C.
- **Ladrillos a base de cañamo y paja:** Este ladrillo ecológico fabricado con cañamo y paja tiene propiedades térmicas que supone un ahorro del gasto de energía en calefacción y aire acondicionado.
- **Ladrillos a base de plástico triturado:** Este ladrillo ecológico utiliza como materia prima el plástico PET reciclado, su producción no daña el medio ambiente, además en su fabricación se reciclan 20 botellas plásticas grandes.
- **Eco-ladrillos:** Los ecoladrillos son elementos de construcción fabricados con botellas plásticas PET rellenas con residuos limpios y secos, no reciclables y no peligrosos. Son una solución simple, que convierte desechos muy contaminantes, en materiales de construcción.

## EL ECO-LADRILLO

Los ecoladrillos son elementos de construcción fabricados con botellas plásticas PET rellenas con residuos limpios y secos, no reciclables y no peligrosos. Son una solución simple, que convierte desechos muy contaminantes, en materiales de construcción local, ecológicos, de bajo costo y alta calidad

Ventajas de utilizar el ecoladrillo:

- Reduce la contaminación en el medioambiente.
- Confección sencilla.
- Reutiliza residuos.
- De fácil transporte y almacenaje.
- En conjunto es un elemento limpio.
- Ahorro económico en material de relleno.
- Variedad de aplicaciones



Figura 1-D. Ecoladrillo típico.

Fuente: Greenpeace Chile

Para la fabricación de un ecoladrillo es necesario recolectar los siguientes materiales:

- Recolectar residuos plásticos limpios y secos, no peligrosos, de carácter blando.
- Recolectar botellas PET.
- Varilla de madera o metal.

Una vez reunidos los elementos a reutilizar, se puede comenzar con la confección del ecoladrillo, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Retirar la lámina plástica de la botella PET.
- Lavar y secar la botella PET.
- Retirar la tapa de la botella y guardar.
- Incorporar los residuos plásticos en el interior de la botella PET.
- Compactar los residuos, mediante el uso de la varilla.
- Repetir el proceso de compactación de los residuos, hasta lograr una botella rígida.
- Sellar la botella con la tapa.

## **BLOQUES DE HORMIGON**

Los bloques de hormigón son elementos que se usan para la construcción de muros de albañilería, pegándolos entre sí mediante mortero, son fáciles de maniobrar y pueden ser aplicado en albañilería armada y/o confinada.

Se elaboran a partir de hormigones de consistencia seca, vertiendo el hormigón en un molde metálico para luego retirar el molde con la ayuda de un vibrador , dejando el bloque listo para su proceso de endurecimiento.

Por tener mayores dimensiones que el ladrillo, permite la construcción de paredes en tiempos más reducidos a los que demanda una pared de obra de ladrillo, debido a su facilidad de uso tanto en soluciones constructivas simples como estructurales, ha hecho del bloque un producto de gran demanda por constructores, arquitectos y proyectistas.

Si en los huecos de los bloques se colocan barras de acero, y se rellena estos huecos con hormigón, se pueden construir obras llamadas de albañilería armada, que trabajan en forma parecida al hormigón armado. En caso de que las albañilerías estén confinadas con pilares y vigas, estas se denominan albañilerías reforzadas.



Figura 1-E. Bloque de hormigón convencional  
Fuente: Grau

Según la NCh181 of 65 los bloques de hormigón huecos de cemento se definen como un elemento que se emplea en construcciones, cuya alma puede tener uno o más espacios huecos y cuyas paredes están constituidas por gravilla, arena y cemento.

Los bloques huecos de hormigón de cemento se pueden clasificar en dos clases:

- **Clase A:** bloques para muros soportantes
- **Clase B:** bloques para tabiques o muros no soportantes

En la siguiente tabla se indican las dimensiones normales de los bloques huecos de hormigón

Tabla 1-A. Dimensiones normales de los bloques huecos de hormigón.  
Fuente: NCh181 of 1965

<b>ANCHO</b> <b>Mm</b>	<b>ALTO</b> <b>Mm</b>	<b>LARGO</b> <b>mm</b>	<b>UNION</b> <b>mm</b>	<b>VOL.NOMINAL</b> <b>mm</b>
240	190	390	10	250x200x400
190	190	390	10	200x200x400
140	190	390	10	150x200x400
90	190	390	10	100x200x400

En la siguiente tabla se muestra la resistencia mínima a la compresión que deben soportar los bloques según su clase:

Tabla 1-B. Resistencia mínima a la compresión en bloques huecos de hormigón.  
Fuente: NCh181 of 1965

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION	
	PROMEDIO DE 5 BLOQUES Kg/cm <sup>2</sup>	INDIVIDUAL MINIMO Kg/cm <sup>2</sup>
A	45	35
B	22,5	17,5

## **EL HORMIGÓN**

El hormigón es un material que está constituido básicamente por los áridos y la pasta de cemento. Eventualmente se agregan aditivos.

Los áridos son materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Habitualmente se dividen en dos fracciones: grava y arena.

La pasta de cemento es el aglomerante del hormigón, y está formada por el cemento y el agua. Los áridos, el cemento y el agua se mezclan juntos para constituir una masa plástica y trabajable, que permite ser moldeada en la forma que desee.

El cemento y agua se combinan químicamente por un proceso de hidratación, del cual resulta el fraguado del hormigón y su endurecimiento gradual; este endurecimiento puede continuar indefinidamente bajo condiciones favorables de humedad y de temperatura, con un incremento de la capacidad resistente del hormigón. Se supone y acepta que el hormigón ha alcanzado su resistencia de trabajo al cabo de 28 días. Los hormigones siguen aumentando su resistencia, si se encuentran en condiciones favorables, en la siguiente tabla se muestran los valores promedios para cementos portland y cementos con adición.

El hormigón presenta una serie de ventajas sobre otros materiales de construcción y son las siguientes:

- Endurece y adquiere resistencia.
- Debido a su plasticidad, puede dársele cualquier forma.
- Se moldea a temperatura normal, no necesita calor.
- No se corroe.
- Es resistente al fuego, por lo menos hasta 400 °C.
- Los materiales que se emplean en su fabricación existen en todo el globo terráqueo.

Algunos requisitos en la fabricación del hormigón son los siguientes:

- **Docilidad:** Llamada también trabajabilidad, consiste en la aptitud que posee para ser transportado y colocado sin segregue, y de ser compactado adecuadamente
- **Resistencia:** Al endurecer debe cumplir los requisitos de resistencia exigidos para soportar la acción de las cargas
- **Durabilidad:** Debe permanecer inalterable en el tiempo, soportar abrasión, la humedad, ambientes químicamente agresivos, heladas.
- **Economía:** Es necesario que estas propiedades se logren a un costo razonable.

**CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN LOS RESIDUOS PLÁSTICOS A  
UTILIZAR EN LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CON  
INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO**

## 1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

### 1.1.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU NATURALEZA

Los plásticos se pueden clasificar según su naturaleza de la siguiente forma:

- **Naturales:** los plásticos naturales se obtienen directamente de materia primas como la como la celulosa, almidón de maíz etc.
- **Sintético:** los plásticos se elaboran a partir de compuestos derivados del petróleo.

De acuerdo con esta clasificación los residuos plásticos (botellas, bolsas) a utilizar como material para la fabricación del ecoladrillo se sitúan en el siguiente rango:

- Sintético

### 1.1.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ESTRUCTURA INTERNA

Los plásticos se pueden clasificar según su estructura de la siguiente forma:

- **Termoplásticos:** Son aquellos que, por su estructura interna, formada por cadenas lineales, se desarmen fácilmente con el calor y se reconstruyen al enfriarse, pueden fundirse y volver a fabricarse muchas veces.
- **Termoestables:** Son aquellos que, por su estructura interna, formada por cadenas entrecruzadas, se degradan con el calor antes de que el plástico se funda, solo pueden fundirse y fabricarse una vez.
- **Elastómeros:** Son un tipo de termoestables, con lo cual solo pueden fundirse una vez, pero debido a su estructura interna con cadenas ramificadas, presentan un elevado grado de elasticidad.

De acuerdo con esta clasificación, los plásticos a utilizar para la confección del eco-ladrillo se sitúan en la siguiente familia:

- Termoplásticos

### 1.1.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU METODO DE CONFORMADO

De acuerdo con sitio web de la empresa CMF S.A los plásticos se pueden conformar de la siguiente forma:

- **Extrusión:** La extrusión de polímeros es un proceso industrial mecánico, en donde se realiza una acción de moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma.
- **Inyección:** consiste en fundir un material plástico y hacerlo fluir hacia un molde, en donde llena una cavidad que le da una forma determinada permitiendo obtener una amplia variedad de productos.
- **Soplado:** El moldeo por soplado es un proceso utilizado para fabricar botellas o empaques de pet gracias a la expansión del material. Esto se consigue por medio de la presión que ejerce el aire en las paredes de la preforma en el interior del molde, expandiendo el plástico hasta adoptar la forma final de la pieza, para luego proceder a su extracción.
- **Extrusión-soplado:** consiste en un proceso donde se obtiene una manga tubular en estado plástico, se introduce en forma hermética en un molde, se sopla y luego se deja enfriar para su expulsión.
- **Inyección-soplado:** El proceso de inyección soplado, es una etapa que consiste en obtener un envase desde una sola máquina, en donde primero se inyecta la preforma, posteriormente se sopla, obteniendo la geometría deseada del molde, es decir el producto terminado.

De acuerdo con esta clasificación, los plásticos a utilizar para la confección del ecoladrillo se conforman de la siguiente forma:

- Extrusión (bolsas plásticas)
- Soplado (botella plástica)

#### 1.1.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TAMAÑO

De acuerdo con The Waste Atlas las bolsas plásticas se pueden clasificar según su tamaño de la siguiente forma:

- **Micro plásticos:** 0.05 – 0.5 cm
- **Meso plásticos:** 0.5 – 5 cm
- **Macro plásticos:** 5 – 50 cm
- **Mega plásticos:** Mayor a 50 cm

Esta clasificación de los plásticos busca situar a los desechos en un rango según su dimensión más larga. De acuerdo con esta clasificación los residuos plásticos a utilizar como material para fabricar el ecoladrillo se sitúan en el siguiente rango:

- Macro plásticos
- Mega plásticos

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS**

Para la identificación de las botellas plásticas se visitó la página web de la empresa CMF S.A que es una empresa chilena líder en la fabricación de envases plásticos, fabricando más de 1000 millones de unidades al año.

La finalidad de esta sección es identificar los tipos de botellas, conocer su función, características, materialidad, método de fabricación etc. Para luego seleccionar botella que se utilizara para la confección del ecoladrillo.

De acuerdo con la información recopilada, las botellas plásticas se pueden clasificar de acuerdo con su función de la siguiente forma:

- Envases carbonatados
- Envases no carbonatados
- Envases hot fill
- Envases lácteos
- Envases para aceites
- Envases de limpieza

### 1.2.1 ENVASES CARBONATADOS

Este tipo de botellas están fabricadas en plástico PET, son el resultado de un proceso de soplado, se utilizan principalmente para el envasado de gaseosas, cumplen con varios ciclos de uso, contribuyendo a la menor utilización de materias primas, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran las botellas de bebidas gaseosa de la marca Coca-cola, Sprite, Fanta etc.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en plástico PET
- Fabricada por método de soplado
- Origen sintético
- Reciclable
- Diseñado para soportar la presión interna del contenido hasta 4.4 volúmenes de CO<sub>2</sub>.



Figura 1-1. Botellas carbonatadas  
Fuente: CMF S.A

### 1.2.2 ENVASES NO CARBONATADOS

Este tipo de botellas están fabricadas en plástico PET, son el resultado de un proceso de soplado, se utilizan principalmente para el envasado de agua, su condición solo permite un ciclo de envasado, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran las botellas para el envasado de aguas de la marca Cachantun, Benedictino, Mas etc.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en plástico PET
- Fabricada por método de soplado
- Origen sintético
- Reciclable
- No retornable
- Diseñado para bebidas con bajo contenido de CO<sub>2</sub>



Figura 1-2. Botellas no carbonatadas  
Fuente: CMF S.A

### 1.2.3 ENVASES HOT FILL

Este tipo de botellas están fabricadas en plástico PET, son el resultado de un proceso de soplado, se utilizan principalmente para el envasado de jugos y bebidas energéticas, se caracterizan por resistir líquidos o contenidos a altas temperaturas de llenado, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran las botellas para el envasado de jugos de marcas como: Watts, Andina, Gatorade etc.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en plástico PET
- Fabricada por método de soplado
- Origen sintético
- Reciclable
- No retornable
- Diseñado para resistir líquidos a altas temperaturas de llenado



Figura 1-3. Botellas hot fill  
Fuente: CMF S.A

#### 1.2.4 ENVASES LÁCTEOS

Este tipo de botellas están fabricadas en polietileno, son el resultado de un proceso de extrusión soplado, estos envases cuentan con barrera a la luz, entregándole características apropiadas para los lácteos, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran los envases lácteos de marcas como: Nestle, Soprole, Colun etc.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en polietileno
- Fabricada por método de extrusión soplado
- Origen sintético
- Reciclable
- Cuenta con barrera de luz



Figura 1-4. Envases lácteos  
Fuente: CMF S.A

### 1.2.5 ENVASES PARA ACEITES

Este tipo de botellas están fabricadas en plástico PET, fabricadas con el proceso de inyecto soplado, están diseñadas para transportar líquidos viscosos, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran envases de aceites para marcas como: Natura, Jumbo, Castrol etc.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en plástico PET
- Fabricada por método de inyecto soplado
- Origen sintético
- Reciclable



Figura 1-5. Envases para aceites

Fuente: CMF S.A

### 1.2.6 ENVASES LIMPIEZA

Este tipo de botellas están fabricadas en plástico PET, fabricadas con el proceso de inyecto soplado, están diseñadas para transportar líquidos con agentes químicos de alta toxicidad, entre sus aplicaciones más conocidas se encuentran envases de limpieza para marcas como: Omo, Ace, Quix.

Entre sus principales características se encuentran las siguientes:

- Fabricado en plástico PET
- Fabricada por método de inyecto soplado
- Origen sintético
- Reciclable



Figura 1-6. Envases para agentes químicos  
Fuente: CMF S.A

### 1.3 SELECCIÓN DE LA BOTELLA PLÁSTICA

Para la confección del ecoladrillo se escogió el envase plástico de la marca Watts de 1,5 litros el cual es utilizado para el envasado de jugos de la marca antes mencionada

Características del envase:

- Fabricado en plástico PET
- Volumen: 0.00181465 m<sup>3</sup>
- Peso: 0,06 Kg
- Largo: 0.3 m
- Diámetro máximo: 0,092 m
- Fabricado mediante método de soplado
- Origen sintético



Fotografía 1-1. Botella Watts de 1,5 litros

Fuente: Propia

## **1.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS BOLSAS PLÁSTICAS**

Para la identificación de las bolsas plásticas se visitó la página web de la empresa MIL BOLSAS que es una empresa dedicada a la comercialización de todo tipo de bolsas plásticas y soluciones de embalaje

La finalidad de esta sección es identificar los tipos de bolsas, conocer su función, características, materialidad, método de fabricación etc. Para luego seleccionar las bolsas plásticas que se utilizaran para la confección del ecoladrillo.

De acuerdo con la información recopilada, las bolsas plásticas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Bolsas tipo camiseta
- Bolsas polietileno transparente
- Bolsas para boutique
- Bolsas de polipropileno
- Bolsas para la basura
- Bolsas zipper
- Bolsas pull pack
- Bolsas biodegradables

### 1.4.1 BOLSAS TIPO CAMISETA

Este tipo de bolsas es la más común de todas, pues se utiliza para el transporte de productos menores como son: alimentos, objetos pequeños y medianos.

Este tipo de bolsas es denominado “bolsas tipo camiseta”, se encuentran en una gran variedad de colores, están fabricadas en base a una combinación de polietileno de alta y baja densidad, disponible en diversos tamaños y espesores, resisten hasta 3 Kg de peso en tamaños pequeños y hasta 6 Kg en tamaños más grandes.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Peso promedio: 0,006 Kg
- Variedad de tamaños
- De origen sintético



Figura 1-7. Bolsas plásticas tipo camiseta  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.2 BOLSAS POLIETILENO TRANSPARENTE

Este tipo de bolsa está fabricado en polietileno transparente de alta y baja densidad, disponible en diversos tamaños y espesores, se utilizan principalmente en fiambrería, verdulería y carnicerías.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Color transparente
- Variedad de tamaños
- De origen sintético



Figura 1-8. Bolsa polietileno transparente  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.3 BOLSAS PARA BOUTIQUE

Este tipo de bolsa es utilizada por grandes tiendas de retail y boutique, este elemento es esencial para cualquier comercio, porque además de facilitar el transporte de la compra es un excelente vehículo de la imagen y publicidad de la empresa

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Variedad de colores
- Personalizable, incorpora logo de la empresa
- Peso promedio: 0,013 Kg
- Variedad de tamaños
- De origen sintético



Figura 1-9. Bolsas de boutique

Fuente: Mil bolsas

#### 1.4.4 BOLSAS DE POLIPROPILENO

Este tipo de bolsas se caracteriza por su resistencia a la rotura, calor y productos corrosivos. Esta bolsa se utiliza principalmente para el transporte de productos comercializados en las ferreterías como: clavos, tornillos etc.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polipropileno
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Color opaco
- Resistente a la rotura, calor, productos corrosivos
- De origen sintético
- Reciclable



Figura 1-10. Bolsas de polipropileno  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.5 BOLSAS PARA LA BASURA

Este tipo de bolsas se utiliza para el transporte de basura, se encuentra principalmente en color negro, pero también se encuentra en otros colores, se caracteriza por ser de dimensiones grandes.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Se encuentra principalmente en color negro
- De origen sintético



Figura 1-11. Bolsas de basura  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.6 BOLSAS ZIPPER

Este tipo de bolsas tiene una variedad de aplicaciones, se caracteriza por ser resellable y transparente, se utilizan para el transporte y conservado de alimentos, vegetales, juguetes, frutas, producto farmacéuticos etc. Están fabricadas en base a una combinación de polietileno de alta y baja densidad, disponible en diversos tamaños y espesores.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Resellable y transparente
- Variedad de tamaños
- De origen sintético



Figura 1-12. Bolsas zipper resellable  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.7 BOLSAS PULL PACK

Este tipo de bolsas se encuentra principalmente en los supermercados, en forma de rollos transparente que se cortan al tirar de un extremo, se utilizan para el transporte de productos de menor tamaño. Están fabricadas en base a una combinación de polietileno de alta y baja densidad.

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base a polietileno de alta y baja densidad
- Fabricadas mediante método de extrusión
- Transparente
- Se encuentra en rollos
- De origen sintético



Figura 1-13. Bolsas pull pack  
Fuente: Mil bolsas

### 1.4.8 BOLSAS BIODEGRADABLES

Este tipo de bolsa está fabricada en base a materiales vegetales renovables (almidón de maíz o ácido poliláctico). Estas bolsas se convierten en una real alternativa a las bolsas de polietileno en aquellos lugares donde se prohíba su uso, al ser su materia prima de origen vegetal y biodegradable en períodos reducidos de tiempo (180 días en ambiente de compostaje)

Entre sus características principales se encuentran:

- Fabricadas en base almidón de maíz o ácido poliláctico
- Fabricadas mediante método de extrusión y/o inyección
- Variedad de colores
- Periodo de degradación considerablemente reducido
- De origen natural



Figura 1-14. Bolsa biodegradable  
Fuente: Mil bolsas

## 1.5 SELECCIÓN DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS

Para el material de relleno del ecoladrillo se escogieron las siguientes bolsas:

- Bolsas tipo camiseta
- Bolsas para boutique
- Bolsas de polipropileno

Se escogieron las bolsas antes mencionadas debido a que se encuentran comúnmente en el hogar y además debido a su origen sintético. Con esta selección se busca estandarizar el tipo de bolsas que se incorporara en el interior de las botellas plásticas para así otorgar un relleno más uniforme del ecoladrillo.



Fotografía 1-2. Bolsa tipo camiseta  
Fuente: Propia



Fotografía 1-3. Bolsa tipo boutique  
Fuente: Propia

## 1.6 RESUMEN

En la siguiente tabla resumen se determina la clasificación de los elementos que conforman el eco-ladrillo según distintos aspectos:

Tabla 1-1. Clasificación de los elementos que conforman el ecoladrillo.

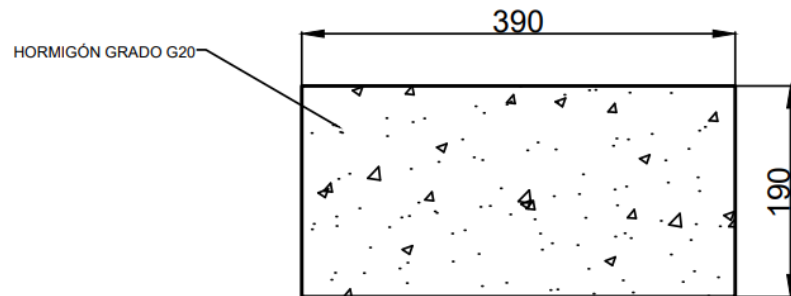
Fuente: Propia

ELEMENTO	CLASIFICACIÓN			
	SEGÚN SU NATURALEZA	SEGÚN SU ESTRUCTURA INTERNA	SEGÚN METODO DE CONFORMADO	SEGÚN SU TAMAÑO
BOTELLA WATTS DE 1.5 LITROS	SINTÉTICO	TERMOPLÁSTICO	SOPLADO	MACRO PLÁSTICO
<b>MATERIAL DE RELLENO</b>				
BOLSA TIPO CAMISETA	SINTÉTICO	TERMOPLÁSTICO	EXTRUSIÓN	MACRO PLÁSTICO MEGA PLÁSTICO
BOLSA TIPO BOUTIQUE	SINTÉTICO	TERMOPLÁSTICO	EXTRUSIÓN	MACRO PLÁSTICO MEGA PLÁSTICO
BOLSA DE POLIPROPILENO	SINTÉTICO	TERMOPLÁSTICO	EXTRUSIÓN	MACRO PLÁSTICO MEGA PLÁSTICO

**CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN BLOQUE DE HORMIGÓN CON  
INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO Y DE UN BLOQUE DE  
HORMIGÓN CONVENCIONAL**

## 2.1 DISEÑO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO EN SU INTERIOR

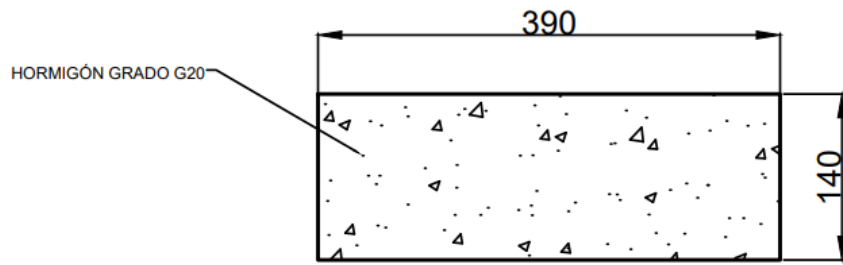
Esta propuesta innovadora consiste en la elaboración de un bloque de hormigón con incorporación de un ecoladrillo en el centro de este, con el fin de reutilizar residuos plásticos que ya han finalizado su vida útil. Para ello se propuso el siguiente diseño:



### VISTA FRONTAL

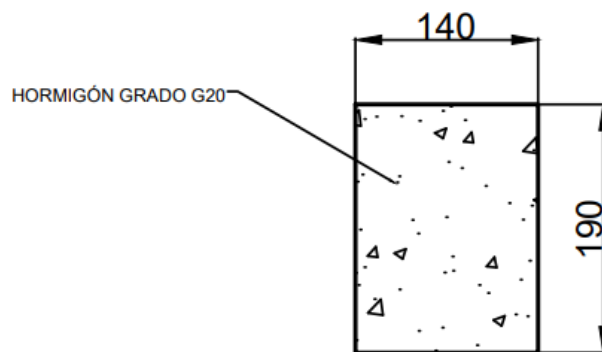
Figura 2-1. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista frontal.

Fuente: Propia



## VISTA SUPERIOR

Figura 2-2. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista superior.  
Fuente: Propia



## VISTA LATERAL

Figura 2-3. Diseño bloque con eco-ladrillo, vista lateral.  
Fuente: Propia

### 2.1.1 CORTES EN EL BLOQUE

Para una mejor comprensión del diseño de los bloques se realizaron los siguientes cortes:

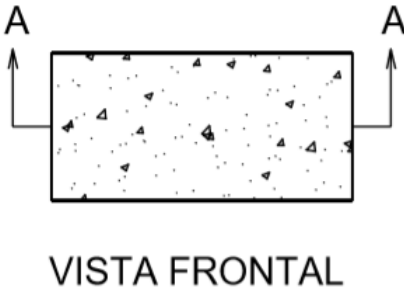


Figura 2-4. Indicativo de corte A-A  
Fuente: Propia

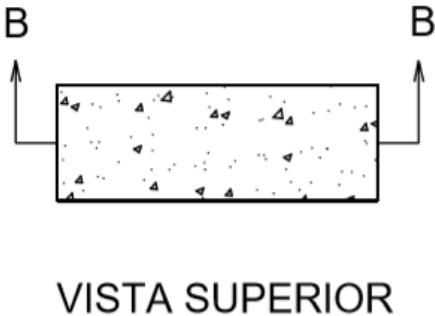


Figura 2-5. Indicativo de corte B.B.  
Fuente: Propia

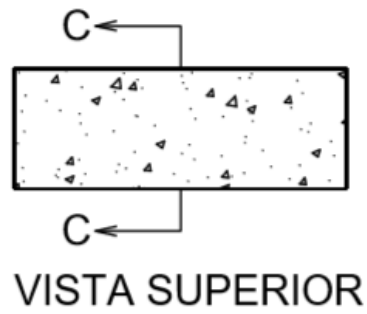


Figura 2-6. Indicativo de corte C-C.  
Fuente: Propia

En las siguientes figuras se muestran los cortes realizados a los bloques, donde se muestran los materiales que lo conforman e indican su posicionamiento en el interior del bloque de hormigón.

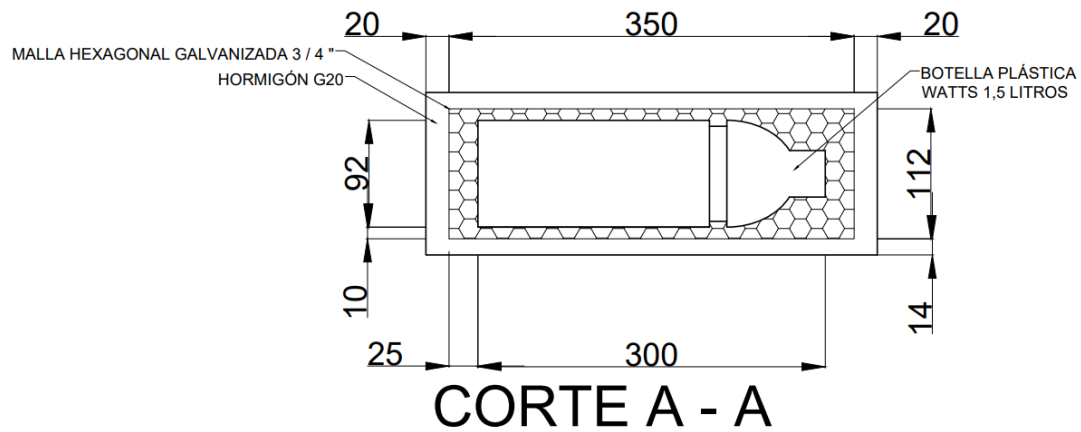
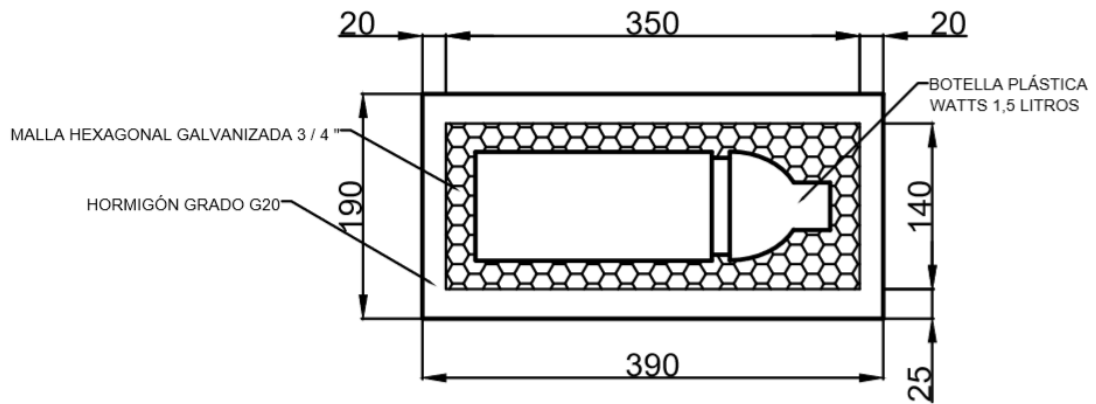
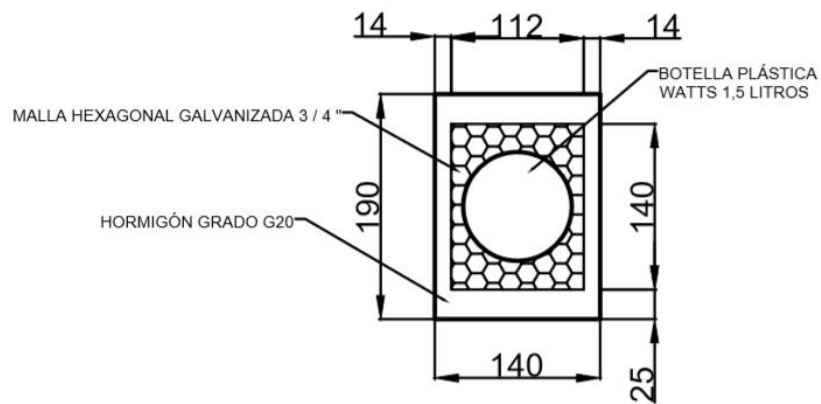


Figura 2-7. Corte A-A en bloque con eco-ladrillo  
Fuente: Propia



## CORTA B - B

Figura 2-8. Corte B-B en bloque con eco-ladrillo  
Fuente: Propia



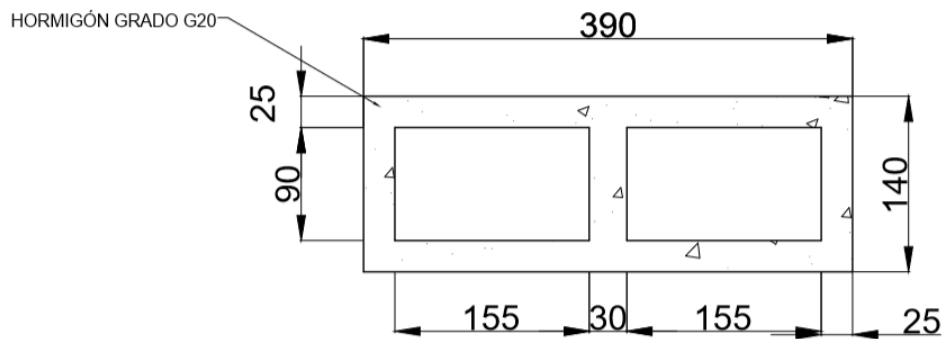
## CORTE C - C

Figura 2-9. Corte C-C en bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia

## 2.2 DISEÑO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL

La propuesta de este bloque consiste en fabricar un bloque ya existente en el mercado, este modelo se extrajo de la empresa Grau especialista en prefabricados.

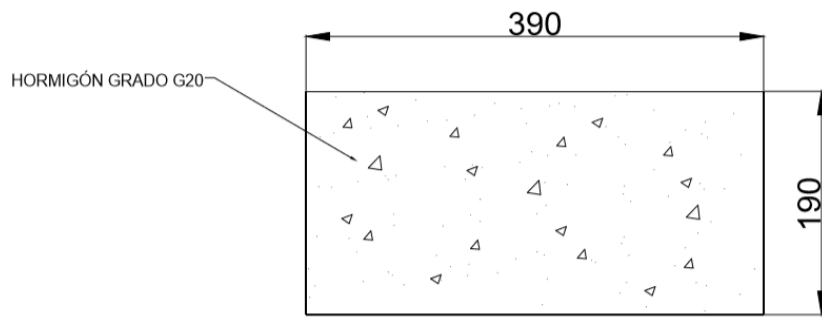
Este bloque será utilizado para realizar un análisis comparativo frente al bloque de hormigón con ecoladrillo. Para ello se propuso el siguiente diseño:



### VISTA SUPERIOR

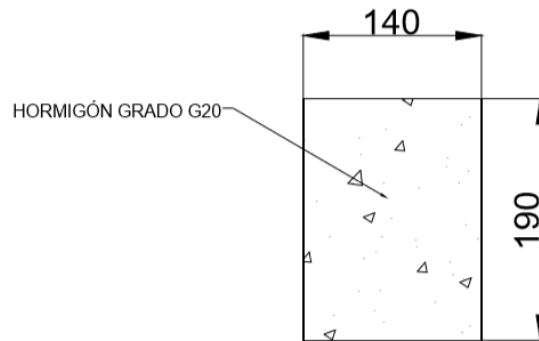
Figura 2-10. Diseño bloque de hormigón convencional, vista superior.

Fuente: Propia



## VISTA FRONTAL

Figura 2-11. Diseño bloque de hormigón convencional, vista frontal.  
Fuente: Propia



## VISTA LATERAL

Figura 2-12. Diseño bloque de hormigón convencional, vista lateral  
Fuente: Propia

## **2.3 CONFECCIÓN DEL ECO-LADRILLO**

### **2.3.1 RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS**

El primer paso para la confección de un eco-ladrillo está en la recolección de los residuos plásticos a utilizar y son los siguientes:

- Envases de botellas Watts de 1,5 litros
- Bolsas plásticas para material de relleno: bolsas tipo camiseta, bolsas para boutique, bolsas de polipropileno.

La recolección de las botellas, bolsas tipo camisa, bolsas de boutique se obtuvieron por recolección propia a través de familiares, amigos y las bolsas de polipropileno fueron donadas por un supermercado.

### **2.3.2 CONDICIONES MÍNIMAS**

En el caso de las botellas se establecieron una serie de condiciones mínimas para su óptimo funcionamiento:

- Botellas sin abolladuras ni deformaciones
- Botellas sin cortes ni perforaciones
- Botellas usadas solo con fines de transporte de líquidos alimenticios.
- Botellas con tapa

En el caso de las bolsas plásticas se establecieron las siguientes condiciones mínimas para su óptima incorporación en la botella:

- Bolsas sin presencia de residuos orgánicos
- Bolsas sin presencia de líquidos
- Bolsas sin presencia de residuos tóxicos
- Bolsas limpias

### **2.3.3 LAVADO Y SECADO DE LAS BOTELLAS**

Finalizada la etapa de recolección de botellas y verificada las condiciones mínimas para su uso, se procedió primeramente a retirar el papel que rodea las botellas, para luego continuar con el lavado exterior e interior de las botellas y sus tapas, con el fin de retirar cualquier elemento contaminante que ésta pudiera contener. Luego de esto se procedió a secar la botella al sol como muestra la siguiente imagen:



Fotografía 2-1. Botellas secadas al sol  
Fuente: Propia

### 2.3.4 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Una vez ya lavadas y secadas las botellas se procedió a la confección del eco-ladrillo, pero primero se requirió de los siguientes materiales y herramientas:

- 3 botellas marca Watts de 1,5 litros.
- Bolsas plásticas: tipo camiseta, boutique, de polipropileno.
- 1 varilla de metal de 40 cm.
- 1 par de guantes.
- 1 tijera.



Fotografía 2-2. botellas plásticas y varilla de metal  
Fuente: Propia



Fotografía 2-3. Bolsas plásticas almacenados en una bolsa de basura  
Fuente: Propia

### **2.3.5 LLENADO DE LAS BOTELLAS**

Para la confección del ecoladrillo se siguieron los siguientes pasos:

- Retirar la tapa.
- Incorporar las bolsas con la mano por la boca de la botella hasta llenar la botella.
- Usando la varilla de metal se deben compactar las bolsas mediante 25 golpes.
- Se debe repetir este proceso hasta llenar por completo la botella, ésta debe quedar rígida en todas sus partes.
- Poner la tapa de la botella y cerrar con fuerza.

### 2.3.6 LLENADO DE LA BOTELLA PASO A PASO

El primer paso en el llenado de la botella es retirar la tapa y luego proceder a incorporar las bolsas plásticas por la boca de esta, hasta llenar  $\frac{1}{4}$  de la botella



Fotografía 2-4. botellas plásticas llenada hasta  $\frac{1}{4}$  de su capacidad  
Fuente: Propia

Luego se procede a compactar las bolsas plásticas mediante 25 golpes con la varilla de metal, este proceso de debe repetir hasta llenar en su totalidad la botella.



Fotografía 2-5. Compactado de las bolsas plásticas.  
Fuente: Propia

Para la incorporación de las bolsas más grandes se utiliza una tijera para cortar y reducir el tamaño del plástico, además se ocupan guantes para la protección de las manos.



Fotografía 2-6. Incorporación de bolsas plásticas.  
Fuente: Propia

Una vez llenadas las botellas en su totalidad, se deben sellar con la tapa de esta, para luego verificar que las botellas estén rígidas en todas sus partes.



Fotografía 2-7. Eco-ladrillos terminados  
Fuente: Propia

### **2.3.7 DATOS OBTENIDOS**

Luego de confeccionar los ecoladrillos se determinaron los siguientes datos:

- **Peso del ecoladrillo: 0,36 Kg**
- Peso de la botella: 0,06 Kg
- Peso del relleno (bolsas) de la botella: 0,3 Kg

## 2.4 DISEÑO Y CONFECCIÓN DEL MOLDAJE

### 2.4.1 DISEÑO DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO.

Para el bloque de hormigón con incorporación de un ecoladrillo se diseñó el siguiente moldaje:

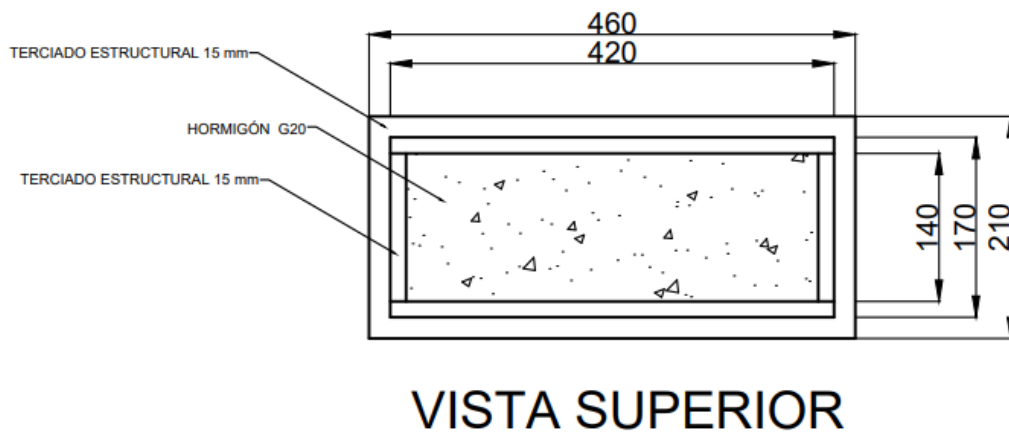


Figura 2-13. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista superior.

Fuente: Propia

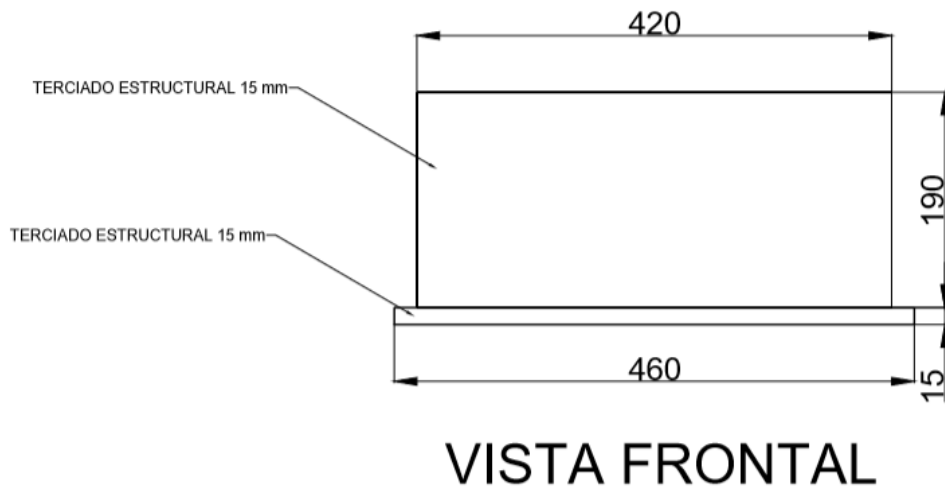


Figura 2-14. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista frontal.  
Fuente: Propia

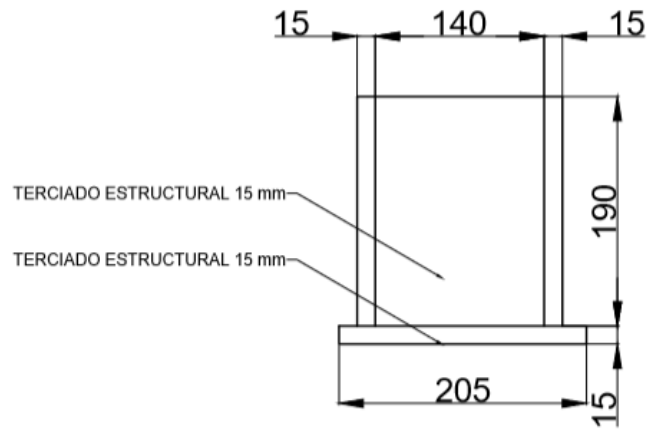


Figura 2-15. Diseño moldaje del bloque con eco-ladrillo, vista lateral.  
Fuente: Propia

## **2.4.2 CONFECCIÓN DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECOLADRILLO.**

Para la confección de los moldajes se utilizaron los siguientes materiales:

- Terciado estructura de pino de 15 mm.
- Tornillo para madera de 6 x 2”.
- Lápiz grafito.

Además, se utilizaron las siguientes equipos y herramientas:

- Taladro inalámbrico 12 V.
- 1 par de guantes.
- Lentes de seguridad.
- Sargento 18” acero inoxidable.
- Escuadra carpintero 8 12-em Stanley.
- Sierra circular 1700 W.
- Regla metálica 30 cm.
- Huincha para medir 5 m.

Para la confección del moldaje se siguieron los siguientes pasos:

- Marcado de las dimensiones del moldaje sobre las piezas de terciado estructural con la ayuda de una huincha, lápiz, y escuadra.
- Cortado de las piezas de terciado usando la sierra circular y fijando el terciado con el sargento 18” de acero inoxidable.
- Atornillado de las piezas de terciado utilizando el taladro inalámbrico, tornillo y el sargento para fijar las piezas a la mesa de trabajo.



Fotografía 2-8. Moldaje confeccionado.  
Fuente: Propia

### 2.4.3 DISEÑO DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL

Para el bloque de hormigón convencional se diseñó el siguiente moldaje:

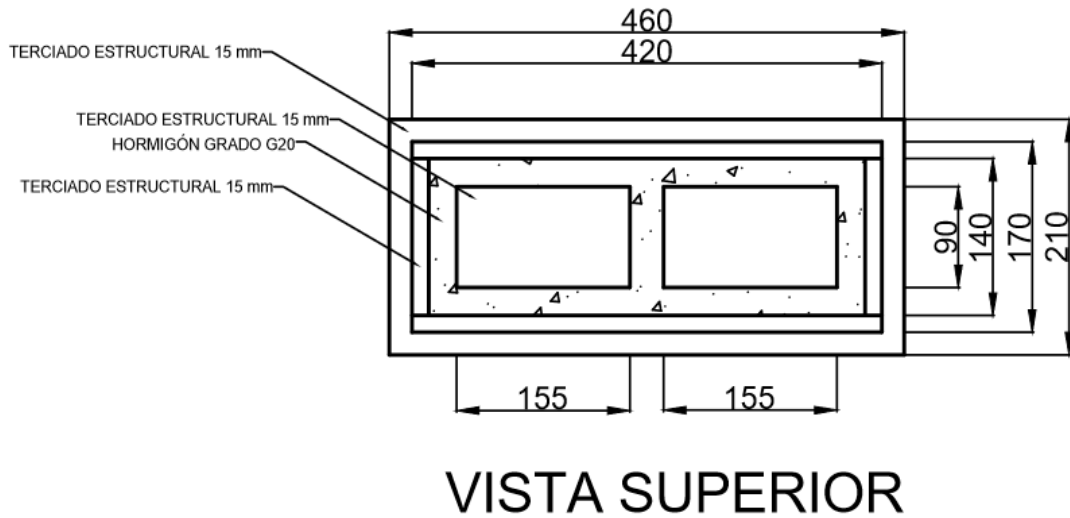
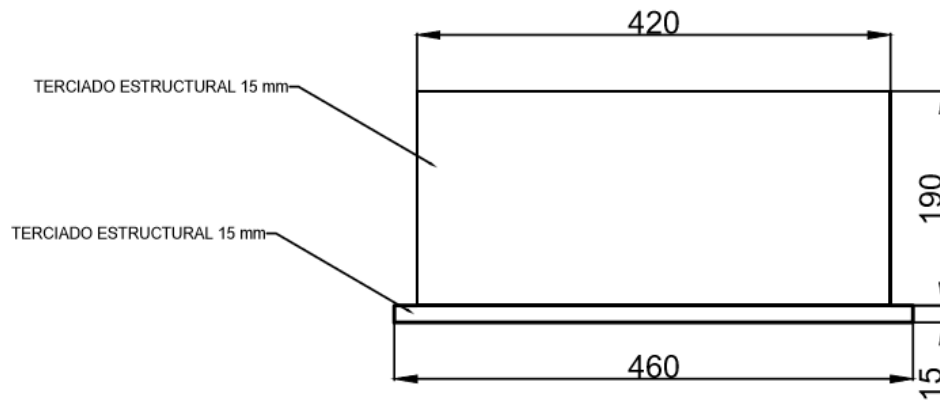


Figura 2-16. Diseño moldaje para bloque convencional, vista superior.

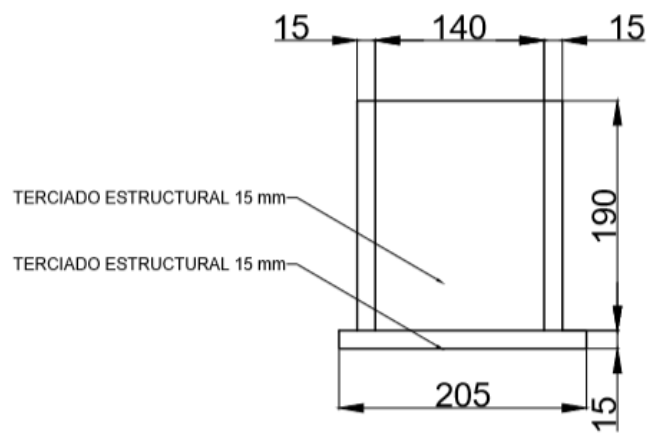
Fuente: Propia



## VISTA FRONTAL

Figura 2-17. Diseño moldaje para bloque convencional, vista frontal.

Fuente: Propia



## VISTA LATERAL

Figura 2-18. Diseño moldaje para bloque convencional, vista lateral.

Fuente: Propia

#### **2.4.4 CONFECCIÓN DEL MOLDAJE PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL.**

Para la confección de los moldajes se utilizaron los siguientes materiales:

- Terciado estructura de pino de 15 mm.
- Tornillo para madera de 6 x 2”.
- Lápiz grafito.

Además, se utilizaron las siguientes equipos y herramientas:

- Taladro inalámbrico con accesorios 12 V.
- 1 par de guantes.
- Lentes de seguridad.
- Sargento 18” acero inoxidable.
- Escuadra carpintero 8 12-em Stanley.
- Sierra circular 1700 W.
- Regla metálica 30 cm.
- Huincha para medir 5 m.

Para la confección del moldaje se siguieron los siguientes pasos:

- Marcado de las dimensiones del moldaje sobre las piezas de terciado estructural con la ayuda de una huincha, lápiz, y escuadra.
- Cortado de las piezas de terciado usando la sierra circular y fijando el terciado con el sargento 18” de acero inoxidable.
- Atornillado de las piezas de terciado utilizando el taladro inalámbrico, tornillo y el sargento para fijar las piezas a la mesa de trabajo.



Fotografía 2-9. Moldaje confeccionado  
Fuente: Propia

## 2.5 DISEÑO Y CONFECCIÓN DE LA MALLA PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON INCOPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO.

### 2.5.1 DISEÑO DE LA MALLA

La malla hexagonal galvanizada busca cumplir la función de proporcionar un esqueleto al elemento hormigonado, ayudando a mantener unificado el hormigón con la botella plástica, además ayudar a evitar el desprendimiento de hormigón del bloque. Para ello se propuso el siguiente diseño:

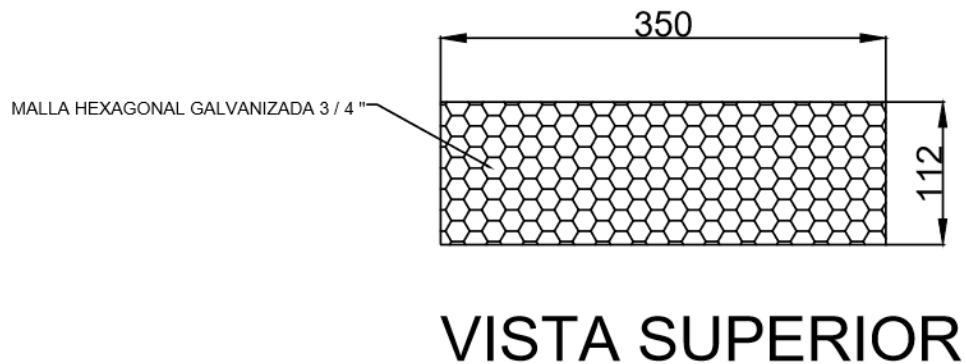
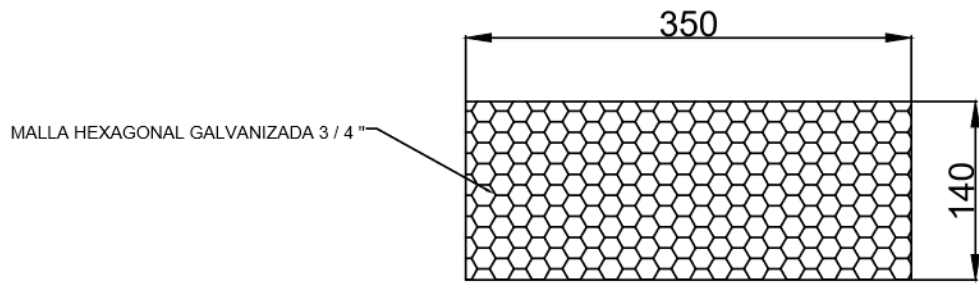


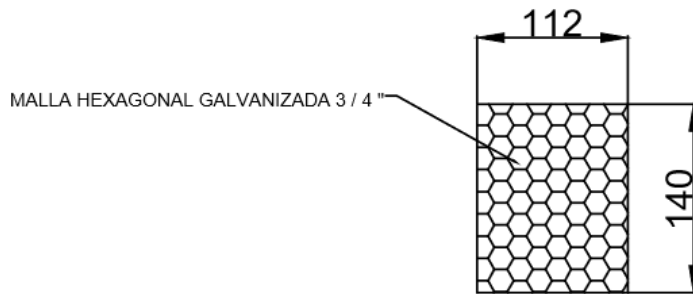
Figura 2-19. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista superior.

Fuente: Propia



## VISTA FRONTAL

Figura 2-20. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista frontal.  
Fuente: Propia



## VISTA LATERAL

Figura 2-21. Diseño malla hexagonal galvanizada, vista lateral.  
Fuente: Propia

### **2.5.2 CONFECCIÓN DE LA MALLA.**

Para la confección de la malla se utilizaron los siguientes materiales:

- Malla hexagonal galvanizada ¾”.
- Alambre galvanizado corriente.
- Marcador oleo blanco

Además, se utilizaron las siguientes equipos y herramientas:

- Alicata de punta 6”.
- Alicata corta alambre
- 1 par de guantes.
- Lentes de seguridad.
- Escuadra carpintero 8 12-em Stanley
- Regla metálica 30 cm.

Para el armado de la malla se siguieron los siguientes pasos:

- Marcado de las dimensiones sobre la malla con la ayuda de un marcador oleo blanco, escuadra metálica y regla metálica.
- Cortado de las piezas usando el alicate corta alambre y guantes.
- Armado del paralelepípedo formado por la malla usando el alicate de punta y alambre galvanizado corriente para unir las caras de malla, formando un paralelepípedo.



Fotografía 2-10. Malla hexagonal galvanizada.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-11. Paralelepípedo malla hexagonal galvanizada.  
Fuente: Propia

## **2.6 DISEÑO Y CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN**

### **2.6.1 ENSAYOS DE ARIDO GRUESO**

#### **2.6.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA**

Para realizar el ensayo de granulometría se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Grava.
- Juego de tamices.
- Equipo de tamizado
- 1 pala.
- 1 bandeja.
- Horno para secado de muestras.
- Pesa electrónica

Para realizar el ensayo de granulometría, se realizó el siguiente procedimiento:

- Cuarteo de la grava con una pala
- Extracción de una muestra
- Secar la muestra en un horno a 110 ° C por 24 horas y retirar.
- Registro de la masa de la grava.
- Ordenado del juego de tamices según orden de abertura decreciente.
- Incorporación de la muestra de grava en el juego de tamices.
- Tamizado mecánico en equipo de tamizado.
- Registro de la masa retenida en cada tamiz y del residuo.

Realizado el ensayo se registraron los siguientes datos:

Tabla 2-1. Granulometría grava.

Fuente: Propia

GRAVA					
Tamiz		Retenido Individual	%Retenido Individual	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
ASTM	mm.				
				0,00%	100,00%
2	50	0	0,00%	0,00%	100,00%
11/2	38,1	0	0,00%	0,00%	100,00%
1	25	0	0,00%	0,00%	100,00%
3/4	19	300	7,39%	7,39%	92,61%
1/2	12,5	1938	47,73%	55,12%	44,88%
3/8	10	1140	28,08%	83,20%	16,80%
N°4	4,75	499	12,29%	95,49%	4,51%
Residuo		183	4,51%		
Total		4060			

- Tamaño máximo absoluto del árido grueso: 25 mm
- Peso inicial: 4060 grs
- Peso final: 4060 grs
- Control de diferencia de peso: 0%

Del presente ensayo se confecciono el siguiente gráfico:

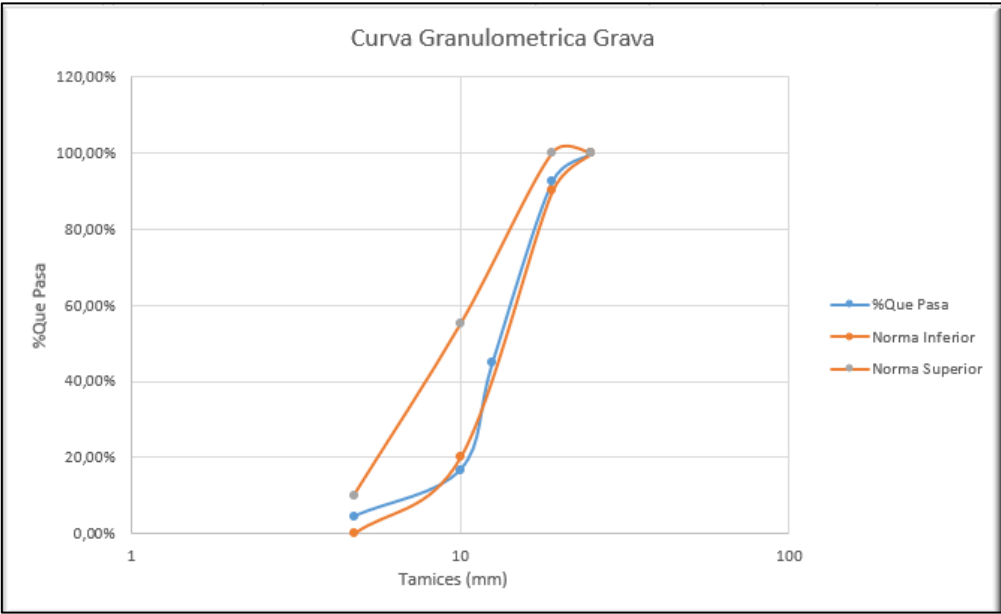


Figura 2-22. Curva granulométría grava.  
Fuente: Propia

### **2.6.1.2 ENSAYO DE HUMEDAD**

Para realizar el ensayo de humedad se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Grava.
- 1 pala.
- 1 bandeja.
- Horno para secado de muestras.
- Pesa electrónica

Para realizar el ensayo de humedad de las gravas, se realizó el siguiente procedimiento:

- Cuarteo de la grava con una pala
- Extracción de una muestra
- Registro del peso de la muestra húmeda
- Colocación de la muestra en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 °C
- Retiro de la muestra del horno y pesado de la muestra seca.

Realizado el ensayo se registraron los siguientes datos:

- Peso húmedo: 12,06 Kg
- Peso seco: 11,92 %
- Humedad: 1,17%

### **2.6.1.3 ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE COMPACTA**

Para realizar el ensayo se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Grava.
- 1 pala.
- 1 bandeja.
- Horno para secado de muestras.
- Pesa electrónica.
- 1 medida volumétrica de 0,01 m<sup>3</sup>.
- 1 varilla pisón metálico.

Para realizar el ensayo, se siguió el siguiente procedimiento:

- Secar la muestra por 24 horas a 110° C.
- Llenar el recipiente con la grava hasta 1/3 de su capacidad.
- Compactar la grava realizando 25 golpes con el pisón metálico.
- Repetir el proceso cada 1/3 de la capacidad del recipiente.
- Eliminar el exceso de pétreo empleando el pisón como regla de enrase
- Determinar y registrar la masa de la grava compactada que llena el recipiente

Realizado el ensayo se registraron los siguientes datos:

- Volumen del recipiente: 0,01 m<sup>3</sup>
- Masa de la muestra compactada: 15,48 Kg
- Densidad aparente compacta: 1537,35 Kg/m<sup>3</sup>



Fotografía 2-12. Registro de la masa de la grava aparente compacta.  
Fuente: Propia

### **2.6.1.3 ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE SUELTA**

Para realizar el ensayo se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Grava.
- 1 pala.
- Pesa electrónica.
- 1 recipiente cilíndrico de 0,01 m<sup>3</sup>.
- 1 varilla pisón metálico.

Para realizar el ensayo, se siguió el siguiente procedimiento:

- Llenar el recipiente con una pala, desde una altura de 5 cm sobre el borde superior del recipiente
- Desplazar la pala alrededor del molde distribuyendo uniformemente el vaciado de la grava
- Determinar y registrar la masa que llena el recipiente

Realizado el ensayo se registraron los siguientes datos:

- Volumen del recipiente:  $0,01 \text{ m}^3$
- Masa de la muestra: 14,48 Kg
- Densidad aparente suelta:  $1438,41 \text{ Kg/ m}^3$



Fotografía 2-13. Muestra de grava aparente suelta.  
Fuente: Propia

#### 2.6.1.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN

Para realizar el ensayo se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Grava.
- 1 pala.
- Pesa electrónica.
- 1 bandeja
- 1 paño limpio y seco
- 1 equipo para ensayo de absorción

Para realizar el ensayo, se siguió el siguiente procedimiento:

- Obtener una muestra representativa.
- Lavar la muestra.
- Secar la muestra a una temperatura constante de 110 ° C por 24 horas.
- Enfriar la muestra al aire a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.
- Sumergir una muestra de grava en agua durante 24 horas con el objeto de llenar los poros.
- Transcurrido este tiempo se debe retirar la muestra del agua, secar superficialmente con un paño y registrar su masa ( $M_{ss}$ ).
- Sumergir la muestra en agua a 20 ° C suspendida en el canastillo durante 3 minutos y registrar su masa ( $M_{sum}$ ).
- Retirar muestra del canastillo y vaciarlo completamente en la bandeja.
- Secar la muestra en el horno a una temperatura de 110 ° C.
- Retirar la muestra del horno y enfriar a temperatura ambiente.
- Determinar la masa de la muestra seca ( $M_s$ ).

Realizado el ensayo se registraron los siguientes datos:

- Msum: 669 grs.
- Msss:1285 grs.
- Ms: 1260 grs.

Luego de realizado el ensayo se realizaron los siguientes cálculos:

- Absorción (Ab) =  $((M_{sss} - M_s) / M_s) / 100 \% = 1,98 \%$



Fotografía 2-14. Muestra de grava sumergida en agua.  
Fuente: Propia

## 2.6.2 ENSAYOS DE ARIDO FINO

Para los presentes ensayos de árido fino se solicitó la información respecto a los resultados a un alumno que ya había realizado estos, por lo tanto, solo se incorporaran los procedimientos, tablas, gráficos y registro de resultados obtenidos.

### 2.6.2.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Del ensayo realizado se registraron los siguientes datos:

Tabla 2-2. Granulometría arena.  
Fuente: Propia

ARENA					
Tamiz		Retenido Individual	%Retenido Individual	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
ASTM	mm.				
				0,00%	100,00%
3/8	9,5	0	0,00%	0,00%	100,00%
N°4	4,75	0	0,00%	0,00%	100,00%
N°8	2,36	132	2,94%	2,94%	97,06%
N°16	1,18	855	19,07%	22,02%	77,98%
N°30	0,6	2383	53,16%	75,17%	24,83%
N°50	0,3	997	22,24%	97,41%	2,59%
N°100	0,15	87	1,94%	99,35%	0,65%
Residuo		29	0,65%		
Total		4483			

- Peso inicial: 4500 grs.
- Peso final: 4483 grs.
- Control de diferencia de peso: 0,38%
- Módulo de finura: 2,97
- Tipo de arena: gruesa.

Del presente ensayo se confeccionó el siguiente gráfico:

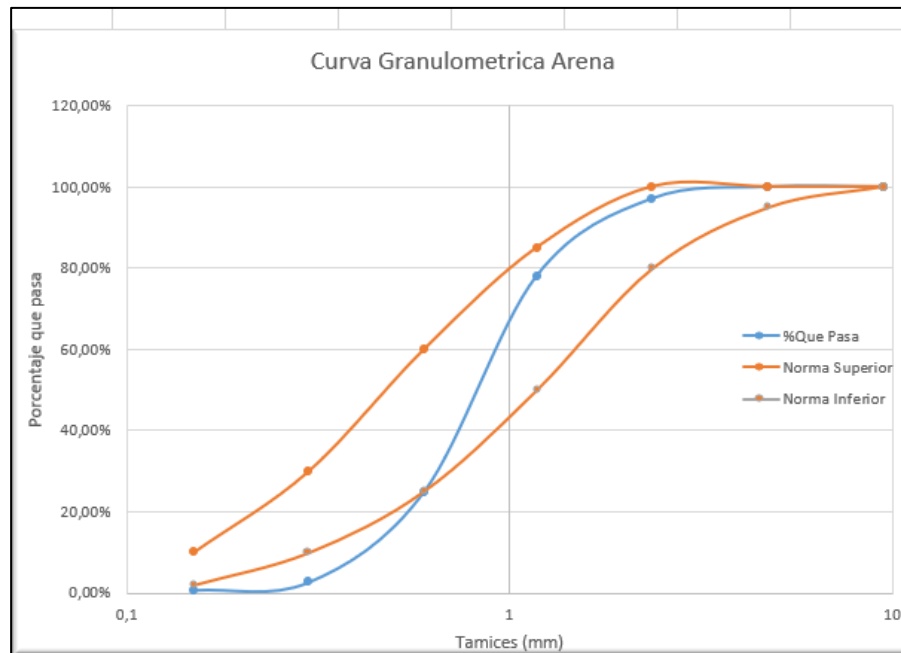


Figura 2-23. Curva granulométría arena.  
Fuente: Propia

### **2.6.2.2 ENSAYO DE HUMEDAD**

Para realizar el ensayo de humedad se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Arena.
- 1 pala.
- 1 bandeja.
- Horno para secado de muestras.
- Pesa electrónica

Para realizar el ensayo de humedad de la arena, se realizó el siguiente procedimiento:

- Cuarteo de la grava con una pala
- Extracción de una muestra
- Registro del peso de la muestra húmeda
- Colocación de la muestra en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110 ° C
- Retiro de la muestra del horno y pesado de la muestra seca.

Del presente ensayo se registraron los siguientes resultados:

- Peso húmedo: 13,2 Kg
- Peso seco: 12,82 Kg
- Humedad: 6,28%

### 2.6.2.3 ENSAYO DE ABSORCIÓN

Para realizar el siguiente ensayo se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Arena.
- 1 pala.
- 1 bandeja.
- Horno para secado de muestras.
- Pesa electrónica
- 1 matraz
- 1 molde cónico
- 1 pisón.
- Tamiz n °4

Para realizar el ensayo de absorción de la arena, se realizó el siguiente procedimiento:

- Obtener una muestra representativa que pase por el tamiz n° 4.
- Cuarteo de la muestra
- Secar el árido en el horno por 24 horas a 110° C.
- Cubrir totalmente el árido con un mínimo de agua por 24 horas a temperatura ambiente.
- Eliminar paulatinamente el exceso de agua, evitando pérdida de finos.
- Extender el árido en una superficie lisa, expuesta a una corriente suave de aire caliente, revolver constante hasta lograr condición suelta de la arena.
- Colocar molde cónico en una superficie lisa no absorbente, con su diámetro mayor hacia abajo, llenarlo con árido en condición suelta y compactar mediante 25 golpes de pisón.
- Levantar el molde cónico verticalmente y verificar que logre condición superficialmente seca.
- Medir y registrar masa de la muestra de ensayo en condición superficialmente seca. (M<sub>ss</sub>)

- Colocar muestra en matraz y llenar casi hasta la marca de calibración con agua.
- Eliminar burbujas de aire con golpes ligeros.
- Llenar el matraz hasta la marca de calibración, después que se haya dejado reposar por 1 hora.
- Medir la masa total del matraz más la muestra de ensayo y aguas. (Mm)
- Sacar la muestra del frasco y secar a 110 °C.
- Enfriar a temperatura ambiente y registrar masa en condición seca. (Ms)
- Llenar matraz con agua hasta la marca de calibración, medir y registrar masa del matraz más agua (Ma).

Del presente ensayo se registraron los siguientes datos:

- **M<sub>ss</sub>**: 357 grs.
- **M<sub>m</sub>**: 1482 grs.
- **M<sub>s</sub>**: 355 grs.
- **M<sub>a</sub>**: 1253 grs.
- **Absorción**: 0,56 %

### 2.6.3 DISEÑO DEL HORMIGÓN

Se determinó la cantidad de cemento por durabilidad, según la Nch170 of 2016, para la cual se estableció el grado de exposición C2-B (severo), el cual tiene por exposición en condición de servicio: hormigón húmedo expuesto a aire salino.

Debido a su grado de exposición C2-B se estableció que tiene por grado de resistencia mínimo un G25, por el cual la dosis mínima de cemento es de 330 Kg/m<sup>3</sup>.

#### 2.6.3.1 DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA MEDIA

Para establecer la resistencia media se debió aplicar la siguiente formula:

$$Fr = Fc + t * S \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Para ello se revisaron las siguientes tablas:

Tabla 2-3. Nivel de confianza.  
Fuente: Propia

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

Tabla 2-4. Factor S.  
Fuente: Propia

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

Por lo tanto, la formula queda de la siguiente forma:

$$Fr = 200 + 1,282 \times 40 = 251,28 \text{ Kg/cm}^2$$

### 2.6.3.2 ELECCIÓN DE TRABAJABILIDAD DEL HORMIGÓN

Se escogió un cono 7 como factor de trabajabilidad para estructura en general

Tabla 2-5. Trabajabilidad del hormigón.  
Fuente: Propia

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO DE CONO (cm)
Pavimento, prefabricados	< 5
Estructura en general	4 - 10
Hormigón bombeado	7 - 12

### 2.6.3.3 DOSIS TENTATIVA DE AGUA PARA EL HORMIGÓN

Tabla 2-6. Dosis tentativa de agua.  
Fuente: Propia

DOSIS TENTATIVA DE AGUA l/m <sup>3</sup>								
Asentamiento	Tamaño máximo de la grava en mm							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
De 2,5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	
Cantidad de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

De acuerdo con la tabla se determinó que, para un tamaño máximo de grava de 25 mm, y un cono 7, corresponde una dosis tentativa de agua de 193 l/m<sup>3</sup> y la cantidad de aire atrapado es de 1,5.

### 2.6.3.4 DETERMINACIÓN DE LA RAZÓN AGUA CEMENTO

Para la determinación de la razón agua cemento se realizaron los siguientes cálculos:

$$\begin{array}{l} 40 \left[ \begin{array}{l} 39 \left[ \begin{array}{l} 290 \rightarrow 0.50 \\ 251 \rightarrow x \end{array} \right] y \\ 250 \rightarrow 0.55 \end{array} \right] -0.05 \\ \\ 40 \rightarrow -0.05 \\ 39 \rightarrow y \\ 40 y = 39 * -0.05 \\ y = -0.0487 \\ \\ 0.50 -x = -0.0487 \\ -x = -0.0487 - 0.50 \\ -x = -0.548 \\ x = 0.548 \\ \\ C = 193/0.548 \\ C = 352,18 \text{ Kg} \end{array}$$

Fotografía 2-15. Cálculo para determinar razón agua cemento.

Fuente: Propia

Realizado el cálculo se determinó que la cantidad de cemento a utilizar por m<sup>3</sup> es de 352,18 Kg, el cual cumple con la Nch170 of 2016.

### 2.6.3.5 DOSIS DE ARIDO GRUESO

De la siguiente se determinó un factor de 0,65, de acuerdo con el tamaño máximo de la grava y al módulo de finura del árido fino.

Tabla 2-7. Dosis de árido grueso.  
Fuente: Propia

Tamaño máximo nominal del agregado grueso (mm)	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del hormigón, para diversos módulos de finura del árido fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5 (3/8")	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2")	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4")	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1")	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1 1/2")	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2")	0,78	0,76	0,74	0,72

Para establecer las dosis de árido grueso se utilizará la siguiente fórmula:

**D.A.G = factor de la tabla x densidad aparente seca compacta**

Reemplazando los valores la fórmula queda así:

$$D.A.G = 0,65 \times 1537,75 = 999,53 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, la dosis de árido grueso para un m<sup>3</sup> es de 999,53 Kg

### 2.6.3.6 DOSIS DE ARENA PARA EL HORMIGÓN

Para el cálculo de la dosis de arena está dada la siguiente formula:

$$\bullet \text{ AGUA} + \text{ CEMENTO}/3 + \text{ GRAVA}/2.6 + \text{ ARENA}/2.7 + \% \text{ AIRE}/100=1000 \text{ L}$$

Reemplazando los valores, la formula queda de la siguiente forma:

$$193 + 352/3 + 999,53/2.6 + A/2.7 + 1.5/100 = 1000 \text{ L}$$

Dando como resultado 824,09 Kg/ m<sup>3</sup>

### 2.6.3.7 CORRECCIONES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA

Tabla 2-8. Correcciones por humedad y absorción de agua.

Fuente: Propia

CANTIDAD BASE		HUMEDAD		ABSORCIÓN		CANTIDAD REAL
		%	Kg	%	Kg	
cemento	352					352
arena	824,09	6,28	+ 51,75	0,56	-4,61	871,23
grava	999,53	1,17	+ 11,69	1,98	-19,79	991,43
agua	193		-63,44		+ 24,4	153,96
TOTAL	2368,62					2368,62

Realizadas las correcciones de agua por la humedad y absorción de los áridos queda establecida la siguiente dosificación para un metro cubico de hormigón:

- Cemento: 352 Kg
- Arena: 871, 23 Kg
- Grava: 991,43 Kg
- Agua: 153, 96 L

#### **2.6.4 DOSIFICACIÓN PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CON ECOLADRILLO**

Se consideraron 3 bloques de hormigón con ecoladrillo para la confección del hormigón.

Para determinar el volumen de un bloque se realizó el siguiente calculo:

- **Volumen hormigón = volumen bloque macizo – volumen de la botella plástica**
- **Volumen hormigón =  $0,010374 \text{ m}^3 - 0,00181465 \text{ m}^3 = 0,008559 \text{ m}^3$**

Por lo tanto, para 3 bloques se necesitan  $0,025677 \text{ m}^3$  de hormigón

Realizando los cálculos correspondientes la dosificación de los materiales queda de la siguiente forma:

- Cemento: 9,03 Kg
- Arena: 22,37 Kg
- Grava: 25,45 Kg
- Agua: 3,95 L

### **2.6.5 DOSIFICACIÓN PARA EL BLOQUE DE HORMIGÓN CONVENCIONAL**

Se consideraron 3 bloques de hormigón convencionales para la confección del hormigón.

Para determinar el volumen de un bloque se realizó el siguiente calculo:

- **Volumen hormigón = volumen bloque macizo – volumen de los huecos**
- **Volumen hormigón =  $0,010374 \text{ m}^3 - 0,005301 \text{ m}^3 = 0,005073 \text{ m}^3$**

Por lo tanto, para 3 bloques se necesitan  $0,015219 \text{ m}^3$  de hormigón

Realizando los cálculos correspondientes la dosificación de los materiales queda de la siguiente forma:

- Cemento: 5,35 Kg
- Arena: 13,25 Kg
- Grava: 15,08 Kg
- Agua: 2,34 L

### **2.6.7 CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN**

Para la confección del hormigón se requirieron de los siguientes materiales:

- Cemento.
- Arena.
- Gravilla.
- Agua.
- Desmoldante para encofrado de madera

Para la confección del hormigón se requirieron los siguientes equipos y herramientas:

- 1 pala.
- 1 carretilla.
- 1 betonera volteo lateral.
- 1 vibrador para concreto.
- 3 baldes concretero 14 litros.
- 1 pesa electrónica.
- 1 brocha
- 1 par de guantes
- Mesa vibradora

Para realizar el hormigonado de los moldajes, se realizó previamente la aplicación de desmoldante al moldaje usando una brocha como muestra la siguiente imagen:



Fotografía 2-16. Aplicación de desmoldante.  
Fuente: Propia

Terminada la aplicación del desmoldante se comenzó con la dosificación de las materias primas para fabricar el hormigón (Cemento, agua, arena, grava) como muestran las siguientes imágenes:



Fotografía 2-18. Dosificación de la grava.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-19. Dosificación de la arena.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-20. Dosificación del cemento.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-21. Dosificación del agua.  
Fuente: Propia

Finalizado la dosificación de los elementos que conforman el hormigón se procedió con la fabricación de hormigón, para ello previamente se mojó la betonera con agua, seguido a esto se comenzó con la incorporación de los materiales a la betonera. Primero se incorporó la arena, luego el cemento y se dejó revolver por 3 minutos en la betonera, seguido a esto se incorporó una porción del agua total, se dejó revolver por 3 minutos más, luego de esto se incorporó la grava y el agua el agua restante y se dejó revolver hasta que el hormigón se volviera homogéneo.



Fotografía 2-22. Amasado del hormigón.

Fuente: Propia

Finalizado el proceso de amasado del hormigón se procedió a realizar el ensayo del cono de Abrams, para ello se siguió el siguiente procedimiento:

- Humectación de la placa, cono y pala con agua.
- Colocación de la placa de apoyo horizontal en el suelo.
- Colocación del cono en el centro de la placa.
- El operador se debe apoyar sobre las pisaderas del cono.
- Llenado de 1/3 del cono con hormigón.
- Compactado del hormigón usando el pisón, haciendo 25 golpes.
- Repetir el proceso hasta completar los 3/3 del cono.
- Retirar el exceso de hormigón usando el pisón.
- El operado retira los pies de las pisaderas y se ubica frente al cono.
- Se debe retirar el cono en forma vertical con cuidado y ubicarlo de manera invertida al lado del cono de hormigón.
- Colocar el pisón en forma horizontal sobre el cono invertido de forma que este quede posado sobre el cono de hormigón asentado.

- Usando una huincha para medir tomar la distancia entre la superficie inferior de pisón y la cara superior del cono de hormigón asentado.

Realizado el ensayo del cono se registró una distancia de 4 cm por lo tanto el hormigón tiene una consistencia seca.



Fotografía 2-23. Ensayo del cono de Abrams.  
Fuente: Propia

Para el hormigonado de los moldajes pertenecientes a los bloques de hormigón con eco-ladrillo se realizó el siguiente procedimiento:

- Hormigonado de 1/3 de la capacidad del moldaje.
- Vibrado del hormigón.
- Incorporación de la malla hexagonal galvanizada.
- Hormigonado de 1 cm.
- Incorporación del ecoladrillo, verificando distancias de posicionamiento según diseño.
- Hormigonado de hasta 2/3 del moldaje.
- Vibrado del hormigón.
- Repetir el procedimiento hasta llenar completamente el moldaje.
- Dejar fraguar por 48 horas.



Fotografía 2-24. Moldaje hormigonado.  
Fuente: Propia

Para el hormigonado de los moldajes pertenecientes a los bloques de hormigón convencionales se realizó el siguiente procedimiento:

- Hormigonado de ½ del moldaje.
- Vibrado del hormigón en la mesa vibradora.
- Hormigonado del moldaje hasta completarlo.
- Vibrado.
- Repetir el proceso hasta hormigonar completamente el moldaje.
- Dejar fraguar el hormigón durante 15 minutos.
- Instalar moldajes auxiliares.
- Retirar tornillos de anclaje de los cubos de madera interiores.
- Instalar tornillos auxiliares en el centro de los cubos de madera interiores.
- Usando un alicate retirar cubos de madera interiores.
- Dejar fraguar por 48 horas



Fotografía 2-25. Vibrado del hormigón.

Fuente: Propia



Fotografía 2-26. Moldaje hormigonado.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-27. Moldajes interiores extraídos.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-28. Bloque convencional con moldaje auxiliar.  
Fuente: Propia

### 2.6.8 DESMOLDAJE DE LOS BLOQUES

Pasada 48 horas desde el hormigonado de los bloques se procedió a retirar los moldajes, usando un taladro inalámbrico.



Fotografía 2-29. Moldaje extraído.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-30. Bloques de hormigón con eco-ladrillo desmoldados.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-31. Bloques de hormigón convencionales desmoldados.  
Fuente: Propia

### **2.6.9 CURADO DE LOS BLOQUES**

En esta etapa los bloques de hormigón se dejan sumergidos en agua en una cámara de curado a una temperatura de 20 ° C por 48 horas.



Fotografía 2-32. Cámara de curado.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-33. Curado de los bloques con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia



Fotografía 2-34. Curado de los Bloques convencionales.  
Fuente: Propia

**CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS BLOQUES FABRICADOS EN LABORATORIO**

### 3.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN CON INCORPORACIÓN DE UN ECO-LADRILLO

Se determinó realizar 3 ensayos de resistencia a la compresión, a los bloques fabricados en laboratorio, los cuales serán ensayados a los 7,14 y 28 días según el siguiente calendario de fechas:

Tabla 3-1. Calendario de fechas para el ensayo de los bloques con eco-ladrillo.

Fuente: Propia

	ENSAYO	FECHA
BLOQUE N°1	7 días	30 de noviembre
BLOQUE N°2	14 días	7 de diciembre
BLOQUE N°3	28 días	21 de diciembre

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques se requirió de los siguientes equipos:

- 1 pesa electrónica.
- 1 prensa para ensayo de compresión.

Para la ejecución de los ensayos se realizó el siguiente procedimiento:

- Registro de la masa del bloque a ensayar.
- Registro de los datos solicitados por el equipo (prensa para ensayo de compresión).
- Posicionado del bloque en el plato de la prensa.
- Ejecución del ensayo.
- Registro de resultados entregado por el equipo (resistencia, gráficos, fotos)
- Retiro del bloque.

### 3.1.1 REGISTRO DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión:

Tabla 3-2. Registro de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.  
Fuente: Propia

	ENSAYO	FECHA	PESO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
<b>BLOQUE N.º 1</b>	7 días	30 de noviembre	18,30 kg	35,5 kg/cm <sup>2</sup>
<b>BLOQUE N.º 2</b>	14 días	7 de diciembre	18,94 kg	43,1 kg/cm <sup>2</sup>
<b>BLOQUE N.º 3</b>	28 días	21 de diciembre	19,10 kg	88,2 kg/cm <sup>2</sup>

### 3.1.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

#### Registro fotográfico del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días



Fotografía 3-1. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 7 días.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-2. Bloque con eco-ladrillo en la prensa.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-3. Registro de datos en el equipo.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-4. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia

## Registro fotográfico del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días



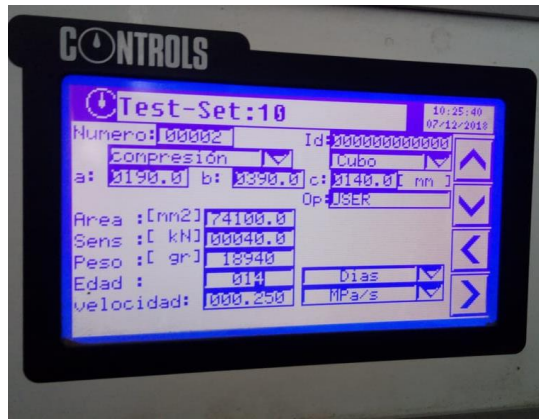
Fotografía 3-5. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 14 días.

Fuente: Propia

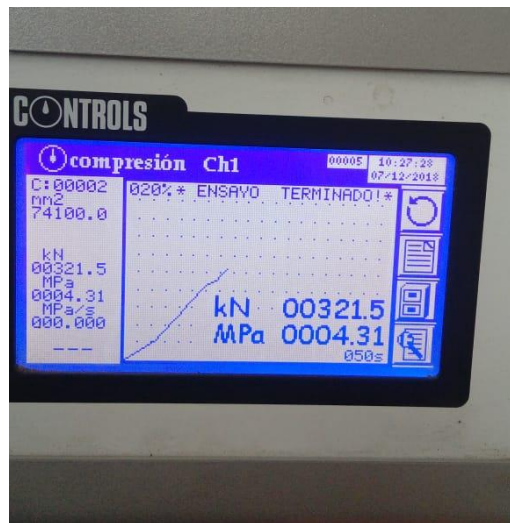


Fotografía 3-6. Bloque con eco-ladrillo en la prensa.

Fuente: Propia



Fotografía 3-7. Registro de datos en el equipo del bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-8. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia

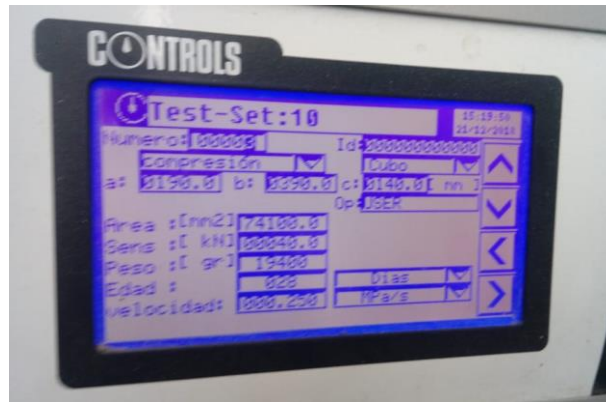


Fotografía 3-9. Bloque con eco-ladrillo después de ensayar a los 14 días.  
Fuente: Propia

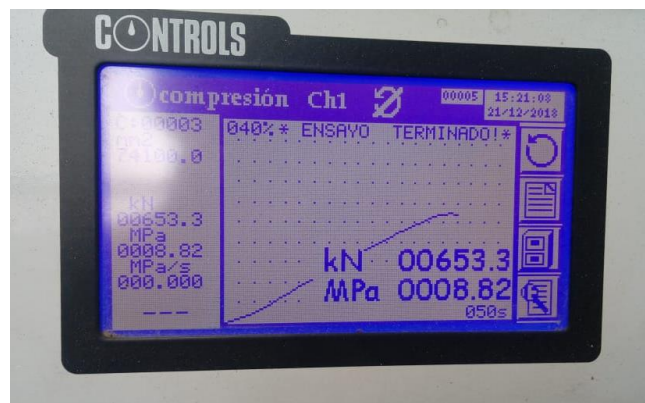
### **Registro fotográfico del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días**



Fotografía 3-10. Bloque con eco-ladrillo antes de ensayar a los 28 días.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-11. Registro de datos en el equipo del bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-12. Grafica de resultados del ensayo del bloque con eco-ladrillo.  
Fuente: Propia

### 3.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE HORMIGÓN CONVENCIONALES

Se determinó realizar 3 ensayos de resistencia a la compresión, a los bloques fabricados en laboratorio, los cuales serán ensayados a los 7,14 y 28 días según el siguiente calendario de fechas:

Tabla 3-3. Calendario de fechas para el ensayo de los bloques convencionales.  
Fuente: Propia

	ENSAYO	FECHA
BLOQUE N°1	7 días	4 de diciembre
BLOQUE N°2	14 días	11 de diciembre
BLOQUE N°3	28 días	25 de diciembre

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques se requirió de los siguientes equipos:

- 1 pesa electrónica.
- 1 prensa para ensayo de compresión.

Para la ejecución de los ensayos se realizó el siguiente procedimiento:

- Registro de la masa del bloque a ensayar.
- Registro de los datos solicitados por el equipo (prensa para ensayo de compresión).
- Posicionado del bloque en el plato de la prensa.
- Ejecución del ensayo.
- Registro de resultados entregado por el equipo (resistencia, gráficos, fotos)
- Retiro del bloque.

### 3.2.1 REGISTRO DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión:

Tabla 3-4. Registro de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión.  
Fuente: Propia

	ENSAYO	FECHA	PESO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
BLOQUE N.º 1	7 días	4 de diciembre	12,56 kg	22,6 kg/cm <sup>2</sup>
BLOQUE N.º 2	14 días	11 de diciembre	11,78 kg	20,6 kg/cm <sup>2</sup>
BLOQUE N.º 3	28 días	25 de diciembre		

### 3.2.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

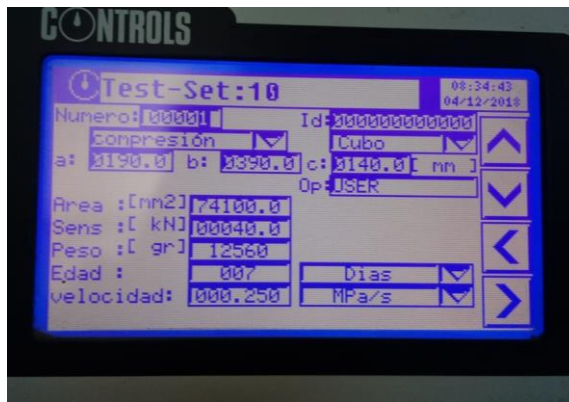
#### Registro fotográfico del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días



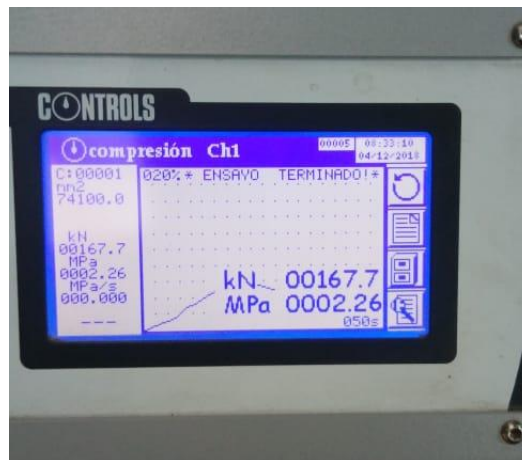
Fotografía 3-13. Bloque convencional antes de ensayar a los 7 días.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-14. Bloque convencional en la prensa.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-15. Registro de datos en el equipo del bloque convencional.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-16. Grafica de resultados del ensayo del bloque convencional.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-17. Bloque convencional después de ensayar a los 7 días  
Fuente: Propia

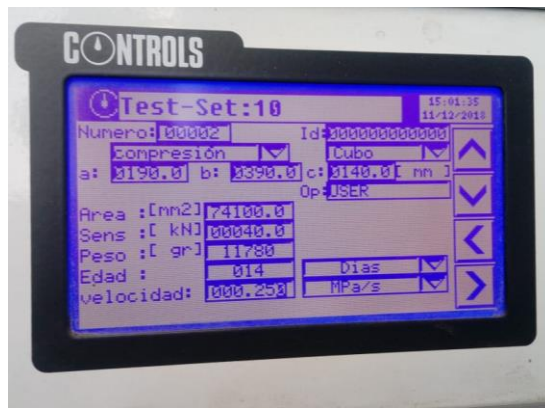
**Registro fotográfico del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días**



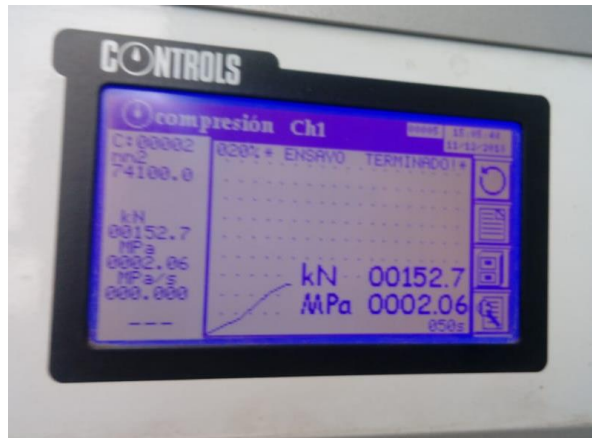
Fotografía 3-18. Bloque convencional antes de ensayar a los 14 días.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-19. Bloque convencional en la prensa.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-20. Registro de datos en el equipo del bloque convencional.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-21. Grafica de resultados del ensayo del bloque convencional.  
Fuente: Propia



Fotografía 3-22. Bloque convencional después de ensayar a los 14 días  
Fuente: Propia

### 3.3 RESUMEN COMPARATIVO

En el siguiente grafico se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión realizados a los bloques fabricados a los 7,14 y 28 días y su comparación con la NCh181 of65 respecto a los bloques clase A y B.

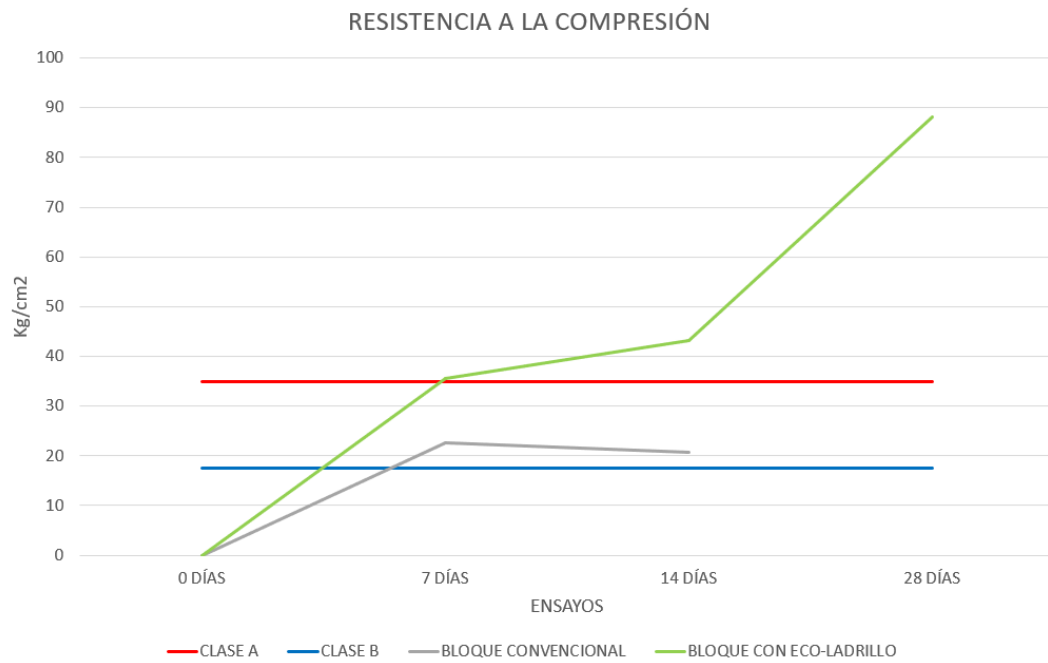


Gráfico 3-1. Ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente: Propia

**CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN ECONÓMICA DE UN PROYECTO  
CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CON ECO-  
LADRILLOS Y OTRO CON BLOQUES DE HORMIGÓN  
CONVENCIONALES.**

## 4.1 PROYECTO

Para el proyecto se consideró un muro perimetral construido a base de bloques de hormigón con eco-ladrillos y otro con bloques de hormigón convencionales para realizar una comparación económica de su ejecución.

## 4.2 UBICACIÓN

El proyecto se emplazará en la Universidad Técnica Federico Santamaria, la cual está ubicada en Arteaga Alemparte 943, Hualpén.



Figura 4-1. Ubicación Universidad técnica Federico Santa María.  
Fuente: Google maps.

En la siguiente figura se muestra donde se ubicará específicamente el muro perimetral dentro de la universidad, en la cual ya existe un cerco perimetral metálico, el cual está marcado con una línea amarilla y tiene un largo de 180 metros.



Figura 4-2. Ubicación del muro perimetral.  
Fuente: Google maps.

### 4.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL CERCO ACTUAL EXISTENTE



Fotografía 4-1. Cerco perimetral existente, entrada.  
Fuente: Propia.



Fotografía 4-2. Cerco perimetral existente, zona media.  
Fuente: Propia.



Fotografía 4-3. Cerco perimetral existente, zona posterior.  
Fuente: Propia.

## **4.4 MURO PERIMETRAL CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CON ECO-LADRILLOS**

### **4.4.1 DISEÑO DEL MURO**

Para el diseño del muro conformado por bloques de hormigón con eco-ladrillos se determinaron las siguientes características:

- Albañilería confinada
- Aparejo de tipo pandereta
- Área del paño: 11,53 m<sup>2</sup>
- Largo del paño: 5,74 m
- Altura albañilería: 2,01 m
- Junta vertical: 1 cm
- Tendel: 1cm
- Numero de hiladas: 10
- Escantillón: 20 cm

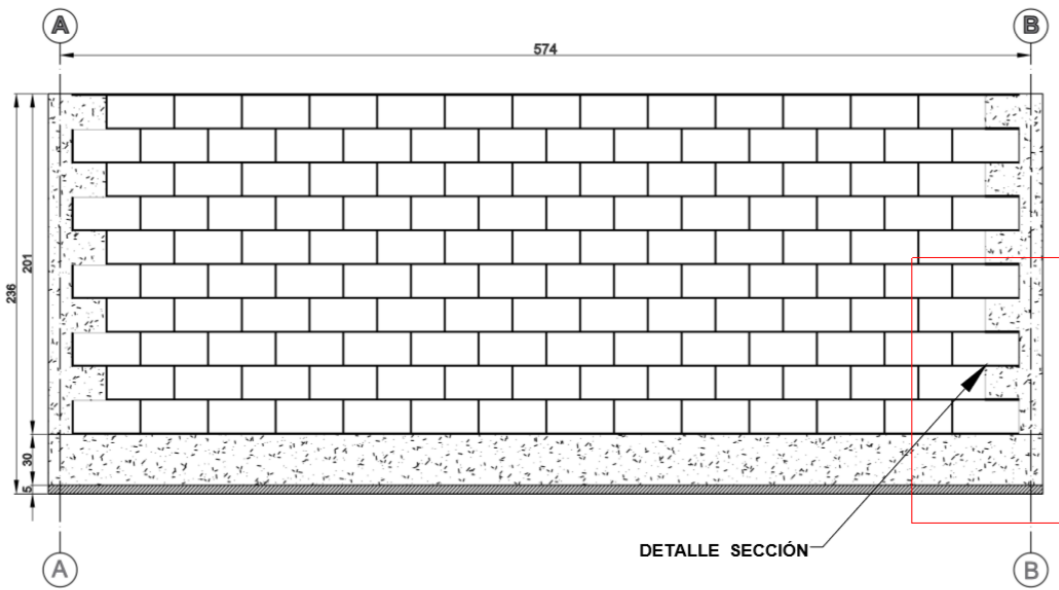


Figura 4-3. Diseño muro perimetral con bloques con eco-ladrillos.  
Fuente: propia.

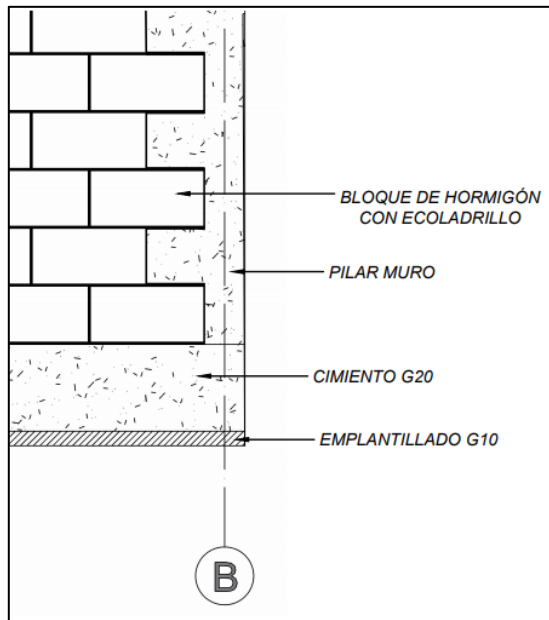


Figura 4-4. Detalle sección muro.  
Fuente: propia

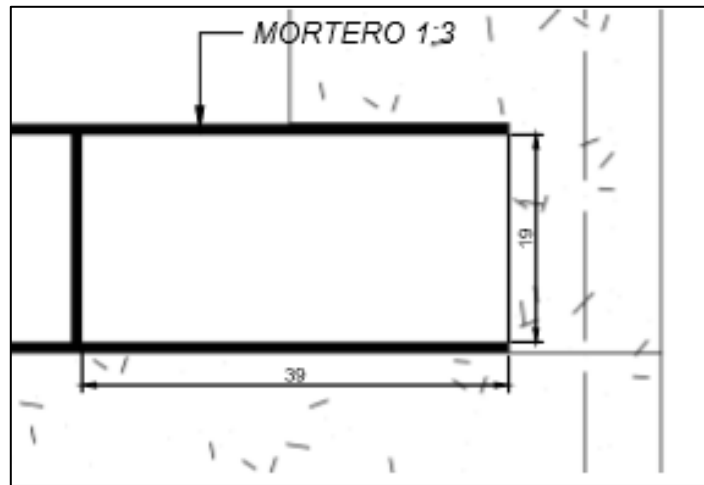


Figura 4-5. Detalle bloque.  
Fuente: propia

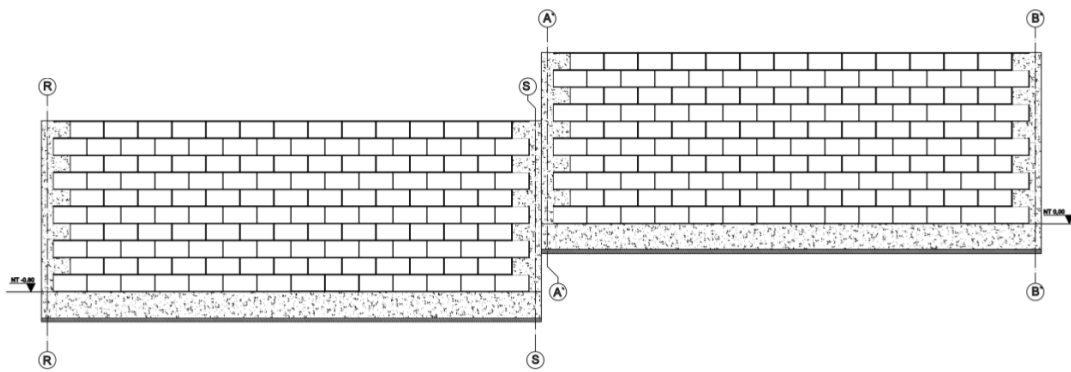


Figura 4-6. Detalle desnivel en muro.  
Fuente: propia

#### 4.4.2 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

Para el análisis de precio unitario se establecieron las siguientes partidas:

- Escarpe
- Trazado y replanteo
- Excavación de cimienta
- Emplantillado
- Hormigonado de cimienta
- Colocación de enfierradura de pilares
- Levantamiento de albañilería de bloques
- Confeción y colocación de moldaje de pilares
- Hormigonado de pilares
- Retiro de moldaje pilares

Tabla 4-1. A.P.U escarpe.

Fuente: Propia

PARTIDA		ESCARPE TERRENO NATURAL			
CUBICACIÓN		126	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
Subtotal					
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal	día	0,33	12000	3960
Leyes Sociales 22%					871
Subtotal					4831
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		145
Subtotal					145
				<b>TOTAL</b>	<b>4976</b>

Tabla 4-2. A.P.U trazado y replanteo.  
Fuente: Propia

PARTIDA		TRAZADO Y REPLANTEO			
CUBICACIÓN		54	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Tabla 1" x 4"	Pza	0,31	1200	372
2	Poste 2" x 2"	Pza	0,5	980	490
3	Clavo 1/4	kg	0,1	1735	174
4	Cal hidraulica 25 kg	kg	0,25	144	36
<b>Subtotal</b>					<b>1072</b>
<b>Mano de Obra</b>					
1	Maestro trazador	día	0,013	20000	260
2	Jornal	día	0,013	12000	156
Leyes Sociales 22%					92
<b>Subtotal</b>					<b>508</b>
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		16
<b>Subtotal</b>					<b>16</b>
<b>TOTAL</b>					<b>1596</b>

Tabla 4-3. A.P.U excavación de cimiento.  
Fuente: Propia

PARTIDA		EXCAVACIÓN DE CIMIENTO			
CUBICACIÓN		18,9	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
<b>Subtotal</b>					
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal	día	0,33	12000	3960
Leyes Sociales 22%					871
<b>Subtotal</b>					4831
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		145
<b>Subtotal</b>					145
<b>TOTAL</b>					4976

Tabla 4-4. A.P.U emplantillado G10.  
Fuente: Propia

PARTIDA		EMPLANTILLADO G10			
CUBICACIÓN		2,7	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Gravilla	m3	0,09	13000	1170
2	Arena	m3	0,075	15000	1125
3	Cemento	saco	8	3340	26720
<b>Subtotal</b>					29015
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal	día	0,45	12000	5400
Leyes Sociales 22%					1188
<b>Subtotal</b>					6588
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		198
<b>Subtotal</b>					198
<b>TOTAL</b>					35801

Tabla 4-5. A.P.U hormigonado de cimientto G20.  
Fuente: Propia

PARTIDA		HORMIGONADO CIMIENTTO G20			
CUBICACIÓN		16,2	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Ripio 1 1/2"	m3	0,7	13000	9100
2	Arena gruesa	m3	0,5	15000	7500
3	Cemento	saco	14	3340	46760
<b>Subtotal</b>					63360
<b>Mano de Obra</b>					
1	Albañil	día	0,22	20000	4400
2	Jornal	día	0,22	12000	2640
Leyes Sociales 22%					1549
<b>Subtotal</b>					8589
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		258
<b>Subtotal</b>					258
<b>TOTAL</b>					72207

Tabla 4-6. A.P.U colocación enfierradura de pilar.  
Fuente: Propia

PARTIDA		COLOCACIÓN ENFIERRADURA PILAR			
CUBICACIÓN		31	GI		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Pilar Acma 12x12x2.5	un	31	7200	223200
<b>Subtotal</b>					223200
<b>Mano de Obra</b>					
1	Enfierrador	día	0,5	20000	10000
Leyes Sociales 22%					2200
<b>Subtotal</b>					12200
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		366
<b>Subtotal</b>					366
<b>TOTAL</b>					235766

Tabla 4-7. A.P.U levantamiento de albañilería.  
Fuente: Propia

PARTIDA		LEVANTAMIENTO ALBAÑILERIA			
CUBICACIÓN		339	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	B.con eco-ladrillo	un	12	1780	21360
2	Mortero 1 : 3	m3	0,01	38000	380
<b>Subtotal</b>					21740
<b>Mano de Obra</b>					
1	Albañil	día	0,1	20000	2000
2	Jornal	día	0,1	12000	1200
Leyes Sociales 22 %					704
<b>Subtotal</b>					3904
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		117
<b>Subtotal</b>					117
<b>TOTAL</b>					25761

Tabla 4-8. A.P.U confección moldaje de pilares.  
Fuente: Propia

PARTIDA		CONFECCIÓN MOLDAJE PILARES			
CUBICACIÓN		74,4	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Terciado estructural 15 mm	m2	1	5330	5330
2	Alambre n #14	kg	0,1	2120	212
3	Pino 2"x 2"x 3,2 m	Pza	1,3	1150	1495
4	Clavo 4"	kg	0,27	1024	276
5	Clavo 2"	kg	0,22	1735	382
<b>Subtotal</b>					7695
<b>Mano de Obra</b>					
1	Carpintero	día	0,05	20000	1000
2	Ayudante	día	0,05	14000	700
Leyes Sociales 22%					374
<b>Subtotal</b>					2074
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		62
<b>Subtotal</b>					62
<b>TOTAL</b>					9831

Tabla 4-9. A.P.U hormigonado de pilares.  
Fuente: Propia

PARTIDA		HORMIGONADO PILARES			
CUBICACIÓN		2,95	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Ripio 1 1/2"	m3	0,7	13000	9100
2	Arena gruesa	m3	0,5	15000	7500
3	Cemento	saco	14	3340	46760
<b>Subtotal</b>					63360
<b>Mano de Obra</b>					
1	Albañil	día	0,22	20000	4400
2	Jornal	día	0,22	12000	2640
Leyes Sociales 22%					1549
<b>Subtotal</b>					8589
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		258
<b>Subtotal</b>					258
				<b>TOTAL</b>	72207

Tabla 4-10. A.P.U desmoldaje.  
Fuente: Propia

PARTIDA		DESMOLDAJE			
CUBICACIÓN		74,4	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
<b>Subtotal</b>					
<b>Mano de Obra</b>					
1	Carpintero	día	0,05	20000	1000
2	Jornal	día	0,05	12000	600
Leyes Sociales 22%					352
<b>Subtotal</b>					1952
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		59
<b>Subtotal</b>					59
				<b>TOTAL</b>	2011

#### 4.4.3 PRESUPUESTO

Para la confección del muro a base de bloques de hormigon con eco-ladrillos se estableció el siguiente presupuesto:

Tabla 4-11. Presupuesto del muro a base de bloques con eco-ladrillos.  
Fuente: Propia

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ESCARPE TERRENO NATURAL	m2	126	4976	626976
2	TRAZADO Y REPLANTEO	m2	54	1596	86184
3	EXCAVACIÓN CIMENTO	m3	18,9	4976	94046,4
4	EMPLANTILLADO G10	m3	2,7	35801	96662,7
5	HORMIGONADO CIMENTO G20	m3	16,2	72207	1169753,4
6	COLOCACIÓN ENFIERRADURA PILARES	Gl	1	235766	235766
7	LEVANTAMIENTO ALBAÑILERIA DE BLOQUES	m2	339	25761	8732979
8	CONFECCIÓN Y COLOCACIÓN MOLDAJE PILARES	m2	37,2	9831	365713,2
9	HORMIGONADO DE PILARES	m3	2,95	72207	213010,65
10	RETIRO DE MOLDAJE PILARES	m2	37,2	2101	78157,2
				<b>COSTO DIRECTO DE OBRA</b>	11699248,55
				<b>GASTOS GENERALES (27%)</b>	3.158.797
				<b>UTILIDADES (12%)</b>	1.782.965
				<b>VALOR NETO</b>	16.641.011
				<b>IVA (19%)</b>	3.161.792
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	\$19.802.803

## 4.5 MURO PERIMETRAL CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN CONVENCIONALES

### 4.5.1 DISEÑO DEL MURO

Para el diseño del muro conformado por bloques de hormigón convencionales se determinaron las siguientes características:

- Albañilería armada
- Aparejo de tipo pandereta
- Largo: 180 m
- Altura albañilería: 2,01 m
- Junta vertical: 1 cm
- Tendel: 1cm
- Numero de hiladas: 10
- Escantillón: 20 cm

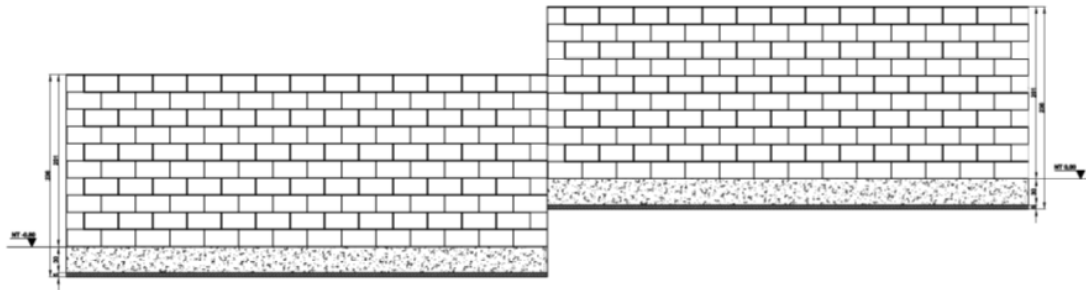


Figura 4-7. Diseño muro perimetral con bloques convencionales.

Fuente: propia.

## 4.5.2 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

Para el análisis de precio unitario se establecieron las siguientes partidas:

- Escarpe
- Trazado y replanteo
- Excavación de cimienta
- Emplantillado
- Hormigonado de cimienta
- Levantamiento de albañilería de bloques

Tabla 4-12. A.P.U escarpe.  
Fuente: Propia

PARTIDA		ESCARPE TERRENO NATURAL			
CUBICACIÓN		180	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
<b>Subtotal</b>					
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal	día	0,33	12000	3960
Leyes Sociales 22%					871
<b>Subtotal</b>					4831
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		145
<b>Subtotal</b>					145
				<b>TOTAL</b>	4976

Tabla 4-13. A.P.U trazado y replanteo.  
Fuente: Propia

PARTIDA		TRAZADO Y REPLANTEO			
CUBICACIÓN		54	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Tabla 1" x 4"	Pza	0,31	1200	372
2	Poste 2" x 2"	Pza	0,5	980	490
3	Clavo 1/4	kg	0,1	1735	174
4	Cal hidráulica	kg	0,25	144	36
<b>Subtotal</b>					1072
<b>Mano de Obra</b>					
1	Maestro trazador	día	0,013	20000	260
2	Jornal	día	0,013	12000	156
Leyes Sociales 22%					92
<b>Subtotal</b>					508
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		16
<b>Subtotal</b>					16
<b>TOTAL</b>					1596

Tabla 4-14. A.P.U excavación cimiento.  
Fuente: propia

PARTIDA		EXCAVACIÓN DE CIMIENTO			
CUBICACIÓN		18,9	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
<b>Subtotal</b>					
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal		0,33	12000	3960
Leyes Sociales 22%					871
<b>Subtotal</b>					4831
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		145
<b>Subtotal</b>					145
<b>TOTAL</b>					4976

Tabla 4-15. A.P.U emplantillado.  
Fuente: Propia

PARTIDA		EMPLANTILLADO G10			
CUBICACIÓN		2,7	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Gravilla	m3	0,09	13000	1170
2	Arena	m3	0,075	15000	1125
3	Cemento	saco	8	3340	26720
<b>Subtotal</b>					29015
<b>Mano de Obra</b>					
1	Jornal	día	0,45	12000	5400
Leyes Sociales 22 %					1188
<b>Subtotal</b>					6588
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		198
<b>Subtotal</b>					198
<b>TOTAL</b>					35801

Tabla 4-16. A.P.U hormigonado de cemento.  
Fuente: Propia

PARTIDA		HORMIGONADO CIMENTO G20			
CUBICACIÓN		16,2	m3		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Ripio 1 1/2"	m3	0,7	13000	9100
2	Arena gruesa	m3	0,5	15000	7500
3	Cemento	saco	14	3340	46760
<b>Subtotal</b>					63360
<b>Mano de Obra</b>					
1	Albañil	día	0,22	20000	4400
2	Jornal	día	0,22	12000	2640
Leyes Sociales 22 %					1549
<b>Subtotal</b>					8589
<b>Maquinas y herramientas</b>					
Desgaste de herramientas			3%		258
<b>Subtotal</b>					258

Tabla 4-17. A.P.U levantamiento de albañilería.  
Fuente: Propia

PARTIDA		LEVANTAMIENTO ALBAÑILERÍA			
CUBICACIÓN		360	m2		
N°	Componentes	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Materiales</b>					
1	Bloques convencionales	un	12	1430	17160
2	Mortero 1 : 3	m3	0,01	38000	380
3	Hormigon de relleno	m3	0,041	80000	3280
4	Fierro estriado 8 mm x 6m	kg	0,5	1750	875
<b>Subtotal</b>					21695
<b>Mano de Obra</b>					
1	Albañil	día	0,1	20000	2000
2	Jornal	día	0,1	12000	1200
Leyes Sociales 22 %					704
<b>Subtotal</b>					3904
<b>Maquinas y herramientas</b>					
	Desgaste de herramientas		3%		117
<b>Subtotal</b>					117
				<b>TOTAL</b>	25716

### 4.5.3 PRESUPUESTO

Para la confección del muro a base de bloques de hormigon convencionales se estableció el siguiente presupuesto:

Tabla 4-18. Presupuesto del muro a base de bloques convencionales.  
Fuente: Propia

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	ESCARPE TERRENO NATURAL	m2	180	4976	895680
2	TRAZADO Y REPLANTEO	m2	54	1596	86184
3	EXCAVACIÓN CIMIENTO	m3	18,9	4976	94046,4
4	EMPLANTILLADO G10	m3	2,7	35801	96662,7
5	HORMIGONADO CIMIENTO G20	m3	16,2	72207	1169753,4
7	LEVANTAMIENTO ALBAÑILERIA DE BLOQUES	m2	360	25716	9257760
				<b>COSTO DIRECTO DE OBRA</b>	11600086,5
				<b>GASTOS GENERALES (27%)</b>	3.132.023
				<b>UTILIDADES (12%)</b>	1.767.853
				<b>VALOR NETO</b>	16.499.963
				<b>IVA (19%)</b>	3.134.993
				<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	\$19.634.956

#### 4.6 RESUMEN COMPARATIVO

En la siguiente tabla se realiza una comparación de los aspectos técnicos y económicos obtenidos de los bloques confeccionados.

Tabla 4-19. Resumen comparativo de los bloques confeccionados.  
Fuente: Propia

ASPECTOS TÉCNICOS	BLOQUES DE HORMIGÓN	
	CON ECO-LADRILLO	CONVENCIONAL
<b>PESO PROMEDIO</b>	18,8 kg	12,2 kg
<b>DIFERENCIA DE PESO</b>	6.6 kg	
<b>DIFERENCIA DE PESO</b>	35 %	
<b>VOLUMEN DE HORMIGÓN</b>	0,008559 m <sup>3</sup>	0,005073 m <sup>3</sup>
<b>HUECOS</b>	17 %	50 %
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS</b>	35,5 kg/cm <sup>2</sup>	22,6 kg/cm <sup>2</sup>
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS</b>	43,1 kg/cm <sup>2</sup>	20,6 kg/cm <sup>2</sup>
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS</b>	88,2 kg/cm <sup>2</sup>	No registra
<b>REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS</b>		
<b>REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS POR UNIDAD</b>	0,360 kg	0
<b>BOTELLAS REUTILIZADAS POR UNIDAD</b>	1 (60 grs)	0
<b>BOLSAS REUTILIZADAS POR UNIDAD</b>	50 (300 grs)	0
<b>NORMA CHILENA</b>		
<b>NCh181 of.65 CLASE B (17,5 kg/cm<sup>2</sup>)</b>	si	si
<b>NCh181 of.65 CLASE A (35 kg/cm<sup>2</sup>)</b>	si	no
<b>VALOR DE LOS BLOQUES</b>		
<b>VALOR ECONÓMICO</b>	\$1780	\$1430

En la siguiente tabla se realiza un análisis comparativo respecto a los datos obtenidos del muro propuesto por el total de la obra

Tabla 4-20. Resumen comparativo del muro confeccionado.  
Fuente: Propia

ITEM	MURO CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN	
	CON ECO-LADRILLO	CONVENCIONAL
TIPO DE ALBAÑILERIA	Confinada	Armada
VALOR TOTAL (pesos)	\$19.802.803	\$19.634.956
DIFERENCIA ECONÓMICA (pesos)	\$167.847	
DIFERENCIA ECONÓMICA (%)	0,8 %	
BLOQUES UTILIZADOS	4068	4320
RESIDUOS PLÁSTICOS REUTILIZADOS (ton)	1,4 ton	0
BOTELLAS REUTILIZADAS	4068	0
BOLSAS REUTILIZADAS	203.400	0

En la siguiente tabla se realiza un análisis comparativo para la fabricación de 1 m<sup>2</sup> de muro a base de los bloques fabricados:

Tabla 4-21. Resumen comparativo de 1 m2 de muro.  
Fuente: Propia

ITEM	1 M2 MURO CONFECCIONADO CON BLOQUES DE HORMIGÓN	
	CON ECO-LADRILLO	CONVENCIONAL
BLOQUES UTILIZADOS	12	12
RESIDUOS PLÁSTICOS REUTILIZADOS	4.32 kg	0
BOTELLAS REUTILIZADAS	12	0
BOLSAS REUTILIZADAS	600	0

## CONCLUSIONES

Del trabajo de título realizado se concluye lo siguiente:

Con respecto a los elementos que conforman el eco-ladrillo:

Los plásticos utilizados para la confección del eco-ladrillo fueron botellas plásticas, bolsas tipo boutique, bolsas de polipropileno, bolsas de tipo camiseta, elementos altamente perjudiciales para el medio ambiente, debido a su largo tiempo de degradación.

Con respecto a los ensayos de resistencia a la compresión se determinó que:

El bloque de hormigón con eco-ladrillo alcanzó una resistencia a la compresión suficiente, cumpliendo satisfactoriamente con los parámetros mínimos estipulado por la NCh181 of65 para los bloques de hormigón Clase A y B.

Con respecto a la idea de proyecto se determinó que:

El bloque de hormigón con eco-ladrillo resulta un 20% más costoso que un bloque de hormigón convencional, sin embargo, el bloque con eco-ladrillo tiene valor agregado, este bloque reutiliza 360 gramos de residuos plásticos por unidad, el cual le otorga un ciclo cerrado a los plásticos incorporados, evitando que estos terminen en vertederos o contaminado el medio ambiente.

Ejecutar el proyecto con bloque de hormigón con eco-ladrillo resulta un 0,8 % más costoso que realizar el mismo proyecto con bloques de hormigón convencionales, sin embargo el bloque propuesto tiene un valor agregado de reutilización de residuos plásticos contaminantes para el medio ambiente, reutilizando aproximadamente 1,4 toneladas de residuos en un proyecto de cierre perimetral de 360 m<sup>2</sup> y que además le confiere características resistentes superiores al del bloque de hormigón convencional.

Actualmente profesionales de la construcción, organizaciones ecológicas, instituciones privadas y empresas buscan ejecutar obras con características sustentables con el fin de concientizar y ayudar al medio ambiente mediante iniciativas como, por ejemplo: proyectos sustentables, medidas regulatorias, iniciativas ecológicas etc.

Dicho lo anterior el bloque de hormigón con eco-ladrillo otorga una solución constructiva alternativa para la confección de muros perimetrales el cual tiene la cualidad de reutilizar residuos plásticos, pero que además cumple con la resistencia mínima a la compresión especificada por la NCh181 Of.65 para bloques de hormigón clase A y B.

En la actualidad las construcciones con eco-ladrillo son de tipo artesanal, utilizando mortero de pega para otorgar resistencia a la estructura, sin ningún tipo de normas, fundamentos y ensayos que lo respalden. El bloque de hormigón propuesto en este trabajo de título otorga un diseño innovador y estándar que incorpora el eco-ladrillo como material de relleno, poniendo a disposición un elemento que tiene un respaldo técnico y normativo, en el cual se realizaron diseños según la norma, ensayos de materiales y de resistencia a la compresión, dosificaciones, evaluación económica y una idea de proyecto emplazada en la universidad que este caso fue utilizado para un proyecto con características no estructurales, sin embargo el bloque propuesto, a diferencia del bloque convencional con el cual fue comparado, cumple con la resistencia necesaria para construir elementos estructurales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- <http://sustentable.uc.cl/>
- <https://www.theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>
- <http://www.atlas.d-waste.com>
- <http://portal.mma.gob.cl/residuos/ley-de-fomento-al-reciclaje/>
- <https://www.greenpeace.org>
- <https://www.textoscientificos.com/>
- <http://www.grau.cl/>
- <https://www.milbolsas.cl>
- <http://www.cmf.cl/>
- <http://www.sodimac.cl>
- <http://www.chilecubica.cl>

