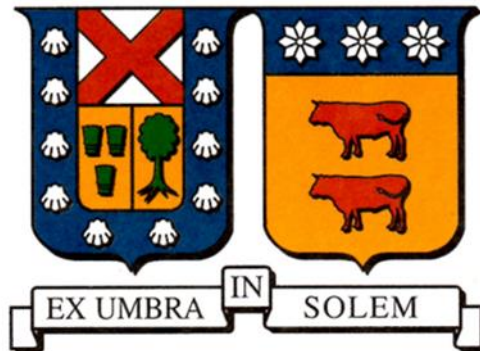




UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**PROPUESTA DE SOLUCION CONSTRUCTIVA SUSTENTABLE DE UNA
MEZCLA DE HORMIGON ELABORADO CON MATERIALES RECICLADOS:
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) Y ARENA**

ALAIN PATRICIO CURIMAN CATALAN

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**PROPUESTA DE SOLUCION CONSTRUCTIVA SUSTENTABLE DE UNA MEZCLA
DE HORMIGON ELABORADO CON MATERIALES RECICLADOS: POLIETILENO
DE ALTA DENSIDAD (PEAD) Y ARENA**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero en CONSTRUCCIÓN

Alumno:

Alain Patricio Curiman Catalán

Profesor guía:

Sr. Cristopher Pérez Marín

2022

RESUMEN DEL PROYECTO

En esta investigación se busca elaborar un bloque o prefabricado experimental de hormigón alternativo, en el cual se sustituirá sus áridos gruesos y finos, por materiales reciclados tales como, PEAD (Polietileno de alta densidad), conservando la naturaleza de sus aglomerantes como el cemento y agua.

Se busca otorgarles un uso sustentable a estos materiales reciclados utilizándolos principalmente en el área de la Construcción, primeramente, se dosificará bajo el método de diseño que sugiere la NCh 170 Of. 2016.

Seguido del proceso de dosificación según NCh 170 Of. 2016 para la confección del hormigón, se elaborará un bloque o prefabricado de hormigón.

Este contempla cemento, agua, PEAD (polímero) como árido grueso y vidrio molido como árido fino.

Además, se evaluará su respectiva resistencia a compresión, primero como bloque o prefabricado de hormigón y posteriormente como probeta de hormigón.

Cabe destacar que se estimara su factibilidad económica en relación a bloque o prefabricado ya existentes en el mercado de la Construcción de nuestro país.

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	15
1.2	METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO.....	16
1.3	OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
1.4	MARCO TEÓRICO	18
1.4.1	HORMIGÓN	19
1.4.2	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD).....	26
1.4.3	ARENA	30
1.4.4	BLOQUE DE HORMIGON	32
1.4.5	TRANSMITANCIA TERMICA.	34
1.5	MARCO NORMATIVO	38
1.5.1	NCH 148 OF 68 CEMENTO – TERMINOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES GENERALES.....	39
1.5.2	NCH 163 OF 2013 ÁRIDOS PARA MORTEROS – REQUISITOS.	39
1.5.3	NCH 165 OF. 2009. ÁRIDOS PARA MORTERO Y HORMIGÓN – TAMIZADO Y DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA.	39
1.5.4	NCH 1498 OF. 2012. HORMIGÓN Y MORTERO - AGUA DE AMASADO - CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS.	39
1.5.5	NCH 170 OF. 85. HORMIGÓN – REQUISITOS GENERALES.	39
1.5.6	NCH 1037 OF. 2009 HORMIGÓN - ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CUBICAS Y CILÍNDRICAS.	39
1.5.7	NCH 182 OF. 2008 BLOQUES DE HORMIGÓN PARA USO ESTRUCTURAL - ENSAYO.	39
1.5.8	NCH 853 OF. 2007 ACONDICIONAMIENTO TERMICO – ENVOLVENTE TERMICA DE EDIFICIOS – CALCULO DE RESISTENCIAS Y TRANSMITANCIAS TERMICAS.....	39

2	DESCRIBIR EL PROCESO NECESARIO PARA EL RECICLAJE DEL MATERIAL PROPUESTO: PEAD	40
2.1	PROCESO DE RECICLAJE DEL PEAD	41
3	PROPONER LA DOSIFICACION DE UN BLOQUE EXPERIMENTAL DE HORMIGON A BASE DE CEMENTO, PEAD Y ARENA UTILIZANDO LA NCH 170 OF 2016 COMO METODO DE DISEÑO.....	44
3.1	MATERIALES	45
3.2	EQUIPOS	46
3.3	METODO DE DISEÑO	50
3.3.1	PROCEDIMIENTO SEGÚN NORMA	50
3.3.2	PROCEDIMIENTO A UTILIZAR: METODO ACI.....	57
4	EJECUTAR Y ENSAYAR LA DOSIFICACION PROPUESTA DE UN BLOQUE EXPERIMENTAL DE HORMIGON A BASE DE CEMENTO, PEAD Y ARENA, SEGÚN NCh 1037 Of. 2009, EVALUANDO SU TRANSMITANCIA TERMICA.	65
4.1	ENSAYOS	66
4.1.1	LABORATORIO DE HORMIGONES	66
4.1.2	DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE COMPACTA.....	70
4.1.3	DETERMINACION DEL ESPONJAMIENTO DE LA ARENA	71
		72
4.1.4	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL Y NETA, Y LA ABSORCION DE AGUA DE LAS ARENAS (Nch 1239 Of.77)	73
4.2	CONFECCION DE BLOQUE EXPERIMENTAL	77
4.2.1	MOLDAJE.....	77
4.2.2	CONFECCION HORMIGON.....	78
4.2.3	DESMOLDAJE DE BLOQUES	86
4.3	RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION	87
5	COMPARAR ECONOMICAMENTE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON BLOQUES DE HORMIGON TRADICIONAL CON EL BLOQUE DE HORMIGON PROPUESTO	93
5.1	PROYECTO.....	94

5.2	UBICACIÓN	94
5.3	VISITA A TERRENO.....	95
5.4	DISEÑO DEL MURO	95
5.4.1	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO	97
5.4.2	PRESUPUESTO	103

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Fuente: Características del Cemento - Nch 148 Of 68.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 Clasificación de los Cementos según su Composición Fuente: Compendio de Tecnología del Hormigón.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 3 Cálculo de Modulo de finura árido fino Fuente: Recuperado de NCh 165 Of. 2009. (Áridos para Mortero y Hormigón – Tamizado y determinación de la Granulometría).....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4 Cálculo de Modulo de finura árido grueso Fuente: Recuperada de NCh 165 Of. 2009. (Áridos para Mortero y Hormigón – Tamizado y determinación de la Granulometría).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5 Propiedades Físicas del PEAD Fuente: (GIRÓN, 2005).....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6 Propiedades Mecánicas Fuente: (GIRÓN, 2005)</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7 Propiedades Térmicas Fuente: (GIRÓN, 2005).</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8 Bandas Granulométricas para árido fino Fuente: Recuperada de NCh 163 Of 2013 – Áridos para morteros y hormigones – Requisitos</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9 Dimensiones normales de los Bloques huecos Fuente: Recuperada NCh 181 Of 65.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 10 Resistencia mínima a la compresión en bloques huecos de hormigón Fuente: NCH 181 Of 65.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 11 Materiales utilizados y sus conductividades Fuente NCh 853 Of. 2007 Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12 Factor estadístico Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 13 Valor estimado Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 14 Volumen estimado de agua de amasado (M3) Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15 Volumen estimado de agua de amasado (M3) Fuente: Elaboración propia</i>	<i>52</i>

<i>Tabla 16 Determinación relación agua-cemento Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 17 Determinación de contenido de aire Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 18 Determinación árido grueso Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 19 Determinación árido fino Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 20 Cantidades en Kilogramos para M3 Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 21 Factor estadístico Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 22 Valor estimado Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 23 Contenido de aire Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 24 Asentamiento cono Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 25 Dosis media tentativa de agua Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 26 Determinación relación agua-cemento Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 27 Determinación Árido grueso Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 28 Resumen dosificación Fuente: elaboración propia (2022)</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 29 Resumen dosificación correcciones Fuente: elaboración propia (2022)</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 30 Granulometría árido fino Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM.....</i>	<i>66</i>

<i>Tabla 31 Granulometría árido grueso Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 32 A.P.U. Escarpe Terreno Natural.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 33 A.P.U. Trazado y Replanteo.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 34 A.P.U. Excavación de Cimiento.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 35 A.P.U. Emplantillado G-10.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 36 A.P.U. Moldaje Cimiento</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 37 A.P.U. Hormigonado Cimiento</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 38 A.P.U. Colocación Enfierradura Pilar</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 39 A.P.U. Levantamiento Albañilería</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 40 A.P.U. Confección Moldaje Pilares</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 41 A.P.U. Hormigonado Pilares G-20</i>	<i>102</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Panteón Romano Fuente: (Benevolo)</i>	20
<i>Figura 2 Bloque de hormigón convencional Fuente: Grau hormigones</i>	32
<i>Figura 3 Comportamiento térmico de una vivienda y reglamentación en Chile Fuente: CCHC, 2015.</i>	34
<i>Figura 4 Elemento heterogéneo Fuente: Manual acondicionamiento térmico, 2015.</i>	35
<i>Figura 5 PEAD antes de reciclar Fuente: Recuperadas de Bioplasti (Bioplasti, 2018)</i>	41
<i>Figura 6 Triturador de PEAD Fuente: Recuperada de Bioplasti. (Bioplasti, 2018).</i>	42
<i>Figura 7 Lavado Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018).....</i>	42
<i>Figura 8 Almacenamiento Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018).....</i>	43
<i>Figura 9 Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018)</i>	43
<i>Figura 10 PEAD reciclado (Árido Grueso) Fuente: Elaboración Propia (2022).</i>	45
<i>Figura 11 Cemento Fuente: Polpaico</i>	45
<i>Figura 12 Arena (Árido fino) Fuente Elaboración propia</i>	46
<i>Figura 13 Betonera eléctrica Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	46
<i>Figura 14 Balanza Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	47
<i>Figura 15 Tamices normados Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	47
<i>Figura 16 Mesa vibradora eléctrica Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	48
<i>Figura 17 Pesa lavado sumergido Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	48
<i>Figura 18 Pistola de calor Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	49
<i>Figura 19 Granulometría Árido Fino Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	67

<i>Figura 20 Árido Fino Peso Inicial 1 Kg Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	67
<i>Figura 21 Árido grueso Peso inicial 2 Kg Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	69
<i>Figura 22 Granulometría árido grueso Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	69
<i>Figura 23 Esponjamiento Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTFSM.</i>	72
<i>Figura 24 Ensayo esponjamiento Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).</i>	73
<i>Figura 25 Molde cónico Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTFSM.</i>	74
<i>Figura 26 Tipos de asentamiento de la arena para alcanzar la condición de saturada superficialmente seca Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTFSM</i>	75
<i>Figura 27 Moldaje bloque hormigón fabricado Fuente: Elaboración propia, (2022).</i>	78
<i>Figura 28 Aplicación Desmoldante a moldaje bloque hormigón Fuente: Elaboración propia, (2022).</i>	80
<i>Figura 29 Dosificación Cemento Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	81
<i>Figura 30 Dosificación Arena Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	81
<i>Figura 31 Dosificación PEAD Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	82
<i>Figura 32 Dosificación Agua Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	82
<i>Figura 33 Amasado del hormigón Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	83
<i>Figura 34 Cono de Abrams Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	84
<i>Figura 35 Hormigón fraguado y moldajes interiores extraídos Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	85
<i>Figura 36 Bloque de hormigón experimental desmoldado Fuente: Elaboración Propia, (2022).</i>	86
<i>Figura 37 Ensayo de compresión Fuente: Laboratorio UTFSM.</i>	87

<i>Figura 38 Ensayo de Compresión Probeta Fuente: Laboratorio UTFSM.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 39 Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón Normal</i>	<i>89</i>
<i>Figura 40 Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón PEAD.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 41 Ubicación Terreno de Obra Fuente: Google maps</i>	<i>94</i>
<i>Figura 42 Ubicación Muro Perimetral Fuente: Google maps.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 43 Diseño Muro Perimetral Vista Frontal</i>	<i>96</i>
<i>Figura 44 Diseño Muro Perimetral Vista 3D.....</i>	<i>96</i>

1 INTRODUCCIÓN

La población en Chile ha aumentado considerablemente a lo largo de los últimos años, según cifras del INE (Instituto Nacional de Estadísticas) la población de Chile 8,13 millones a 19,23 millones de personas entre 1960 a 2021, por consecuencia, los residuos sólidos han aumentado, convirtiéndose en un problema para el estado y sus ciudadanos. En el 2018, Chile generó 19,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año, una de las tasas más altas de Latinoamérica.

La problemática se relaciona a que los residuos terminan enterrados en rellenos sanitarios o, lo más grave para los ecosistemas, en vertederos ilegales. (Actualmente existen 3.735 vertederos ilegales y micro basurales, estimándose que ocupan una superficie de 1.444,08 hectáreas).

Según el Informe del Estado del Medio Ambiente 2020, en Chile el 2018 se generó un total de 19,6 millones de toneladas de residuos sólidos anuales, de los cuales, el 55% es de origen industrial y el 42% domiciliarios (municipales).

El destino de estos residuos se distribuye de dos formas: 22% se recicla y el 78% se va a eliminación, de este modo los basurales, rellenos sanitarios, micro basurales u otros espacios destinados a la disposición final, no hacen más que crecer.

Debido a esto se elaborará un “Bloque o prefabricado experimental” para uso sustentable, a partir de cemento y agua como aglomerantes y materiales reciclados, uno de los cuales más abundan en el entorno en el que vivimos. (MMA, 2020)

Es por esto que nuestra investigación busca en como amortiguar en cierto grado la contaminación provocada en nuestro país.

Este material reciclado será triturado, molido y convertido en partículas de menor tamaño según corresponda.

Cabe destacar que este producto va destinado al Área de la Construcción, con la finalidad de reciclar y de familiarizarnos con un producto no común en nuestra vida cotidiana.

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

En Chile, según datos de Asociación Gremial de Industriales del Plástico (Asipla), el reciclaje de plásticos en Chile creció un 11% en 2020, lo que implica que, de las 970 mil toneladas de plásticos que se consumieron en Chile ese año, se valorizaron 92.716 toneladas, equivaliendo a un 9,6% del consumo total de plásticos en el país.

En la mayoría de los países ya desarrollados el reciclaje es parte de la vida cotidiana, a diferencia de los países en vía de desarrollo, destacando que Alemania lidera en el reciclaje con un 65% de sus residuos versus 5% en Chile, asimismo logrando identificar la diferencia cultural de casa país. (Adimark, 2015).

Según últimos estudios realizados por la entidad Adimark en año 2015, (empresa investigadora de mercado y opinión pública) los productos más reciclados son el plástico y vidrio con un 50% y 52% permitiendo ver de forma positiva la idea de elaboración de productos a base de estos. (Adimark, 2015)

Al fabricar productos con materiales reciclados en el cual su principal fuente proviene de plástico y vidrio ayudando a moderar la contaminación, como también la preservación de lugares de nuestro planeta que son explotados a diario por el hombre, con el fin de obtener materia prima, para usos a convenir.

1.2 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA REALIZAR EL PROYECTO.

El procedimiento de trabajo que se empleara en el trabajo de título consistirá en la recopilación de información sobre el reciclaje de residuos en la construcción, tales como, plásticos, vidrios, etc. Y en qué medida se puede reutilizar o darles una nueva vida en el ámbito del hormigón.

Se recolectará todo material residuo de la construcción, como, por ejemplo, tinetas de pintura vacías, tuberías de pvc y/o PPR en mal estado o retazos que no se volverán a utilizar en la construcción.

Se busca diseñará un bloque o prefabricado experimental de hormigón alternativo, en el cual se sustituirá sus áridos gruesos, por materiales reciclados tales como, PEAD (Polietileno de alta densidad), conservando la naturaleza de sus aglomerantes como el cemento y agua.

Terminada la fase de diseño y recopilación de desechos plásticos se iniciará la etapa de fabricación.

Previamente a esto se realizarán las dosificaciones y ensayos de materiales correspondientes. Se deberá confeccionar el moldaje y hormigón a utilizar en la fabricación.

Finalizada la fabricación de los bloques se realizarán ensayos de transmitancia térmica a los 7 días desde el hormigonado de los bloques.

Posteriormente se analizarán los resultados obtenidos de los ensayos, mediante la confección de tablas, gráficos comparativos según normas chilenas.

Para concluir se confeccionará un muro de bloque de hormigón de 1 m², al cual se le realizará un estudio socio-económico y de transmitancia térmica.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

- Proponer una solución constructiva sustentable de una mezcla de hormigón elaborado con material reciclado: Polietileno de alta densidad (PEAD) y arena.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el proceso necesario para el reciclaje del material propuesto: PEAD.
- Proponer la dosificación de un bloque experimental de hormigón a base de cemento, PEAD y arena, utilizando la **NCh 170 Of. 85** como método de diseño.
- Ejecutar y ensayar la dosificación propuesta de un bloque experimental de hormigón a base de cemento, PEAD y arena, según **NCh 1037 Of. 2009**, evaluando su transmitancia térmica.
- Comparar económicamente elementos constructivos con bloques de hormigón tradicional con el bloque de hormigón propuesto.

1.4 **MARCO TEÓRICO**

1.4.1 HORMIGÓN

1.4.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El hormigón, en su concepto más general de masa constituida por materiales pétreos combinados con productos aglomerantes, fue utilizado por el hombre desde los principios de la civilización en la construcción de obras. No es un material descubierto recientemente, sino todo lo contrario, sus inicios remontan a eras medievales.

Las primeras construcciones a una mayor escala fueron diseñadas y elaboradas por el Imperio Romano en el año 200 A.C., quienes utilizaban arenas volcánicas con piedras cementicas, logrando obtener un mortero con el cual posteriormente era mezclado con piedras.

Los productos del hormigón se usaron masivamente por primera vez en Londres en 1900, y aproximadamente un año después en Estados Unidos y México. El empleo del hormigón como material para fachadas data de los años treinta, con la aparición del modernismo y el impulso de grandes arquitectos como Le Corbusier.

Hasta principios del siglo XX cuando los arquitectos, en su inagotable búsqueda de nuevas formas, comienzan a tomar en cuenta las características y propiedades del hormigón y sus condiciones estructurales, otorgándole un impulso de iniciativa a la utilización plena de este material.

En la actualidad su uso se ha expandido, con una tendencia hacia construcciones más expresivas y exclusivas en las que existe mayor libertad en el diseño.

Un claro ejemplo es el “Panteón Romano” construido de hormigón moldeado en sitio en el siglo I D.C y que se conserva en perfecto estado después de casi 2000 años. (Zabaleta, 1988)

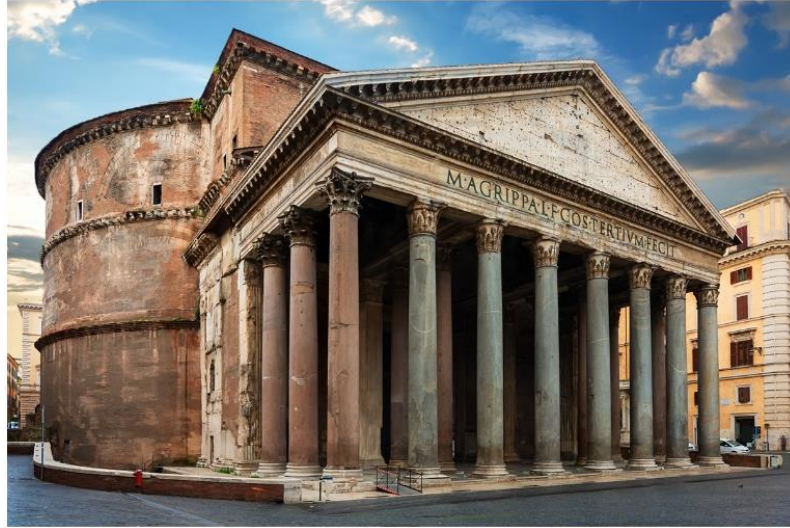


Figura 1 Panteón Romano Fuente: (Benevolo)

1.4.1.2 ANTECEDENTES GENERALES DEL HORMIGÓN

El hormigón es un material utilizado en el área de construcción, el cual suele realizarse como una mezcla a base de arena, grava, cemento y agua. Este posee una gran versatilidad, y al endurecerse, gana mucha resistencia, y a su vez, gran solidez.

Su fórmula implica la combinación del cemento (el cual actúa como aglomerante) junto a agregados, que serían la arena y la grava, además de agua, la cual termina otorgando una reacción de hidratación al resto de los materiales.

Dentro de los principales elementos que componen el hormigón encontramos:

Cemento: Es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire.

Según la NCh 148 Of 68 Cemento, estos están clasificados por su resistencia y composición.

Según su resistencia

Grado	Tiempo de fraguado		Resistencia mínima a la compresión		Resistencia mínima a la flexión	
	Inicial mínimo min	Final máximo h	7 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²	7 días kg/cm ²	28 días kg/cm ²
Corriente	60	12	180	250	35	45
Alta resistencia	45	10	250	350	45	55

Tabla 1 Fuente: Características del Cemento - Nch 148 Of 68

Aditivos se entiende como, materiales activos agregados al hormigón en pequeñas cantidades para modificar sus propiedades por acción física, química o físico-química. Según NCh 170 Of. (2016).

Dosificación se entiende como, proporción de los distintos materiales componentes del hormigón, expresada en masa o volumen, que constituyen un volumen determinado de hormigón, generalmente 1 m3. Según NCh 170 Of. (2016).

Según su Clasificación

Denominación	Proporción de los Componentes		
	Clinker	Puzolana	Escoria
Portland	100%	-	-
Portland Puzolanico	$\geq 70 \%$	$\geq 30 \%$	-
Portland Siderúrgico	$\geq 70 \%$	-	$\leq 30 \%$
Puzolanico	50-70 %	30-50 %	-
Siderúrgico	25-70 %	-	30-70 %

Tabla 2 Clasificación de los Cementos según su Composición Fuente: Compendio de Tecnología del Hormigón.

Áridos: Son materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Por lo general se encuentra dividido en tres grupos grava, gravilla y arena.

Clasificación de los áridos

Según su tamaño

- Áridos gruesos o gravas: son aquellos que tienen un diámetro superior a 5 mm.
- Áridos finos o arenas: son aquellos de un diámetro inferior a 5 mm.

Según su procedencia

- Áridos naturales
- Áridos artificiales

Función de los Áridos en el Hormigón

- Conforman aproximadamente entre el 65% y 75 % del hormigón.
- Otorgan la resistencia al hormigón.

Normativa Áridos: NCh 163 Of 2013(Áridos Para morteros –Requisitos).

Ensayes que complementan a los áridos Granulometría, Establecida por NCh 165 Of. 2009. (Áridos para Mortero y Hormigón – Tamizado y Determinación de la Granulometría).

Serie de tamices mm	Caso a)		Caso b)
	% acumulado retenido	% acumulado que pasa	% acumulado que pasa
12,5	0	100	98
9,5	0	100	96
4,75	0	100	88
2,36	15	85	76
1,18	30	70	48
0,600	47	53	34
0,300	82	18	20
0,150	93	7	6
Suma	267	333	272
Cálculo	267/100	6 - (333/100)	6 - (272/88)
Módulo de finura	2,67	2,67	2,91

Tabla 3 Cálculo de Modulo de finura árido fino Fuente: Recuperado de NCh 165 Of. 2009. (Áridos para Mortero y Hormigón – Tamizado y determinación de la Granulometría).

Módulo de finura del árido fino (arenas)

En un árido fino (arena) se pueden presentar dos casos:

- Caso A: En el tamiz de 4,75 mm el porcentaje que pasa es 100%
- Caso B: En el tamiz de 4,75 mm el porcentaje que pasa es menor que 100%.

Serie de tamices mm	Combinada	Preferida	
	% acumulado que pasa	% acumulado que pasa	% retenido acumulado
75	-	100	0
63	100	-	-
50	70	-	-
37,5	30	30	70
25	12	-	-
19	5	5	95
12,5	0	-	-
9,5	-	0	100
4,75	-	0	100
2,36	-	0	100
1,18	-	0	100
0,600	-	0	100
0,300	-	0	100
0,150	-	0	100
Suma	-	135	865
Cálculo	-	10 - (135/100)	865/100
Módulo de finura	-	8,65	8,65

Tabla 4 Cálculo de Modulo de finura árido grueso Fuente: Recuperada de NCh 165 Of. 2009. (Áridos para Mortero y Hormigón – Tamizado y determinación de la Granulometría).

Agua: Desempeña dos roles fundamentales en la elaboración del hormigón, tales como:

- En conjunto con el cemento forma el aglomerante en el amasado del hormigón. Debido a que, el agua hidrata al cemento produciendo una reacción físico-química obteniéndose un una pasta adherente.
- Le otorga la trabajabilidad al hormigón, siendo determinante en su fluidez. El agua utilizada debe ser potable libre de sal y minerales.

Cabe destacar que se debe cumplir con la normativa Chilena 1498 Of. 2012. (Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos).

1.4.1.3 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

Como ya sabemos un hormigón fresco se deforma, los factores más importantes que producen esta deformación son la cantidad de agua de amasado, la granulometría y la formación y tamaño de los áridos.

Existen varios métodos para determinar la consistencia; entre ellos el más utilizado es el cono de Abrams: método en el cual se llena el cono, se saca verticalmente y se mide el descenso de la mezcla, su consistencia puede ser:

- Seca.
- Plástica.
- Blanda.
- Fluida.

Docilidad: es la aptitud de un hormigón para ser empleado en una obra determinada; para que un hormigón tenga docilidad, debe poseer una consistencia y una cohesión adecuada.

Densidad: Es un factor muy importante ya que hay que tenerlo muy en cuenta para la uniformidad del hormigón, pues el peso varía según las granulometrías, humedad de los áridos, agua de amasado y modificaciones en el asentamiento.

Impermeabilidad: El hormigón es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Para una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos.

Permeabilidad: Es la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

Durabilidad: Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos.

Resistencia térmica: corresponde a la bajas temperaturas Hielo / deshielo (deterioro mecánico) o Altas temperaturas $>300^{\circ}$.

Curado y desencofrado del hormigón: primeramente debemos tener en cuenta que durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo.

Se llama curado a las operaciones de humectación a efectuar en una masa de hormigón; esto se podrá hacer mediante riego directo, evitando levantar la capa superior de la masa por excesiva presión del agua, aunque lo correcto es un riego por aspersión, el curado debe prolongarse hasta obtener una resistencia del hormón del 70 % lograda aproximadamente a los 7 días.

Economía: es imprescindible que estas propiedades se logren a un costo razonable.

1.4.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

1.4.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El polietileno tiene sus inicios en el año 1898, descubierto por Von Pechmann, quien obtuvo un equivalente a este denominado Polietileno.

En 1900, Bamberger y Tschirner analizaron un producto similar, encontrando que tenía la fórmula $(CH_2)_n$. El Polietileno de baja densidad fue obtenido accidentalmente por los estudios de alta presión del etileno que Michaels realizó en Ámsterdam.

Este descubrimiento lo aprovechó Gibson para producir Polietileno, a partir de una mezcla de etileno y Benzaldehído.

En 1935, en Inglaterra, los químicos e ingenieros W. Faucett, G. Paton, W. Perrin y G. Williams. Polimerizaron etileno utilizando altas presiones y temperaturas. (GIRÓN, 2005) En Alemania el año 1995, se inaugura la primera fábrica de PEAD.

1.4.2.2 ANTECEDENTES GENERALES

El Polietileno de Alta Densidad (PEAD) se obtiene por un proceso de polimerización del etileno. Es un material de alta viscosidad, altamente flexible y amorfo con un color transparente cristalino. Se le incorporan colorantes pigmeos en polvo con el fin de darle un color final.

Con una densidad comprendida entre 0,941 – 0,954 gr/ cm³ .Libre de agentes tóxicos y con una gran resistencia a esfuerzos y agentes químicos. La transmitancia de este plástico es de 0% a 40% dependiendo del espesor.

Características:

- Resistente a las bajas temperaturas.
- Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción.
- No es conductor de electricidad.
- Impermeable
- Inerte
- No tóxico.
- Resistentes a los rayos Ultravioleta (OBAN, 2018)

1.4.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	g/cm3	0.941 – 0.965
Absorción de Agua	mg a 96 h	<0.5
Contracción	%	1.5 – 3
Resistencia a la tensión al Cede	N/mm2	18 – 35
Elongación Punto de Ruptura	%	1000
Resistencia al impacto Ranurado1		
A 20 C	KJ/m	No rompe –6
A –20 C	KJ/m	>5
Temperatura de Defección		
1.86 N/mm2	C°	50
0.45 N/mm2	C°	75
Resistencia Dieléctrica	KV/cm	>600

Tabla 5 Propiedades Físicas del PEAD Fuente: (GIRÓN, 2005).

1.4.2.4 PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades	Unidades	Valor
Coeficiente de Fricción		0,29
Dureza – Rockwell		D60-73 – Shore
Módulo de Tracción	(GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson		0,46
Resistencia a la Tracción	(MPa)	15-40
Resistencia al Impacto Izod	(J m ⁻¹)	20-210

Tabla 6 Propiedades Mecánicas Fuente: (GIRÓN, 2005)

Estas pruebas son aplicadas para medir las propiedades mecánicas del PEAD, las cuales sirven para realizar gráficas, como las de Tensión – Deformación, como también existen graficas de Influencia de la temperatura, peso molecular y cristalinidad del Polietileno de alta densidad.

1.4.2.5 PROPIEDADES TÉRMICAS

Propiedades	Unidades	Valor
Calor Específico	($\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	1.9
Conductividad Térmica	a 23 °C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	0.45-0.52
Dilatación Térmica	($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$)	100-200
Temperatura Máxima de Utilización	(°C)	55-120
Temperatura de Deflexión en Caliente – 0.45Mpa	(°C)	75

Tabla 7 Propiedades Térmicas Fuente: (GIRÓN, 2005).

1.4.3 ARENA

1.4.3.1 ANTECEDENTES GENERALES

La arena de construcción está formada por un conjunto de fragmentos sueltos de pequeños tamaños de rocas o minerales de pequeño tamaño como exoesqueletos de animales marinos cuyo tamaño varía entre 0,063 a 2 milímetros, siendo un componente del hormigón utilizado para la construcción de edificaciones, carreteras y muchas cosas más.

En el mundo podemos encontrar diferentes tipos de arenas para realizar hormigón, pero en el caso de la construcción, se debe optar por escoger muy bien el tipo de arena que se va a utilizar para realizar este tipo de mezcla a base de cemento.

Entre los tipos de arenas más utilizados para la construcción, encontramos las siguientes:

Arena fina: se puede mezclar con cemento para hacer morteros, mampostería o aplanados, son utilizados mayormente para unir ladrillos o bloques de hormigón, en estucos y rellenos. Tiene dimensiones inferiores a los 4 milímetros.

Arena de miga: es un poco más gruesa y compacta que la arena fina y se utiliza para unir diversos materiales de construcción. Puede alcanzar 4 milímetros de grosor.

Arena gruesa: se suele mezclar con cemento para obtener el mortero de albañilería y se utiliza comúnmente para fabricar pisos, formar parte de la cimentación o unir ladrillos o bloques. Puede alcanzar hasta los 5 milímetros de grosor.

Requisitos Granulométricos de la Arena

La granulometría de la arena está determinada según la NCh 165 que nos indica que debe cumplir que con los siguientes límites:

Tamices mm	Tamaño máximo, D_{n1} mm		
	% acumulado que pasa		
	Hormigón y mortero	Mortero	
	4,75	2,36	1,18
9,5	100	-	-
4,75	95 - 100	100	-
2,36	80 - 100	95 - 100	100
1,18	50 - 85	70 - 100	95 - 100
0,600	25 - 60	40 - 75	50 - 100
0,300	5 - 30	10 - 35	15 - 40
0,150	0 - 10	2 - 15	2 - 20
Módulo de finura	3,45 - 2,15	2,83 - 1,75	2,38 - 1,40
Retenido entre tamices 0,315 y 0,150	-	< 25	< 25
% retenido entre dos tamices sucesivos	-	< 45	

Tabla 8 Bandas Granulométricas para árido fino Fuente: Recuperada de NCh 163 Of 2013 – Áridos para morteros y hormigones – Requisitos

1.4.3.2 PROPIEDADES FISICAS

Forma y Tamaño: es fundamental para la resistencia de los morteros por lo cual los granos de superficie áspera y que forman ángulos adhieren mejor (necesita mayor cantidad de agua para su consistencia) y dan mayor resistencia que los de superficie lisa y formas redondeadas.

Peso: El Peso específico de la arena varía según su composición mineralógica entre 2.50 a 2.80.

- Arenas secas : entre 1400 Kg/m³ a 1700 Kg/m³
- Arenas húmedas: entre 1700 Kg/m³ a 1900 Kg/m³

1.4.4 BLOQUE DE HORMIGON

Los bloques de hormigón son elementos utilizados en la construcción de muros de albañilería, uniéndolos entre sí mediante una mezcla compuesta por cemento y arena (mortero), pueden ser aplicados en albañilería armada y/o confinada.

Se elaboran a partir de diferentes modalidades que van desde una producción manual hasta una fabricación totalmente automatizada principalmente con hormigones de consistencia seca, vertiendo el hormigón en un molde metálico anteriormente bañado con desmoldante, para luego retirar el molde con la ayuda de un vibrador o mesa vibradora, dejando el bloque listo para su proceso de endurecimiento.

Al tener mayores dimensiones que el ladrillo, permite la construcción de paredes en tiempos más reducidos en comparación a la de una pared 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.

Para confeccionar una obra con albañilería armada debemos colocar barras de acero y rellenar los huecos de los bloques con hormigón, el cual trabaja de una forma parecida a la del hormigón armado.

En caso de que las albañilerías estén confinadas con pilares y vigas, estas se denominan albañilerías reforzadas.



Figura 2 Bloque de hormigón convencional Fuente: Grau hormigones

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. Según la NCh181 of 65.

Los bloques huecos de hormigón de cemento se clasificaran 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:

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

Tabla 9 Dimensiones normales de los Bloques huecos Fuente: Recuperada NCh 181 Of 65.

A continuación se muestra la resistencia mínima a la compresión que deben soportar los bloques según su clase, calculada sobre la base del área total, incluso los huecos:

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

Tabla 10 Resistencia mínima a la compresión en bloques huecos de hormigón Fuente: NCH 181 Of 65.

1.4.5 TRANSMITANCIA TERMICA.

La transmitancia térmica (U) de un elemento corresponde al flujo de calor que pasa, en una unidad de tiempo, por una unidad de superficie del material homogéneo y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se conoce también como “valor U” y su unidad es [W/(m² x K)]. Mientras más bajo sea su valor, más aislante es el elemento. Es el inverso de la resistencia térmica (R), que corresponde a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción (CCHC, 2015).

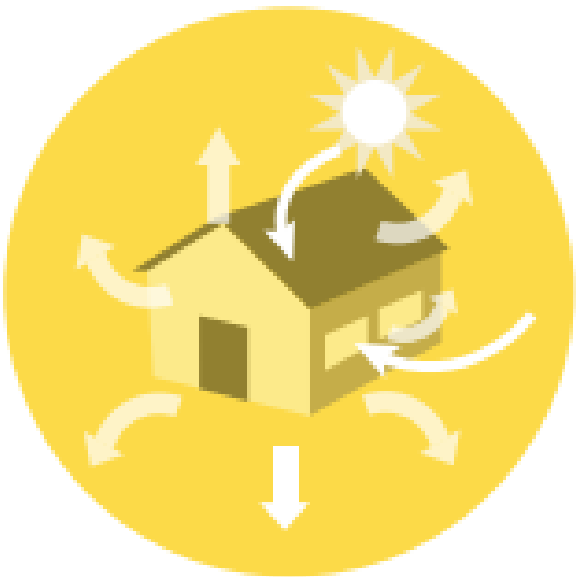


Figura 3 Comportamiento térmico de una vivienda y reglamentación en Chile Fuente: CCHC, 2015.

La transmitancia térmica (U) de un elemento, se determina a partir de la resistencia térmica de éste, mediante la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Dónde:

U: Transmitancia térmica del elemento, en $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$.

R_T : Resistencia térmica total del elemento, en $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W}\right]$.

Cuando se trata de un elemento heterogéneo compuesto por secciones de valores de U distintos, se obtiene un valor $\bar{U}$ promedio ponderado de la siguiente forma:

$$\bar{U} = \frac{U_1 * S_1 + U_2 * S_2 + \dots + U_n * S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} = \frac{\sum U_l * S_l}{\sum S_l}$$

Donde:

U: Transmitancia térmica de los distintos elementos.

S: Superficie de los elementos a través de la que fluye el calor, en m².

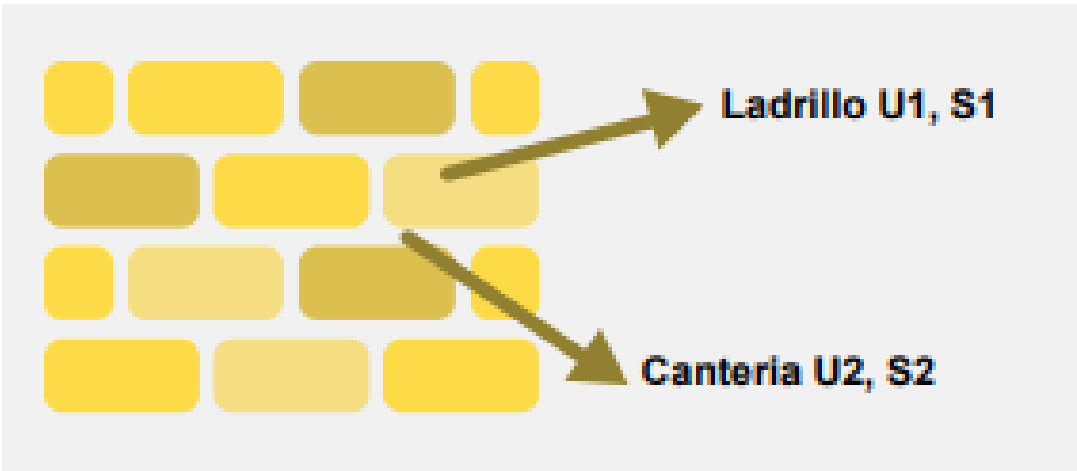


Figura 4 Elemento heterogéneo Fuente: Manual acondicionamiento térmico, 2015.

Se determina la transmitancia térmica de elementos en contacto con el exterior, con diferentes configuraciones:

- 1- Muro de hormigón armado sin aislación.
- 2- Muro de hormigón armado con aislación.
- 3- Muro de albañilería con aislación.

Las resistencias térmicas consideradas son:

Materiales utilizados y sus conductividades

Material	Conductividad térmica λ [W/(m²K)]	Densidad [kg/m³]
Hormigón armado	1,63	2400
Ladrillo	0,46	1000
Yeso cartón	0,24	650
Madera (Pino)	0,104	410
Lana mineral	0,042	40
Poliestireno expandido	0,038	20

Tabla 11 Materiales utilizados y sus conductividades Fuente NCh 853 Of. 2007
Acondicionamiento térmico – Envoltente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

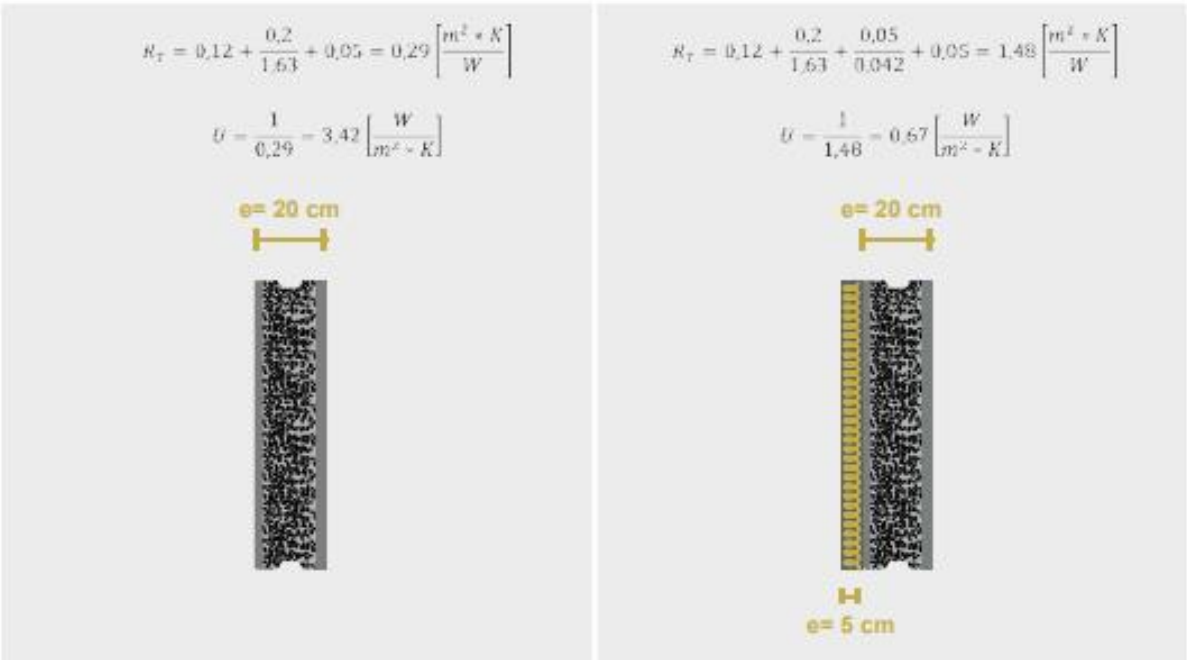
1. Muro Hormigón Elemento Simple Homogéneo	2. Muro Hormigón + Aislación Elemento Simple Compuesto
• Hormigón armado de 20 [cm] de espesor • Resistencias superficiales Rsi y Rse de acuerdo a NCh853 Rsi = 0,12 Rse = 0,05	• Hormigón armado de 20 [cm] de espesor. • Lana mineral de 5 [cm] de espesor. • Resistencias superficiales Rsi y Rse de acuerdo a NCh853 Rsi = 0,12 Rse = 0,05

La transmitancia térmica esta dada por:

$$U = \frac{1}{R_T}$$
$$R_T = R_{se} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si}$$

$$R_T = R_{si} + \frac{e_{muro}}{\lambda_{muro}} + \frac{e_{lana}}{\lambda_{lana}} + R_{se}$$

$$R_T = R_{si} + \frac{e_{muro}}{\lambda_{muro}} + \frac{e_{lana}}{\lambda_{lana}} + R_{se}$$



A través del muro de hormigón sin aislación térmica se pierden 3,42 watt de energía por cada m2 de superficie y por cada °C de diferencia de temperatura entre el interior y exterior. En cambio si el muro se aísla con 50 mm de lana mineral, se reduce la pérdida a 0,67 watt de energía, logrando un ahorro de 80%. (Manual acondicionamiento térmico, 2015.)

1.5 **MARCO NORMATIVO**

- 1.5.1 NCH 148 OF 68 CEMENTO – TERMINOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES GENERALES.**
- 1.5.2 NCH 163 OF 2013 ÁRIDOS PARA MORTEROS – REQUISITOS.**
- 1.5.3 NCH 165 OF. 2009. ÁRIDOS PARA MORTERO Y HORMIGÓN – TAMIZADO Y DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA.**
- 1.5.4 NCH 1498 OF. 2012. HORMIGÓN Y MORTERO - AGUA DE AMASADO - CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS.**
- 1.5.5 NCH 170 OF. 85. HORMIGÓN – REQUISITOS GENERALES.**
- 1.5.6 NCH 1037 OF. 2009 HORMIGÓN - ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CUBICAS Y CILÍNDRICAS.**
- 1.5.7 NCH 182 OF. 2008 BLOQUES DE HORMIGÓN PARA USO ESTRUCTURAL - ENSAYO.**
- 1.5.8 NCH 853 OF. 2007 ACONDICIONAMIENTO TERMICO – ENVOLVENTE TERMICA DE EDIFICIOS – CALCULO DE RESISTENCIAS Y TRANSMITANCIAS TERMICAS.**

2 DESCRIBIR EL PROCESO NECESARIO PARA EL RECICLAJE DEL MATERIAL PROPUESTO: PEAD

2.1 PROCESO DE RECICLAJE DEL PEAD

El proceso de reciclaje del PEAD comienza cuando se obtiene la materia prima, siendo todo aquellos reciclador de polietileno de alta densidad (PEAD) tales como:

- Tinetas de pinturas vacías
- Tuberías PVC
- Tuberías PPR
- Bins
- Bidones plásticos
- Entre otros.



Figura 5 PEAD antes de reciclar Fuente: Recuperadas de Bioplasti (Bioplasti, 2018)

Continuando con el proceso de reciclaje los desechos o materia prima obtenida son llevados a un triturador industrial, el que los reduce a particular pequeñas y de mediana dimensión, el cual ronda entre los 8 mm y 20 mm.



Figura 6 Triturador de PEAD Fuente: Recuperada de Bioplasti. (Bioplasti, 2018).

Posteriormente al triturado del material, este pasa por medio de molinos en agua donde son lavados para su posterior secado, debido a que el pellet de PEAD queda con una película superficial de agua la cual se le debe retirar.



Figura 7 Lavado Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018)

Finalizando el proceso de reciclaje, el pellet es almacenado en grandes sacas de aproximadamente 1 tonelada de capacidad.



Figura 8 Almacenamiento Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018)

Producto reciclado final.



Figura 9 Pellet de PEAD Fuente. Recuperadas de Bioplasti. (Bioplasti, 2018)

3 PROPONER LA DOSIFICACION DE UN BLOQUE EXPERIMENTAL DE HORMIGON A BASE DE CEMENTO, PEAD Y ARENA UTILIZANDO LA NCH 170 OF 2016 COMO METODO DE DISEÑO.

3.1 MATERIALES

PEAD Reciclado (Árido Grueso).



Figura 10 PEAD reciclado (Árido Grueso) Fuente: Elaboración Propia (2022).

Cemento

El Cemento Polpaico Especial es un cemento grado corriente, que se fabrica bajo la norma chilena NCh 148 Of. 68 mediante la molienda conjunta de clínquer, yeso y materiales puzolánicos o con agregado tipo A.



Figura 11 Cemento Fuente: Polpaico

Arena (Árido fino)



Figura 12 Arena (Árido fino) Fuente Elaboración propia

3.2 EQUIPOS

Equipos utilizados para la confección de nuestro bloque experimental a base de cemento, PEAD y arena.



Figura 13 Betonera eléctrica Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 14 Balanza Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 15 Tamices normados Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 16 Mesa vibradora eléctrica Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 17 Pesa lavado sumergido Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 18 Pistola de calor Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).

3.3 METODO DE DISEÑO

Dosificación de Bloque de Hormigón a base de cemento, PEAD como árido grueso y arena como árido fino.

Según la NCh 170 Of 2016 establece los requisitos generales mínimos que se deben considerar para especificar, confeccionar, transportar, colocar, compactar, curar, proteger, desmoldar y descimbrar hormigones de densidad entre los 2000 kg/m³ y 2800 kg/m³, usados en hormigón simple y en hormigón reforzado.

3.3.1 PROCEDIMIENTO SEGÚN NORMA

Paso 1: Determinar Hormigón Requerido

$$GN\ 20\ 90\ 10\ 6$$

Pasó 2: Tipo de condición del Hormigón

- Muy buena
- Buena
- Media
- Regular

Referencia a cuan preparado en: equipamiento, personal y condiciones de elaboración.

Paso 3: Determinación de la resistencia requerida

Formula a utilizar según NCh 170 Of 2016:

$$R_R = R_e + T \times S$$

Dónde:

- R_R : es la resistencia requerida.
- R_e : es la resistencia especificada.
- T : factor estadístico según nivel de confianza.
- S : es la desviación estándar (debe estar en Kgf/cm^2)

FACTOR ESTADISTICO T	
NIVEL DE CONFIANZA %	T
95	1,645
90	1,282
85	1,036
80	0,842

Tabla 12 Factor estadístico Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016)

VALOR ESTIMADO		
CONDICIONES PREVISTAS PARA LA EJECUCION DE LA OBRA	S MPA	
	≤ H 15	≥ H 15
REGULARES	8.0	
MEDIAS	6.0	7.0
BUENAS	4.0	5.0
MUY BUENAS	3.0	4.0

Tabla 13 Valor estimado Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016)

Reemplazando en la Formula: $R_R = R_e + T \times S$

$$R_R = 200 + (1,282 \times 50)$$

$$R_R = 264,1 \text{ Kgf/cm}^2$$

Paso 4: Determinar dosis de agua amasado.

Se obtiene por tabla 22 expresada en NCh 170 Of. 2016. Con los datos del T.M.N del árido a utilizar y el cono requerido.

VOLUMEN ESTIMADO DE AGUA DE AMASADO (M3)					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (MM)	DOCILIDAD SEGÚN DESCENSO DE CONO (CM)				
	0-2	3-5	6-9	10-15	16
63	0,135	0,145	0,155	0,165	0,170
50	0,145	0,155	0,165	0,175	0,180
40	0,150	0,160	0,170	0,180	0,185
25	0,170	0,180	0,190	0,200	0,205
20	0,175	0,185	0,195	0,205	0,210
12	0,185	0,200	0,210	0,220	0,230
10	0,190	0,205	0,215	0,230	0,240

Tabla 14 Volumen estimado de agua de amasado (M3) Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

VOLUMEN ESTIMADO DE AGUA	
TAMAÑO MAX. NOMINAL 10 MM	DOCILIDAD SEGÚN CONO 6-9 CM
215 LTS/M3	

Tabla 15 Volumen estimado de agua de amasado (M3) Fuente: Elaboración propia

Paso 5: Determinar Agua/Cemento

Se obtiene por tabla 3 expresada en NCh 170 Of. 2016.

Además del valor de la Resistencia de Diseño obtenida anteriormente y con el tipo de cemento a emplear.

RAZON AGUA- CEMENTO PARA LA RESISTENCIA REQUERIDA		
RAZON AGUA- CEMENTO EN MASA	RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA (MPa)	
	CEMENTO GRADO CORRIENTE	CEMENTO GRADO ALTA RESISTENCIA
0,45	34	43
0,50	29	36
0,55	25	31
0,60	21	26
0,65	18	23
0,70	16	20
0,75	14	17
0,80	12	15
0,85	10	13

Tabla 16 Determinación relación agua-cemento Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Relación Agua – Cemento 264 Kg/cm²

290 → 0,5

264 → X

250 → 0,55

$40X (X- 55) = 0,05 (264-250)$

$40X - 22 = - 13,2 + 12.5$

$40X - 22 = 0,7$

$X = - 0,7 + 22 / 40$

X = 0,53

Paso 6: Determinar dosis de cemento

Se obtiene mediante formula y despeje, según NCh 170 Of 2016.

$$C = A / (A/C)$$

$$C = 215 / 0,53$$

$$C = 405 \text{ Kg}$$

Donde:

C: Cemento (Kg)

A: Agua (Lts)

A/C: Razón Agua – Cemento.

Paso 7: Determinación Contenido de Aire.

Se obtiene por tabla 6 expresada en NCh 170 Of 2016.

Se debe tener el tamaño máximo nominal de árido grueso a emplear

CONTENIDO DE AIRE	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL ARIDO (MM)	CONTENDIO DE AIRE (%)
63	0,003
50	0,005
40	0,010
25	0,015
20	0,020
12	0,025
10	0,030

Tabla 17 Determinación de contenido de aire Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Paso 8: Determinación Dosis de Árido Grueso

Se obtiene por tabla 7.6 del libro “Compendio de Tecnología del Hormigón”.

Para ello se debe tener el módulo de finura del árido fino y el tamaño máximo nominal del árido grueso.

VOLUMEN DE ARIDO GRUESO POR METRO CUBICO DE HORMIGON				
TAMAÑO MAXIMO DEL ARIDO (MM)	MODULO DE FINURA DE LA ARENA			
	2,4	2,6	2,8	3,0
3/8"	460	440	420	400
1/2"	550	530	510	490
3/4"	650	630	610	590
1"	700	680	660	640
1 1/2"	760	740	720	700
2"	790	770	750	730
3"	840	820	800	780
6"	900	880	860	840

Tabla 18 Determinación árido grueso Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Determinación de Árido grueso

Módulo de finura 3.4 = 3/8"

Según tabla 7.6 = 400 Lts.

400 LTS * D APARENTE

400 LTS * 0, 50 KG/LTS = 200 KG/M3

200 Lts. / D REAL

(200 KG/LTS) / (0, 95 KG/LTS) = 211 LTS

ARIDO GRUESO 211 LTS

Paso Final: Determinación de árido fino.

Se obtiene mediante la fórmula expresada en NCh 170 Of. 2016, y por diferencia de un total de mil litros. (1 m³).

$$C + W + U + G + A = 1000$$

Donde:

C: Cemento

W: Agua

U: Aire

G: Grava

A: Arena

CORRECCION		LITROS
CEMENTO		136
AGUA		215
AIRE		30
ARIDO GRUESO		211
Sub - Total		592
< 1000 lts		1000 lts
Total Árido Fino		408

Tabla 19 Determinación árido fino Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

RESUMEN	LITROS	D. REAL	TOTAL KG
CEMENTO	136	2,98	405,28
AGUA	215	1	215
AIRE	30	1	30
ARIDO GRUESO	211	0,95	200
ARIDO FINO	408	2,4	979,2
TOTAL	1000		

Tabla 20 Cantidades en Kilogramos para M3 Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

3.3.2 PROCEDIMIENTO A UTILIZAR: METODO ACI

Paso 1: Determinar Hormigón Requerido

GN 20 90 10 5

Pasó 2: Tipo de condición del Hormigón

- Muy buena
- Buena
- Media
- Regular

Referencia a cuan preparado en: equipamiento, personal y condiciones de elaboración.

Paso 3: Determinación de la resistencia requerida

Formula a utilizar según Método ACI:

$$F_r = F_c + T \times S$$

Dónde:

- F_R : es la resistencia requerida.
- F_c : es la resistencia especificada.
- T : factor estadístico según nivel de confianza.
- S : es la desviación estándar (debe estar en Kgf/cm^2)

FACTOR ESTADISTICO T	
NIVEL DE CONFIANZA %	T
95	1,645
90	1,282
85	1,036
80	0,842

Tabla 21 Factor estadístico Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).

VALOR ESTIMADO		
CONDICIONES PREVISTAS PARA LA EJECUCION DE LA OBRA	S MPA	
	$\leq H\ 15$	$\geq H\ 15$
REGULARES	8.0	
MEDIAS	6.0	7.0
BUENAS	4.0	5.0
MUY BUENAS	3.0	4.0

Tabla 22 Valor estimado Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).

Reemplazando en la Formula: $F_R = F_c + T \times S$

$$F_R = 200 + (1,282 \times 50)$$

$$F_R = 264,1 \text{ Kgf/cm}^2$$

Paso 4: Determinar contenido de aire

Tamaño Máximo del Árido Grueso	3/8"
--------------------------------	------

Tamaño Máximo Nominal del Árido Grueso	Aire Atrapado
3/8"	3%
1/2"	2,5%
3/4"	2%
1"	1,5%
1 1/2"	1%
2"	0,5%
3"	0,3%

Tabla 23 Contenido de aire Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).

Paso 5: Asentamiento de cono

Asentamiento de cono recomendado según tipo de Estructura y Técnica de Construcción

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO DE CONO (CM)
PAVIMENTOS – PREFABRICADOS	< 5
ESTRUCTURA EN GENERAL	4 - 10
HORMIGON BOMBEADO	7 - 12

Tabla 24 Asentamiento cono Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos generales, (2016).

Paso 6: Dosis Media Tentativa de Agua para Áridos Chancados l/m3

Docilidad ➡ Cono 5
Tamaño Máximo del Árido Grueso ➡ 3/8" = 9.5 mm

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

Tabla 25 Dosis media tentativa de agua Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Paso 7: Razón agua/cemento, a partir de la Resistencia Media Requerida

Tipo de Cemento  Corriente

Resistencia Media Requerida (Fr)  261 (Kg/cm²) = 26,1 MPa

RAZON AGUA- CEMENTO PARA LA RESISTENCIA REQUERIDA		
RAZON AGUA- CEMENTO EN MASA	RESISTENCIA MEDIA REQUERIDA (MPa)	
	CEMENTO GRADO CORRIENTE	CEMENTO GRADO ALTA RESISTENCIA
0,45	34	43
0,50	29	36
0,55	25	31
0,60	21	26
0,65	18	23
0,70	16	20
0,75	14	17
0,80	12	15
0,85	10	13

Tabla 26 Determinación relación agua-cemento Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Relación Agua – Cemento 264 Kgf/cm²

29 $\longrightarrow$ 0,5

26 $\longrightarrow$ X

25 $\longrightarrow$ 0,55

$$4 (0,5 - X) = - 0,15$$

$$2 - 4X = - 0,15$$

$$-4X = -2,15$$

$$X = -2,15/4$$

$X = 0,54$

Determinar la cantidad de cemento

Dosis tentativa de agua $\longrightarrow$ **207 L/m³**

Razón A/C $\longrightarrow$ **0,54**

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Agua}}{\text{Razón A/C}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{207}{0,54} \qquad \text{Cemento} = 383 \text{ kg/m}^3$$

Dosis mínima de cemento $\longrightarrow$ Grado C1 $\longrightarrow$ 270 Kg/m³

Método ACI = 383 Kg/m³

Paso 8: Determinación de la cantidad de árido grueso

Se obtiene por tabla 7 Dosis tentativa de Grava para un m³ Hormigón, en Kg

Para ello se debe tener el módulo de finura del árido fino y el tamaño máximo nominal del árido grueso.

Tamaño Máximo Agregado Grueso $\longrightarrow$ **1"**

Módulo de Finura $\longrightarrow$ **2,8**

VOLUMEN DE ARIDO GRUESO POR METRO CUBICO DE HORMIGON				
TAMAÑO MAXIMO DEL ARIDO (MM)	MODULO DE FINURA DE LA ARENA			
	2,4	2,6	2,8	3,0
3/8"	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,6
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72

Tabla 27 Determinación Árido grueso Fuente: Dosificación según NCh 170 Hormigón, Requisitos Generales, (2016).

Densidad Aparente Compacta (Kg/m3) —————> 465 Kg/m3

D.A.G = (0,46 m3) * 465 Kg/m3 = 214 Kg

Determinación de la dosis de arena

Volumen de Cemento	0,128 m3
Volumen de Agua: Dosis Tentativa de Agua	0,207 m3
Volumen de Aire	0,03 m3
Volumen de Árido Grueso	0,225 m3
	0,59 m3

C + W + u + G + A = 1 (m³)

0, 59 m³ + ARENA = 1 m³

ARENA = 1 m³ - 0,59 m³

ARENA = 0,41 m³

Suma de Materiales Calculados

RESUMEN	LITROS	D. REAL	TOTAL KG
CEMENTO	0,128	2,98	384
AGUA	0,207	1	207
AIRE	0,03	1	30
ARIDO GRUESO	0,225	0,95	214
ARIDO FINO	0,41	2,4	1063

TOTAL	1000
-------	------

Tabla 28 Resumen dosificación Fuente: elaboración propia (2022)

Correcciones por Humedad y Absorción de agua

Cantidad Base		Humedad		Absorción		Cantidad
		%	kg	%	kg	Real
Cemento	384 kg					384 kg
Arena	1063 kg	4,3	+ 46	1,6	-17	1092 kg
PEAD	214 kg					214 kg
Agua	207 kg		-46		+ 17	178 kg
Total	1868 kg					1868 kg

Tabla 29 Resumen dosificación correcciones Fuente: elaboración propia (2022)

Dosificación grava

RESUMEN	LITROS	D. REAL	TOTAL KG
CEMENTO	0,128	2,98	384
AGUA	0,179	1	179
AIRE	0,025	1	25
ARIDO GRUESO	0,541	0,68	368
ARIDO FINO	0,127	2,6	330

Correcciones por Humedad y Absorción de agua

Cantidad Base		Humedad		Absorción		Cantidad
		%	kg	%	kg	Real
Cemento	384 kg					384 kg
Arena	330 kg	4,3	+ 14	1,6	-5	339 kg
Gravilla	368 kg	0,4	+1,5	1,6	-6	363 kg
Agua	179 kg		-15,5		+ 11	175 kg
Total	1261 kg					1261 kg

- Volumen de Bloque de Hormigón = 0,0075 m3
- Bloques por m3 = 133 unidades aprox.

- Cantidades necesarias para 1 Bloque de Hormigón:

Resumen	Cantidad / m3	Cantidad / Bloque
Cemento	384 kg	2,88 kg
Arena	1092 kg	8,19 kg
PEAD	214 kg	1,6 kg
Agua	178 kg	1,33 kg

4 EJECUTAR Y ENSAYAR LA DOSIFICACION PROPUESTA DE UN BLOQUE EXPERIMENTAL DE HORMIGON A BASE DE CEMENTO, PEAD Y ARENA, SEGÚN NCh 1037 Of. 2009, EVALUANDO SU TRANSMITANCIA TERMICA.

4.1 ENSAYOS

4.1.1 LABORATORIO DE HORMIGONES

MUESTRA DE: **ARENA**

TOMADA POR: **ALAIN CURIMAN**

FECHA DE MUESTREO: **27-12-22**

PROCEDIMIENTO: Manual

GRANULOMETRIA

Peso Inicial: 1000 grs. Peso Final: 990 grs.

Granulometría Arena						
Tamiz		Retenido Individual grs.	% Retenido Individual	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Norma Nch 163
ASTM	mm.					
3/8"	9,5	0	0	0	100	100%
Nº 4	4,75	7	0,7	0,7	99,3	95% - 100%
Nº 8	2,36	48	4,84	5,54	94,46	80% - 100%
Nº 16	1,18	172	17,37	22,91	77,09	50% - 85%
Nº 30	0,6	339	34,24	57,15	42,85	25% - 60%
Nº 50	0,3	367	37,07	94,22	5,78	10% - 30%
Nº 100	0,15	49	4,94	99,16	0,84	2% - 10%
Residuo		8	0,84	100	0	
Σ Total		990				

Tabla 30 Granulometría árido fino Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM.

- Módulo de Finura de la arena, según la condición que corresponda

R.A: 279,68/100

% que pasa: 7 – (420/100)

: 2,79 = 2,8

: 2,79 = 2,8



Figura 19 Granulometría Árido Fino Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 20 Árido Fino Peso Inicial 1 Kg Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 21 Árido grueso Peso inicial 2 Kg Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).



Figura 22 Granulometría árido grueso Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).

4.1.2 DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE COMPACTA

Procedimiento por apisonado.

Se aplicara a pétreos de tamaño nominal o menor que 50mm

- 1.- Llene la medida en tres capas de espesores aproximadamente iguales, teniendo la última capa un exceso de pétreo por sobre el borde de la medida.
- 2.- Empareje cada capa y compacte mediante 25 golpes de pison uniformemente repartidos
- 3.- Apisone la capa inferior en todo su espesor evitando dañar el fondo de la medida.
- 4.- Apisone las capas superiores haciendo penetrar el pison en la capa inmediatamente inferior.
- 5.- Elimine el exceso de pétreo empleando la varilla pison como regla de enrase, sin presionar.
- 6.-Determine y registre la masa (Kg.) del pétreo compactado que llena la medida volumétrica.

NOTA: En las gravas gruesas se considera que las pequeñas salientes de algunas partículas se compensan con los huecos que quedan hacia el interior en relación al plano del borde de la medida, por lo tanto se evitara rellenar dichos huecos agregando partículas menores.

Expresión de los Resultados

Calcular la densidad aparente compactada para cada ensayo según la formula siguiente, aproximando a 1 Kg./ m³

$$\rho_{ac} \text{ (Kg./m}^3\text{)} = \frac{mc}{V} = 4,65 / 0,01 = 465 \text{ Kg/m}^3 \longrightarrow \text{PEAD}$$

Donde

mc: Masa del pétreo suelto que llena la medida (Kg.)

V: Capacidad volumétrica de la medida (m³)

Resultados:

- **Arena seca = 4,91 Kg**
- **Arena Húmeda = 4,17 Kg**
- **PEAD o HDPE = 4,65 Kg**

4.1.3 DETERMINACION DEL ESPONJAMIENTO DE LA ARENA

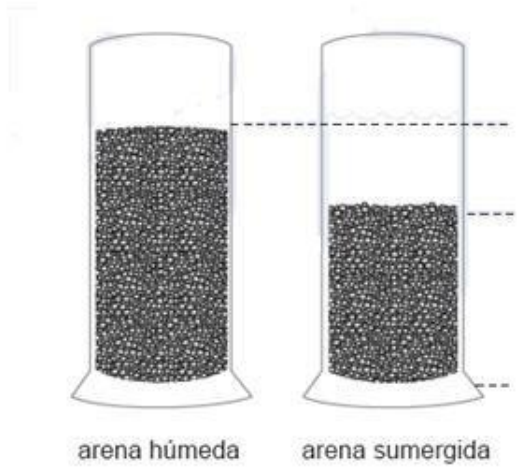
- 1.- Colocar arena húmeda en una probeta graduada hasta un volumen determinado emparejándola sin presionar.
- 2.- Agregar agua sobre la arena hasta inundarla.
- 3.- Girar y agitar la probeta para eliminar las burbujas de aire. La arena se acomodara, disminuyendo su volumen.
- 4.- Determine y registre la diferencia del volumen inicial y final.

Expresión de los Resultados

$$E = (V_1 - V_0 / V_0) * 100\%$$

Donde:

E: *Figura 23 Esponjamiento Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM.*



Esponjamiento, %
V₁: Volumen arena húmeda
V₀: Volumen arena inundada

$$V_1 = 100 \text{ ml}$$

$$V_0 = 70 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultado: } 100 - 70 / 70 &= 0,42 * 100\% \\ &= 42,8 = 43\% \end{aligned}$$



Figura 24 Ensayo esponjamiento Fuente: Recuperada de Laboratorio de Hormigón, UTFSM Sede Concepción, (2022).

4.1.4 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL Y NETA, Y LA ABSORCIÓN DE AGUA DE LAS ARENAS (Nch 1239 Of.77)

Preparación de la muestra de ensayo

- 1- Obtener una muestra representativa del material que pase por en tamiz 5mm (# 4)
- 2- Reduzca por cuarteo la muestra o la fracción que pasa por el tamiz N° 5mm (# 4), a una cantidad de pétreo de aproximadamente el doble del tamaño de la muestra de laboratorio requerido.

Nota: la muestra debe humedecerse antes de efectuar la reducción para evitar la segregación y pérdidas de polvo

- 3- Secar el árido a temperatura de 110° C.

- 4- Cubra el pétreo en su totalidad con el mínimo de agua a temperatura ambiente, necesaria para asegurar su saturación en un periodo de 24 ± 4 horas.

Procedimiento

- 5- Elimine paulatinamente el exceso de agua, evitando la pérdida de finos. Terminada la inmersión, extender el árido en una superficie lisa expuesta a una corriente suave de aire caliente, revolviéndolo constantemente de modo de asegurar un secado uniforme, hasta que el árido alcance la condición suelta.
- 6- Colocar el molde cónico (como se muestra en la figura) sujeto firmemente contra una superficie lisa y no absorbente con su diámetro mayor hacia abajo, llenarlo con el árido en condición suelta y compactar suavemente con 25 golpes de pisón.



Figura 25 Molde cónico Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM.

- 7- Levantar el molde verticalmente. Si hay humedad libre en el cono conservará su forma como se muestra en la figura. En este caso se debe continuar el secado y repetir el moldeo, hasta que el cono se asiente según su talud natural al retirar el molde. Esto indica que la arena ha alcanzado la condición de saturada superficialmente seca.

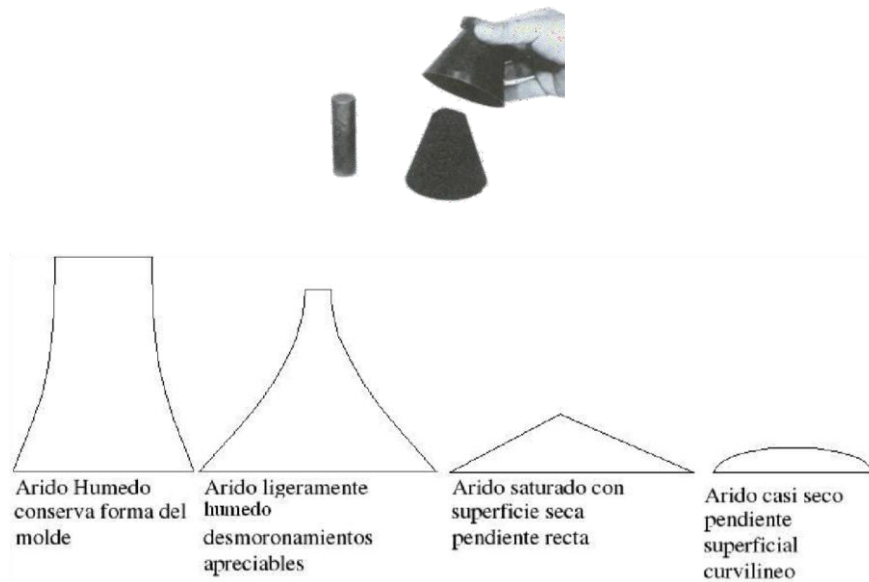


Figura 26 Tipos de asentamiento de la arena para alcanzar la condición de saturada superficialmente seca Fuente: Guía de estudio del Laboratorio de Tecnología de Hormigón UTSFM

- 8- Medir y registrar la masa de la muestra de ensayo en condición superficialmente seca (**M_{sss}**).
- 9- Colocar la muestra en el matraz y llenar casi hasta la marca de calibración con agua.
- 10- Eliminar las burbujas de aire golpeándola ligeramente contra la palma de la mano.
- 11- Llenar el matraz hasta la marca de calibración, después que se haya dejado reposar durante 1 hora.
- 12- Medir la masa total del matraz más la muestra de ensayo y el agua (**M_m**).

- 13- Sacar la muestra del frasco y secar a masa constante a una temperatura de 110°C. Enfriar a temperatura ambiente y determinar y registrar la masa en condición seca (**M_s**).
- 14- Llenar el matraz solamente con agua hasta la marca de calibración. Medir y registrar la masa del matraz más agua (**M_a**).

Expresión de los resultados

$$\text{Densidad Real seca, } \rho_{RS} = \frac{M_s}{M_a + M_{sss} - M_m} * 1000 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Densidad Neta, } \rho_N = \frac{M_s}{M_a + M_s - M_m} * 1000 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Absorción, } \alpha = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} * 100\%$$

Donde:

M_s = Masa de la muestra seca en grs. (0,368 Kg)

M_{sss} = Masa de la muestra saturada superficialmente seca en grs. (0,374 Kg)

M_a = Masa del matraz con agua, hasta la marca de calibración en grs. (1,255 Kg)

M_m = Masa matraz con la muestra más agua hasta calibración en grs. (1,487 Kg)

Resultados:

$$\rho_{RS} = 2591,54 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_N = 2705,88 \text{ Kg/m}^3$$

$$\alpha = 1,6 \%$$

4.2 CONFECCION DE BLOQUE EXPERIMENTAL

4.2.1 MOLDAJE

Primeramente se debe confeccionar los moldajes para los bloques experimentales de 19 x 19 x 39 cm en los que se utilizaran los siguientes materiales y equipos:

Materiales

- Plancha fenólica de 15 mm
- Tornillo madera de 6 x 2"
- Lápiz marcador carpintero

Equipos

- Taladro inalámbrico 12 V
- Sierra circular 1300 W
- Escuadra carpintero
- Huincha para medir 3 m

Elementos de seguridad

- 1 par guantes multiflex
- Lentes de seguridad

Para la confección del moldaje se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Dimensionado de las piezas sobre la placa fenólica de 15 mm mediante la ayuda de la huincha de medir, escuadra y lápiz carpintero.
- Corte de piezas mediante sierra circular.
- Fijación de piezas y atornillado de estas mediante tornillo de madera de 6 x 2"



Figura 27 Moldaje bloque hormigón fabricado Fuente: Elaboración propia, (2022).

4.2.2 CONFECCION HORMIGON

Se considera 2 bloques y una probeta con PEAD para la fabricación del hormigón.

- Volumen del bloque:** $0,19 \times 0,19 \times 0,39 = 0,014 \text{ m}^3$
 $-0,12 \times 0,09 \times 0,39 = 0,004 \text{ m}^3$

 $= 0,01 \text{ m}^3$
- Volumen probeta cilíndrica** $= 0,005 \text{ m}^3$

Volumen Total Hormigón $= 0,025 \text{ m}^3$

Por lo tanto, para 2 bloques y una probeta se necesita 0,025 m³ de hormigón.

Para realizar los cálculos correspondientes según la dosificación de los materiales realizada anteriormente, queda de la siguiente forma:

- Cemento : 9,6 Kg
- Arena : 27,3 Kg
- PEAD: 5,35 Kg
- Agua: 4,45 L

Por lo tanto, los materiales y equipos necesarios para la confección del hormigón serán los siguientes:

Materiales:

- Cemento
- Arena
- PEAD
- Agua
- Desmoldante de madera

Equipos:

- 1 pala.
- 3 baldes concretero 14 litros.
- 1 pesa electrónica
- 1 brocha
- 1 par de guantes
- Mesa vibradora
- Carretilla.
- Betonera

Primeramente para realizar el hormigonado de los moldajes, se realizó la aplicación de desmoldante al moldaje usando una brocha.



Figura 28 Aplicación Desmoldante a moldaje bloque hormigón Fuente: Elaboración propia, (2022).

Luego de terminar la aplicación del desmoldante se comenzó con la dosificación de las materias primas necesarias para confeccionar el hormigón:

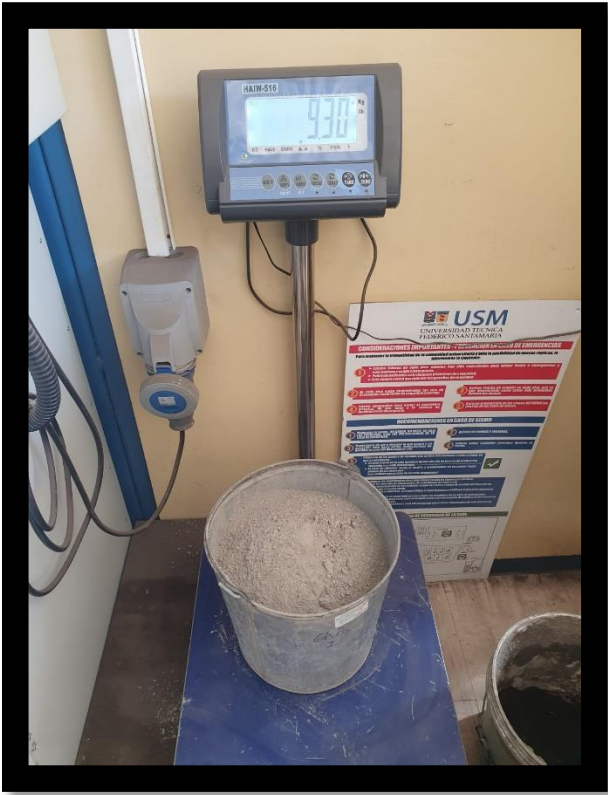


Figura 29 Dosificación Cemento Fuente: Elaboración Propia, (2022).



Figura 30 Dosificación Arena Fuente: Elaboración Propia, (2022).



Figura 31 Dosificación PEAD Fuente: Elaboración Propia, (2022).



Figura 32 Dosificación Agua Fuente: Elaboración Propia, (2022).

Finalizado con la dosificación de los materiales que conforman el hormigón se procedió con la fabricación de hormigón, para ello se humedeció la betonera con agua, luego se comenzó con la incorporación de los materiales a la betonera.

Primero se incorporó la arena, luego el cemento y se dejó revolver por 2 minutos en la betonera, seguido a esto se incorporó una porción del agua total, se dejó revolver por 2 minutos más, para terminar se incorporó el PEAD y el agua el agua restante y se dejó revolver hasta que el hormigón se volviera homogéneo.



Figura 33 Amasado del hormigón Fuente: Elaboración Propia, (2022).

Finalizado el proceso de amasado del hormigón se procedió a realizar el ensayo del cono de Abrams.

Cono Abrams



Figura 34 Cono de Abrams Fuente: Elaboración Propia, (2022).

Siguiendo ensayo de cono de Abrams se determina un cono cero, lo que implica que su docilidad es extremadamente baja, por ende tiene una consistencia seca, a consecuencia de esto, al momento de verter el hormigón dentro del moldaje debe ser vibrado en mesa vibradora como recomendación.

Así mismo se obtendrá una distribución equitativa de las partículas extrayendo el aire en su interior al igual que sus cavidades, logrando así obtener un bloque homogéneo y sin la presencia de nidos.

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

- Hormigonado de 1/3 de la capacidad del moldaje.
- Vibrado del hormigón.
- Hormigonado de 2/3 de la capacidad del moldaje.
- Vibrado del hormigón.
- Repetir el procedimiento hasta llenar completamente el moldaje.
- Dejar fraguar por 24 horas.



Figura 35 Hormigón fraguado y moldajes interiores extraídos Fuente: Elaboración Propia, (2022).

4.2.3 DESMOLDAJE DE BLOQUES

Pasada 24 horas desde el hormigonado de los bloques se procedió a retirar los moldajes, usando un taladro inalámbrico.



Figura 36 Bloque de hormigón experimental desmoldado Fuente: Elaboración Propia, (2022).

4.3 RESULTADOS DE ENSAYOS

4.3.1 ENSAYO COMPRESION

- Resultado de Probeta de hormigón con PEAD

Santa Maria

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero: M1

Fecha certificado: 01/03/2023

Equipo de ensayo: Marcon 3000 kN

Cliente: UTFSM

Referencia:

Tipo de ensayo: Cilindros

Dosificacion [kg/m³]:

Tipo de cemento: cemento corriente

Fecha preparacion: 25/01/2023

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion: buenas

Condiciones de muestreo: BUENAS

Lugar muestreo: laboratorio

Fecha muestreo: 02/06/2022

Metodo de preparacion: obra

ID Muestra: Alain Curiman M1 pead

Dimensiones: d(mm) 150.00

h(mm) 300.00

Area [mm2]: 17671.5

Masa [kg]: 9.370

Densidad [Kg/m3]: 1767.4

Velocidad [MPa/s]: 0.250

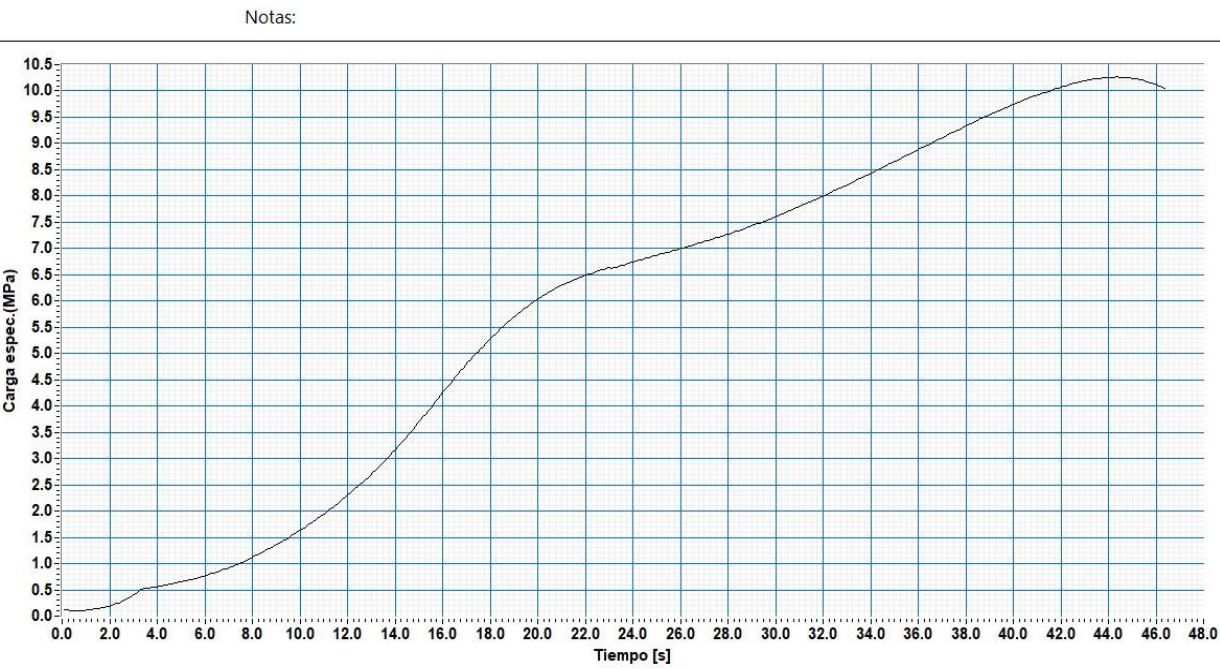
Edad [dd]: 28

Fecha ensayo: 01/03/2023

Carga de rotura [kN]: 181.40

Fuerza [MPa]: 10.27

Tipo rotura: TYPE 1



Operador:
Pablo Parada

Figura 37 Ensayo de compresión Fuente: Laboratorio UTFSM.

• Resultado Probeta de Hormigon Normal

Santa Maria

Ensayo de compresion en hormigon: ASTM C39

Certificado numero: M1

Equipo de ensayo: Marcon 3000 kN

Cliente: UTFSM

Referencia:

Tipo de ensayo: Cilindros

Tipo de cemento: cemento corriente

Fecha certificado: 01/03/2023

Dosificacion [kg/m³]:

Fecha preparacion: 25/01/2023

Condiciones muestra:

Condiciones de recepcion: buenas

Lugar muestreo: laboratorio

Metodo de preparacion: obra

ID Muestra: Alain Curiman M1 normal

Condiciones de muestreo: BUENAS

Fecha muestreo: 02/06/2022

Dimensiones: d(mm) 150.00

h(mm) 300.00

Area [mm2]: 17671.5

Masa [kg]: 11.390

Densidad [Kg/m3]: 2148.5

Edad [dd]: 28

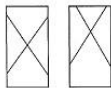
Velocidad [MPa/s]: 0.250

Fecha ensayo: 01/03/2023

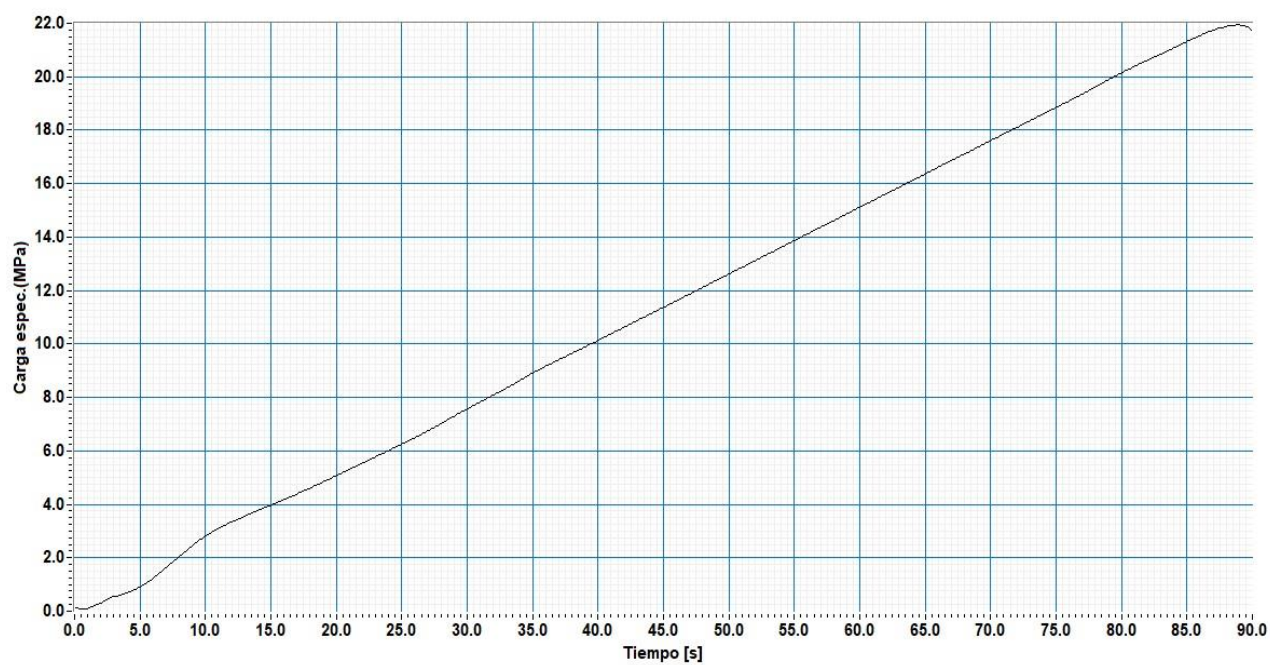
Carga de rotura [kN]: 387.70

Tipo rotura: TYPE 1

Fuerza [MPa]: 21.94



Notas:



Operador:
Pablo Parada

Figura 38 Ensayo de Compresión Probeta Fuente: Laboratorio UTFSM.

- Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón Normal

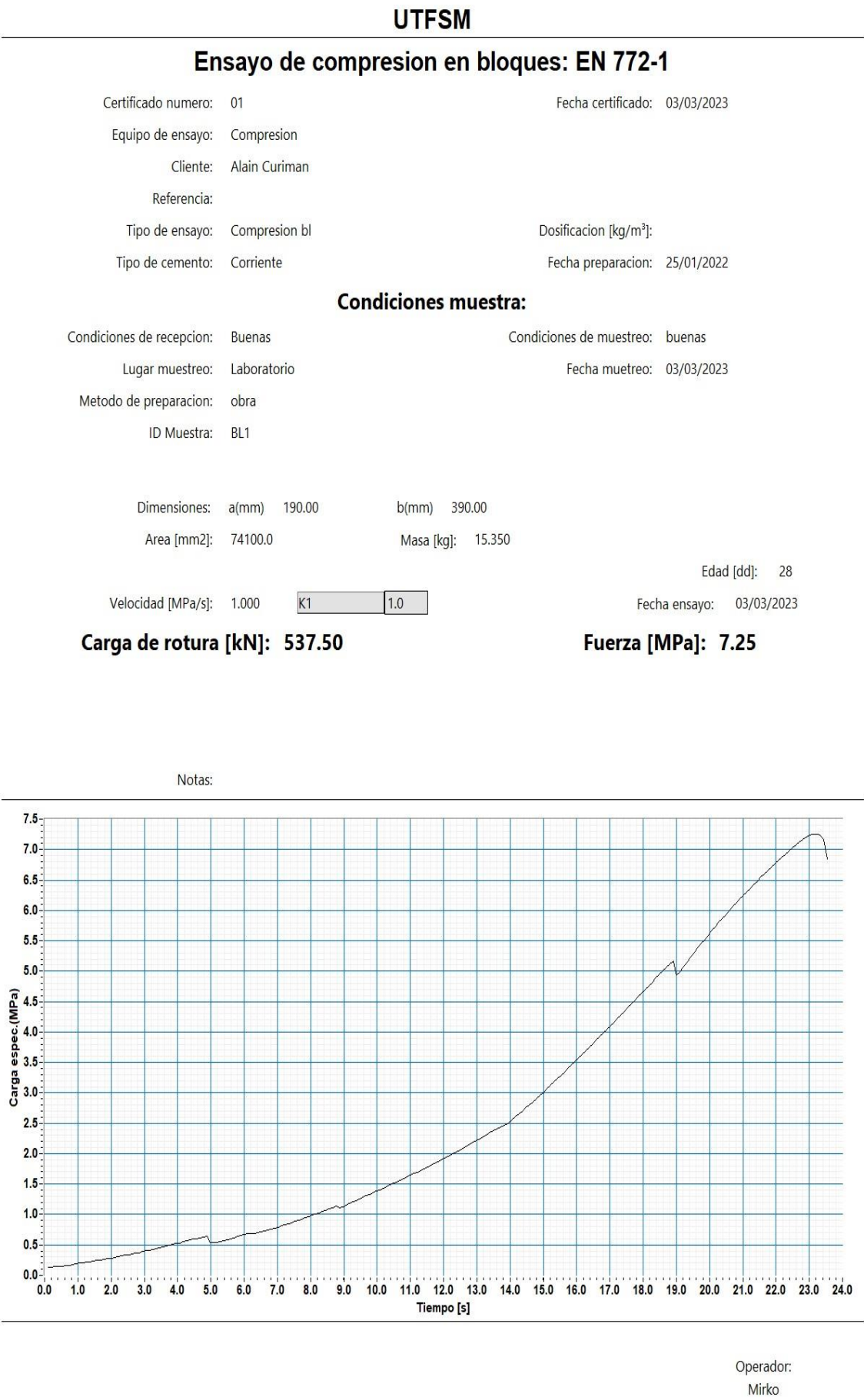


Figura 39 Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón Normal

Fuente: Laboratorio UTFSM.

- Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón con PEAD

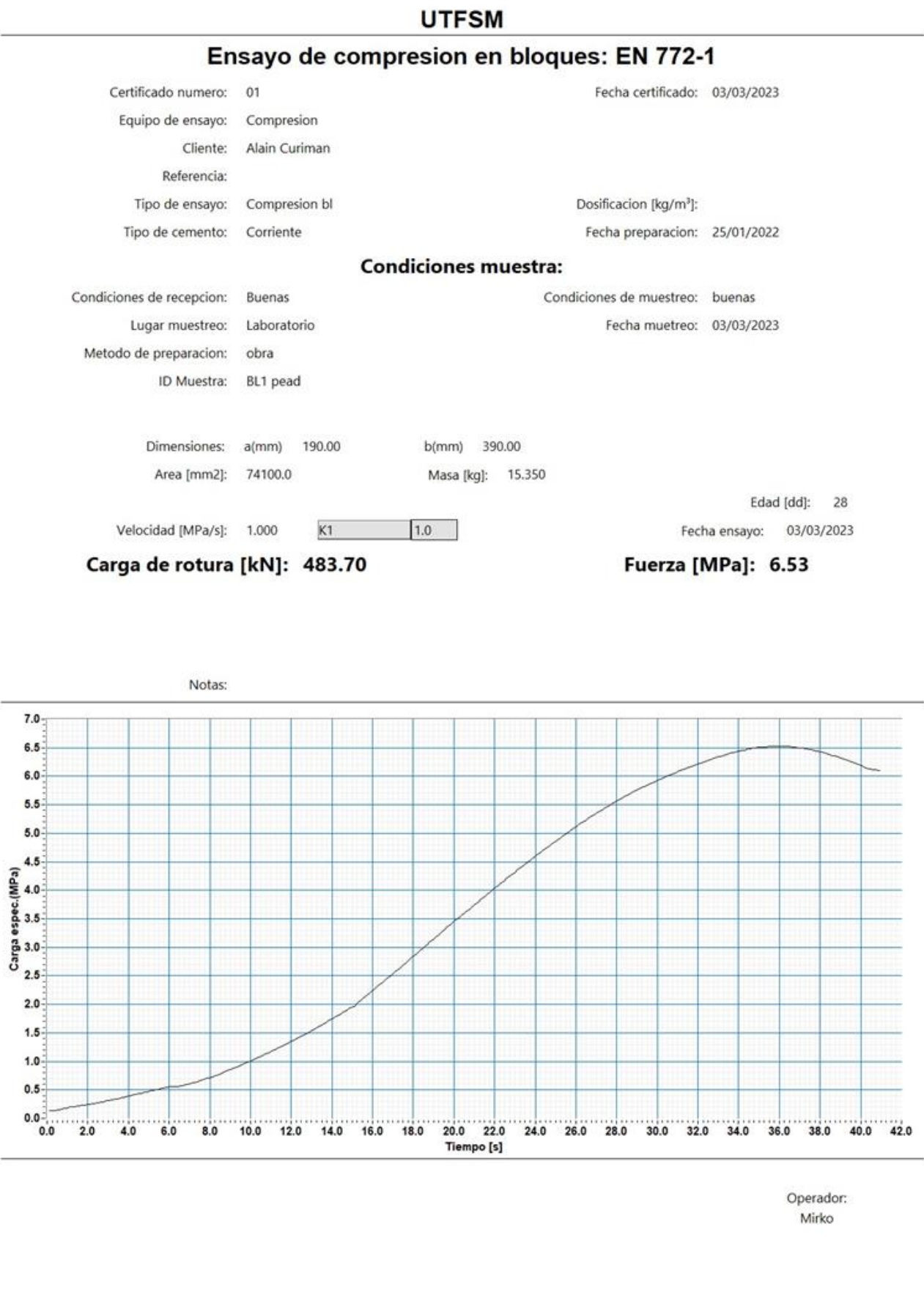
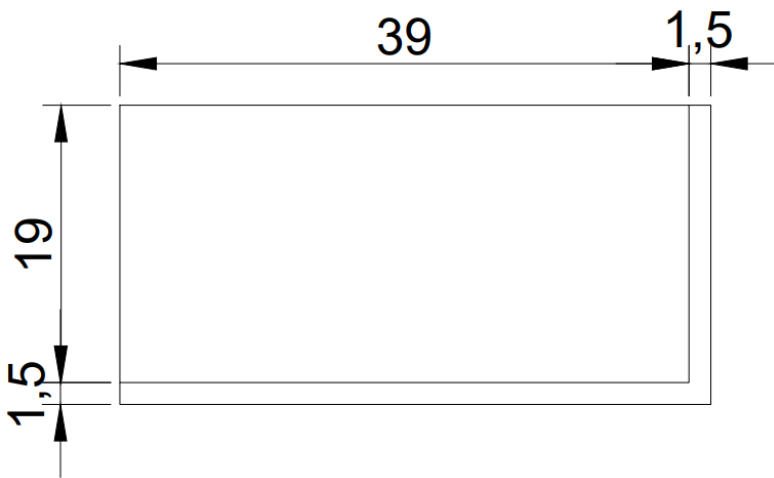


Figura 40 Ensayo de Compresión Bloque de Hormigón PEAD

Fuente: Laboratorio UTFSM.

4.3.2 ENSAYO DE TRANSMITANCIA TERMICA



$$U_{\text{Bloque}} = \frac{1}{0.12 + \frac{0.19}{0.5} + 0.05} = 1.81 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{\text{Mortero}} = \frac{1}{0.12 + \frac{0.19}{0.8} + 0.05} = 2.5 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Elemento Heterogéneo simple

- Superficie Bloque de Hormigón con PEAD = 0,0741 m²
- Superficie Mortero = 0,0089 m²

$$U_{\text{Bloque}} = 1.81 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad U_{\text{Mortero}} = 3.3 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{\text{Muro}} = \frac{1.81 \cdot 0.074 + 3.3 \cdot 0.0089}{0.074 + 0.0089} = 1.96 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

- Superficie Bloque de Hormigón Normal = 0,0741 m²
- Superficie Mortero = 0,0089 m²

$$U_{\text{Bloque}} = 2.5 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad U_{\text{Mortero}} = 3.3 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_{\text{Muro}} = \frac{2.5 \cdot 0.074 + 3.3 \cdot 0.0089}{0.074 + 0.0089} = 2.58 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

5 COMPARAR ECONOMICAMENTE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON BLOQUES DE HORMIGON TRADICIONAL CON EL BLOQUE DE HORMIGON PROPUESTO

5.1 PROYECTO

Para el proyecto a realizar se consideró un muro perimetral construido a base de bloques de hormigón confeccionados con PEAD el cual evaluaremos económicamente.

5.2 UBICACIÓN

El Proyecto se llevara a cabo en un recinto privado ubicado en la Calle Nueva Imperial 8700, Hualpén.



Figura 41 Ubicación Terreno de Obra Fuente: Google maps

En la siguiente figura se muestra donde se ubicará el muro perimetral a construir, en el lugar existe un cerco perimetral metálico en mal estado, debido a esto se busca realizar un muro perimetral confeccionado con bloques de hormigón fabricados con PEAD, el cual está marcado con una línea amarilla y tiene un largo de 75 metros lineales.



Figura 42 Ubicación Muro Perimetral Fuente: Google maps.

5.3 VISITA A TERRENO

Según lo que se pudo ver durante la visita a terreno, se observó que el nivel de terreno es en su totalidad plano, por lo que no existen desniveles que puedan entorpecer el trabajo a realizar, se pide expresamente que el trabajo se realice por dentro del cerco perimetral existente, lo que quiere decir que la demolición o retiro del cerco existente será realizado por parte del dueño o empresa externa.

5.4 DISEÑO DEL MURO

Para el diseño del muro conformado por bloques de hormigón confeccionados se determinó lo siguiente:

- Albañilería armada
- Largo: 3 m
- Altura albañilería: 2 m
- Junta vertical: 1 cm
- Tendel: 1cm

Detalle de Muro Perimetral

Cierre Perimetral

Escala 1 : 50

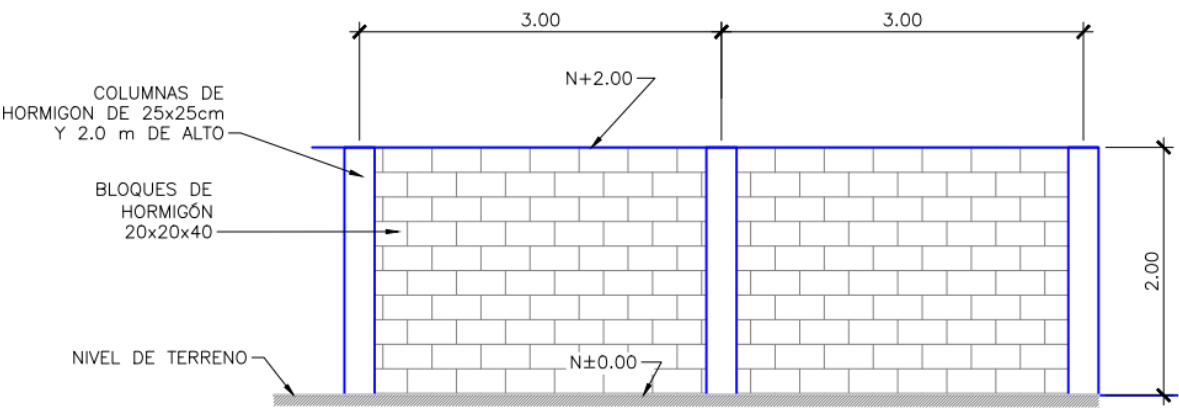


Figura 43 Diseño Muro Perimetral Vista Frontal

Fuente: Propia

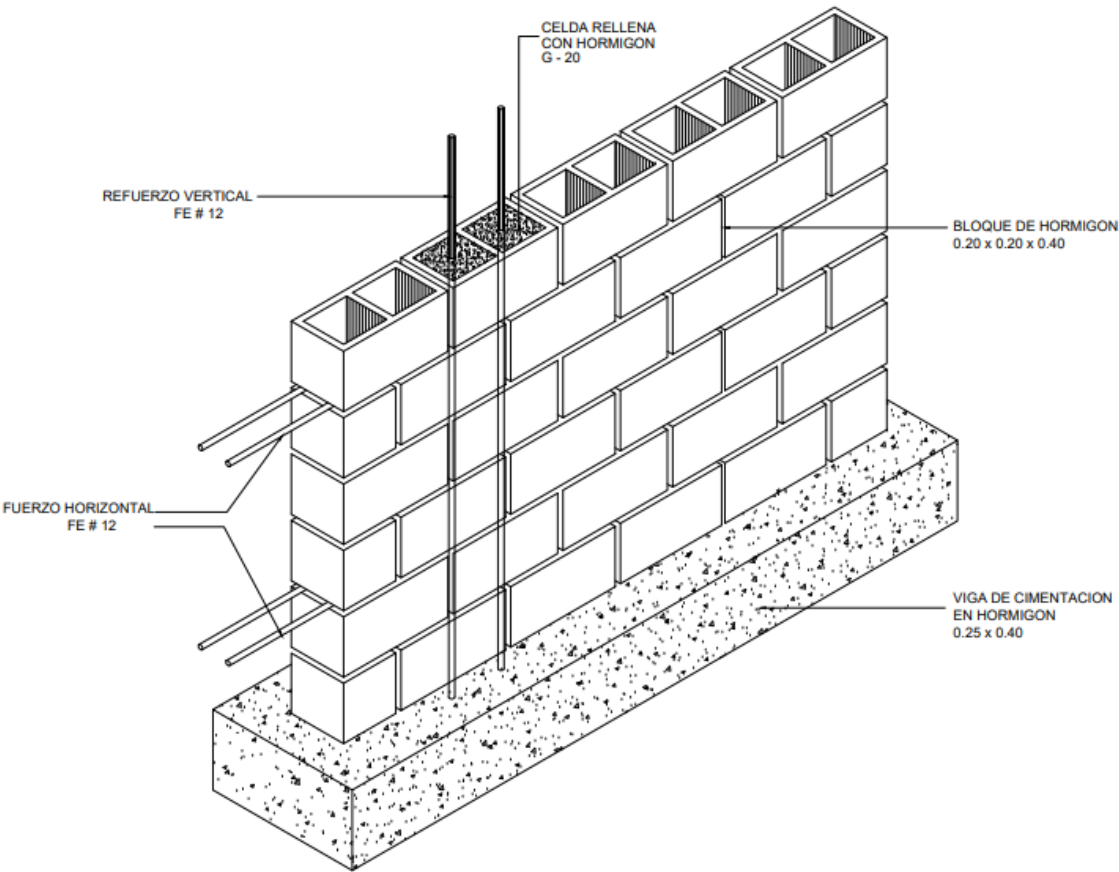


Figura 44 Diseño Muro Perimetral Vista 3D

Fuente: Propia

5.4.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

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

- Escarpe
- Trazado y replanteo
- Excavación de cimiento
- Hormigonado emplantillado
- Moldaje Cimiento
- Hormigonado de cimiento
- Colocación Enfierradura Pilar
- Levantamiento de albañilería de bloques de hormigón (PEAD)
- Confección Moldajes Pilar
- Hormigonado Pilares

Tabla 32 A.P.U. Escarpe Terreno Natural

Fuente: Elaboración Propia.

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	ESCARPE TERRENO NATURAL			
CUBICACION:	20 m3			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
			SUB-TOTAL	0
II - MANO DE OBRA				
CUADRILLA OBRAS CIVILES	HD	0,1	\$ 17.290	\$ 1.729
			SUB-TOTAL	\$ 1.729
III - MAQUINARIA O EQUIPO				
RETROCARGADOR	HR	0,15	\$ 36.823	\$ 5.523
LEYES SOCIALES	%	48	\$ -	\$ 830
			SUB-TOTAL	\$ 6.353
			TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 8.082

Tabla 33 A.P.U. Trazado y Replanteo

Fuente: Elaboracion Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	TRAZADO Y REPLANTEO			
CUBICACION:	30 m2			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
1 X 8" X 3,2 M PINO DIMENSIONADO SECO	C/U	0,32	\$ 3.017	\$ 965
PINO CUARTON 4X4 3,2 MT	UNI	0,14	\$ 2.622	\$ 367
CLAVO CORRIENTE 3"	C/U	0,002	\$ 16.395	\$ 33
ALAMBRE NEG #14 37 MT/KG	KG	0,0011	\$ 56.294	\$ 62
				\$ -
				\$ -
SUB-TOTAL				\$ 1.427
II - MANO DE OBRA				
MAESTRO ESTAQUERO	DIA	0,12	\$ 19.950	\$ 2.394
JORNALERO	DIA	0,025	\$ 13.775	\$ 344
SUB-TOTAL				\$ 2.738
III - MAQUINARIA O EQUIPO				
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 794
SUB-TOTAL				\$ 794
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 4.960	

Tabla 34 A.P.U. Excavación de Cimiento

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	EXCAVACION DE CIMIENTO			
CUBICACION:	8 m3			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
SUB-TOTAL				0
II - MANO DE OBRA				
JORNALERO	DIA	0,45	\$ 13.775	\$ 6.199
SUB-TOTAL				\$ 6.199
III - MAQUINARIA O EQUIPOS				
CHUZO 1 X 1.70 MTS	C/U	0,02	\$ 11.336	\$ 227
PALA PUNTA HUEVO MANGO METAL	C/U	0,02	\$ 7.807	\$ 156
PICOTA	C/U	0,01	\$ 12.513	\$ 125
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 1.798
SUB-TOTAL				\$ 2.306
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 8.504	

Tabla 35 A.P.U. Emplantillado G-10

Fuente: Elaboracion Propia.

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	EMPLANTILLADO G- 10			
CUBICACION:	1,5 m3			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
GRAVILLA	M3	0,8	\$ 15.000	\$ 12.000
ARENA GRUESA	M3	0,5	\$ 16.000	\$ 8.000
CEMENTO POLPAICO 25 KG	SACO	1,7	\$ 2.933	\$ 4.986
PERDIDAS	%	5		\$ 249
SUB-TOTAL				\$ 25.235
II - MANO DE OBRA				
CONCRETERO	DIA	0,5	\$ 24.700	\$ 12.350
SUB-TOTAL				\$ 12.350
II - MAQUINARIA O EQUIPOS				
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 3.582
SUB-TOTAL				0
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 37.585	

Tabla 36 A.P.U. Moldaje Cimiento

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	MOLDAJE CIMIENTO			
CUBICACION:	20 m2 (3 USOS)			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
15 MM 1,22X2,44M TERCiado MOLDAJE PINO	PLA	0,37	\$ 17.555	\$ 6.495
2x2" x 3,2 M PINO DIMENSIONADO VERDE	C/U	1,5	\$ 1.000	\$ 1.500
CLAVO CORRIENTE 2 1/2"	C/U	0,12	\$ 2.160	\$ 259
ALAMBRE NEG #14 37 MT/KG	KG	0,004	\$ 56.294	\$ 225
				\$ -
				\$ -
SUB-TOTAL				\$ 8.480
II - MANO DE OBRA				
CARPINTERO + 1/2 AYUDANTE	DIA	0,1	\$ 36.575	\$ 3.658
SUB-TOTAL				\$ 3.658
II - MAQUINARIA O EQUIPOS				
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 1.061
SUB-TOTAL				\$ 1.061
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 13.198	

Tabla 37 A.P.U. Hormigonado Cimiento

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	HORMIGONADO CIMIENTO G-20			
CUBICACION:	8 m3			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
CEMENTO POLPAICO 25 KG	C/U	8,7	\$ 2.933	\$ 25.517
ARENA GRUESA	M3	0,435	\$ 16.000	\$ 6.960
GRAVA C/FLETE	M3	0,87	\$ 12.000	\$ 10.440
PERDIDAS	%	3		\$ 1.288
SUB-TOTAL				\$ 44.205
II - MANO DE OBRA				
CUADRILLA HORMIGONERA	DIA	0,05	\$ 138.320	\$ 6.916
SUB-TOTAL				\$ 6.916
II - MAQUINARIA O EQUIPO				
TROMPO BENCINERO	MES	0,01	\$ 40.881	\$ 409
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 2.006
SUB-TOTAL				\$ 2.414
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 53.536

Tabla 38 A.P.U. Colocación Enfierradura Pilar

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	COLOCACION ENFIERRADURA PILAR			
CUBICACION:	26 UNI			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
PILAR ACMA 12 X 12 X 2,5	UNI	26	\$ 11.900	\$ 309.400
SUB-TOTAL				\$ 309.400
II - MANO DE OBRA				
MAESTRO ENFIERRADOR + 1/2 AYUDANTE	DIA	0,5	\$ 48.000	\$ 24.000
SUB-TOTAL				\$ 24.000
II - MAQUINAS O EQUIPOS				
LEYES SOCIALES	%	29		6960
SUB-TOTAL				6960
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 340.360

Tabla 39 A.P.U. Levantamiento Albañilería

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	LEVANTAMIENTO ALBAÑILERIA			
CUBICACION:	150 m2			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
BLOQUE PEAD 19X19X39 CM	UNI	12,5	\$ 3.390	\$ 42.375
ARENA	M3	0,021	\$ 16.000	\$ 336
CEMENTO POLPAICO 25 KG	M3	0,357	\$ 2.933	\$ 1.047
SUB-TOTAL				\$ 43.758
II - MANO DE OBRA				
ALBAÑIL + 1/2 AYUDANTE	DIA	0,09615	\$ 37.525	\$ 3.608
SUB-TOTAL				\$ 3.608
II - MAQUINAS O EQUIPOS				
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 1.046
SUB-TOTAL				\$ 1.046
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 48.412	

Tabla 40 A.P.U. Confección Moldaje Pilares

Fuente: Elaboración Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	CONFECCION MOLDAJE PILARES			
CUBICACION:	10 m2 (3 USOS)			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
2X2" X 3,2 M PINO DIMENSIONADO VERDE	C/U	1,5	\$ 1.000	\$ 1.500
15 MM 1,22X2,44 M TERCiado MOLDAJE PINO	PLA	0,4	\$ 17.555	\$ 7.022
CLAVO CORRIENTE 2 1/2"	C/U	0,022	\$ 2.160	\$ 48
ALAMBRE NEG #14	KG	0,003	\$ 56.294	\$ 169
SUB-TOTAL				\$ 8.738
II - MANO DE OBRA				
CARPINTERO + 1/2 AYUDANTE	DIA	0,26	\$ 36.575	\$ 9.510
(INCLUYE DESMOLDAJE)				
SUB-TOTAL				\$ 9.510
II - MAQUINAS O EQUIPOS				
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 2.758
SUB-TOTAL				\$ 2.758
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 21.006	

Tabla 41 A.P.U. Hormigonado Pilares G-20

Fuente: Elaboracion Propia

ANALISIS PRECIOS UNITARIOS				
PARTIDA:	HORMIGONADO PILARES G-20			
CUBICACION:	4 m3			
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
I - MATERIALES				
CEMENTO POLPAICO 25 KG	C/U	8,7	\$ 2.933	\$ 25.517
ARENA GRUESA	M3	0,435	\$ 16.000	\$ 6.960
GRAVA C/FLETE	M3	0,87	\$ 12.000	\$ 10.440
PERDIDAS	%	3		\$ 1.288
SUB-TOTAL				\$ 44.205
II - MANO DE OBRA				
CUADRILLA HORMIGONERA	DIA	0,05	\$ 138.320	\$ 6.916
SUB-TOTAL				\$ 6.916
II - MAQUINARIA O EQUIPO				
TROMPO BENCINERO	MES	0,01	\$ 40.881	\$ 409
UNIDAD MOTRIZ + SONDA VIBRADORA	MES	0,03	\$ 40.881	\$ 1.226
LEYES SOCIALES	%	29		\$ 2.006
SUB-TOTAL				\$ 2.414
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 53.536

5.4.2 PRESUPUESTO

Para la fabricación del cierre perimetral confeccionado con Bloques de Hormigón (PEAD) se generó el siguiente presupuesto:

Presupuesto					
Datos Empresa:		Datos cliente:			
Nombre:	Construcciones APCC	Nombre:	Patricio Bachman		
Dirección:	Av. Pedro Aguirre Cerda 576	Dirección:	Av. Paicavi 742		
Teléfono:	41 2748655	Teléfono:	9 75843526		
Fecha presupuesto: 04-03-2023					
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Descuento	TOTAL
Escarpe Terreno Natural	M3	\$ 20,00	\$ 8.082		\$ 161.640
Trazado y Replanteo	M2	\$ 30,00	\$ 4.960		\$ 148.800
Excavacion Cimiento	M3	\$ 8,00	\$ 8.504		\$ 68.032
Hormigonado Emplantillado	M3	\$ 1,50	\$ 37.585		\$ 56.378
Moldaje Cimiento	M2	\$ 20,00	\$ 13.198		\$ 263.960
Hormigonado Cimiento	M3	\$ 8,00	\$ 53.536		\$ 428.288
Colocacion Enfierradura Pilar	Global	\$ 1,00	\$ 340.360		\$ 340.360
Levantamiento Albañileria	M2	\$ 150,00	\$ 48.412		\$ 7.261.800
Confeccion Moldajes Pilar	M2	\$ 10,00	\$ 21.006		\$ 210.060
Hormigonado Pilares	M3	\$ 4,00	\$ 53.536		\$ 214.144

Para la fabricación del cierre perimetral confeccionado con Bloques de Hormigón común se generó el siguiente presupuesto:

Presupuesto					
Datos Empresa:		Datos cliente:			
Nombre:	Construcciones APCC	Nombre:	Patricio Bachman		
Dirección:	Av. Pedro Aguirre Cerda 576	Dirección:	Av. Paicavi 742		
Teléfono:	41 2748655	Teléfono:	9 75843526		
Fecha presupuesto: 05-03-2023					
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Descuento	TOTAL
Escarpe Terreno Natural	M3	\$ 20,00	\$ 8.082		\$ 161.640
Trazado y Replanteo	M2	\$ 30,00	\$ 4.960		\$ 148.800
Excavacion Cimiento	M3	\$ 8,00	\$ 8.504		\$ 68.032
Hormigonado Emplantillado	M3	\$ 1,50	\$ 37.585		\$ 56.378
Moldaje Cimiento	M2	\$ 20,00	\$ 13.198		\$ 263.960
Hormigonado Cimiento	M3	\$ 8,00	\$ 53.536		\$ 428.288
Colocacion Enfierradura Pilar	Global	\$ 1,00	\$ 340.360		\$ 340.360
Levantamiento Albañileria	M2	\$ 150,00	\$ 37.075		\$ 5.561.250
Confeccion Moldajes Pilar	M2	\$ 10,00	\$ 21.006		\$ 210.060
Hormigonado Pilares	M3	\$ 4,00	\$ 53.536		\$ 214.144

CONCLUSIONES

Del siguiente trabajo de título realizado se determinaron los siguientes puntos:

Con respecto a los elementos que conforman el bloque de hormigón: El material utilizado para la confección del bloque de hormigón prefabricado fue PEAD o HDPE reciclado, provenientes de tinetas plásticas, tuberías sanitarios, bins plásticos, entre otros, elementos altamente nocivos para el medio ambiente, debido a su largo tiempo de degradación.

Según los ensayos de resistencia a la compresión se determinó que:

El bloque de hormigón con PEAD alcanzó una resistencia a la compresión suficiente, cumpliendo satisfactoriamente con los parámetros mínimos estipulado por la NCh 181 of 65 para los bloques de hormigón Clase A y B, con un total de 65 kg/cm² de resistencia mínima individual a la compresión.

Con respecto a la fabricación del producto se determinó que:

El bloque de hormigón con PEAD resulta un 25% más costoso que un bloque de hormigón común, sin embargo, el bloque fabricado con PEAD tiene un valor agregado, este bloque reutiliza 1.6 kg de residuos plásticos por unidad, evitando que estos terminen en vertederos comúnmente ilegales o contaminado el medio ambiente.

Con respecto a la Transmitancia térmica del producto se determinó que:

El bloque de hormigón con PEAD entrega un 20% más de termicidad que un bloque de hormigón común, dato no menor ya que si lo utilizamos en una construcción habitacional nos entregara una mayor aislación térmica y un ahorro de energía.

Con respecto a la idea de un proyecto se determinó que:

Ejecutar el proyecto con bloque de hormigón PEAD resulta un 20 % más costoso que realizar el mismo proyecto con bloques de hormigón comunes, sin embargo el bloque diseñado tiene un valor agregado ya que en el proyecto estudiado se estaría reutilizando aproximadamente 3 toneladas de residuos en un proyecto de cierre perimetral de 150 m² y 75 ml el cual entrega características resistentes similares y una mejor trabajabilidad ya que es 8 % más liviano que al del bloque de hormigón común.

Con respecto al material reciclado se determinó que:

Se espera que en un futuro no muy lejano los profesionales de la construcción, organizaciones e instituciones privadas concienticen con el medio ambiente y prefieran ejecutar obra con características sustentables con el fin de ayudar al medio ambiente.

En la actualidad el costo del PEAD reciclado es un poco más costoso debido a que se mantiene una poca cantidad de proveedores que comercialicen este producto, ya que mientras más empresas comercialicen este producto, menor será su precio y así podrá competir con el valor de un bloque de hormigón común y corriente.

El bloque de hormigón propuesto en este trabajo de título otorga un diseño innovador y estándar que introduce el PEAD como material de árido grueso, en el cual se realizaron diseños según la norma, ensayos de materia prima y de resistencia a la compresión, dosificaciones, evaluación económica y también una idea de proyecto localizada a una obra privada con características no estructurales, sin embargo el bloque propuesto elaborado con PEAD, en comparación al bloque de hormigón común, cumple con la resistencia necesaria para construir elementos estructurales.

BIBLIOGRAFIAS

Benévolo, L. (s.f.). Panteón Romano. El arte y la ciudad antigua.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

<http://www.oban.cl/difusion-HDPE-descubrimiento-utilizacion-propiedades.htm>

<https://www.adimark.cl/es/estudios/documentos/reciclaje%20en%20chile.pdf>

<http://www.grau.cl/>

<http://www.sodimac.cl/>

Compendio de tecnología del hormigón

https://document.onl_compendio-de-tecnologia-del-hormigon%20.pdf

Guía de estudio del laboratorio de tecnología del hormigón - UTFSM

<http://normastecnicas.minvu.cl/>

[https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual WEB.PDF](https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual_WEB.PDF)