



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS
BLOQUES DE HORMIGÓN A PARTIR DE RESIDUOS
PLÁSTICOS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: ARIEL SEBASTIAN CAMPOS CASTRO

DIRECTOR: ARQ. MSC. PEDRO JAVIER ANGUMBA

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS BLOQUES DE
HORMIGÓN A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR: ARIEL SEBASTIAN CAMPOS CASTRO.

DIRECTOR: MST. ARQ. PEDRO ANGUMBA.

CUENCA - ECUADOR

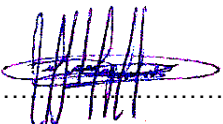
2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Ariel Sebastián Campos Castro portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106650260. Declaro ser el autor de la obra: “Reducción del impacto ambiental de los bloques de hormigón a partir de residuos plásticos”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 06 de abril de 2024

F: 

Ariel Sebastián Campos Castro

0106650260

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ariel Sebastián Campos Castro, bajo mi supervisión.



Pedro Javier Angumba Aguilar

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mí, Dios, Padres y Familia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi Madre, Padre y Catedráticos.

RESUMEN

El presente estudio aborda la fabricación de bloques de hormigón sostenibles mediante la incorporación de plástico polipropileno reciclado de las tapas de botellas plásticas, como sustituto parcial de los agregados convencionales. Esta investigación propone una alternativa viable a los bloques de hormigón tradicionales, con el fin de reducir el impacto ambiental asociado a la explotación de recursos naturales y la generación de residuos plásticos. Se analizó el material, enfocándose en la resistencia y absorción, parámetros que determinan la idoneidad del bloque. La investigación incluyó el estudio de las normativas vigentes, esenciales para establecer los requisitos técnicos que el prototipo debía cumplir. A partir de los resultados obtenidos en el laboratorio, se desarrolló una dosificación de, 0.87 H₂O, 1.94 C, 7.58 G y 6.59 A. Se optimizó la dosificación final para considerar un 0.03 % de desperdicio, resultando en una mezcla de 0.9 H₂O, 2.1 C, 7.0 A y 8.0 G. Se incorporaron diferentes % de plástico reciclado (10 % al 30 %) como sustituto de la grava, con el objetivo de maximizar el rendimiento y cumplir con las normativas vigentes. El estudio demuestra que el bloque de hormigón con un 20 % de plástico cumple con las normas de resistencia y ofrece un enfoque sostenible para la construcción al reducir el uso de cemento y disminuir la energía incorporada de cada bloque. Además, el prototipo, con un costo de 0.46 USD, representa un ahorro en materiales de construcción, proporcionando una solución ecológica a la sobreproducción de residuos plásticos.

Palabras clave: bloques, impacto ambiental, sostenibilidad, hormigón, residuos plásticos.

ABSTRACT

This study explores the production of sustainable concrete blocks by incorporating recycled polypropylene plastic from bottle caps as a partial substitute for conventional aggregates. This research proposes a viable alternative to traditional concrete blocks, aiming to reduce the environmental impact associated with the extraction of natural resources and plastic waste generation. The material was analyzed, focusing on strength and absorption, which are parameters that determine the block's suitability. The research included a review of current regulations, which were essential for establishing the technical requirements that the prototype had to meet. A mix ratio of 0.87 H₂O, 1.94 C, 7.58 G, and 6.59 A was developed based on laboratory results. The final mix ratio was optimized to account for a 0.03% waste factor, resulting in a composition of 0.9 H₂O, 2.1 C, 7.0 A, and 8.0 G. Various percentages of recycled plastic (10% to 30%) were incorporated as a gravel substitute to maximize performance and comply with current regulations. The study demonstrates that the concrete block containing 20% plastic meets strength standards and offers a sustainable construction approach by reducing cement consumption and lowering the embodied energy of each block. Furthermore, the prototype, costing 0.46 USD, represents savings in construction materials, providing an eco-friendly solution to the overproduction of plastic waste.

Keywords: blocks, environmental impact, sustainability, concrete, plastic waste.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	9
LISTA DE TABLAS	15
LISTA DE ANEXOS	19
CAPITULO I	20
1. INTRODUCCIÓN	20
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.1.3 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
1.2 ANTECEDENTES	23
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	24
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	24
1.5 METODOLOGÍA	24
CAPITULO II	26
2. REVISIÓN DE LITERATURA	26
2.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN:	26
2.2 DEFINICIÓN Y TIPOS DE BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN	28
2.2.2 <i>Definiciones de bloque por su uso NTE INEN 3066</i>	29
2.2.3 <i>Tipos de bloques</i>	29
2.2.4 BLOQUES USO, PIGMENTACIÓN Y FORMA	36
2.3 PROPIEDADES TÉCNICAS Y MECÁNICAS:	36
2.3.1 <i>Resistencia a la compresión simple NTE INEN 3066</i>	36
2.3.2 <i>Durabilidad del bloque</i>	36
2.3.3 <i>Durabilidad del hormigón:</i>	36
2.3.4 <i>Absorción del agua según NTE INEN 639, 643, 3066</i>	37
2.3.5 <i>Resistencia al fuego NTE INEN 3066</i>	37

2.4	NORMATIVAS Y ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN	38
2.4.1	<i>Hormigón liviano</i>	38
2.4.2	<i>Hormigón:</i>	38
2.4.3	<i>Propiedades del Hormigón:</i>	39
2.4.4	<i>Cemento portland:</i>	39
2.4.5	<i>Concreto Simple:</i>	39
2.4.6	<i>Trabajabilidad:</i>	39
2.4.7	<i>Materiales NTE INEN 3066</i>	40
2.4.8	<i>Dimensiones NTE INEN 638-2016</i>	40
2.4.9	<i>Registro de pruebas:</i>	41
2.4.10	<i>Áridos.</i>	42
2.4.11	<i>Aspectos visuales y marcas NTE INEN 3066</i>	42
2.5	IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD:	42
2.5.1	<i>Normativa plásticos:</i>	42
2.5.2	<i>Plástico polipropileno PP</i>	43
2.5.3	<i>Propiedades PP</i>	43
2.6	FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN Y DE PÓMEZ	44
2.6.1	<i>Moldes para la producción de bloques</i>	45
2.6.2	<i>La evolución, primeros usos de la maquinaria</i>	45
2.6.3	<i>Comparación entre procesos tradicionales e industriales</i>	46
2.6.4	<i>Dosificación en la fabricación de bloques de hormigón.</i>	47
CAPÍTULO III		48
3	MATERIALES Y MÉTODOS (METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN)	48
3.1	<i>Análisis de dosificaciones de 4 estudios sobre la fabricación del bloque de construcción</i>	48
3.1.2	<i>Relacion de las dosificaciones</i>	48
3.2	FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	49
3.2.1	<i>Obtención del mortero</i>	49
3.2.2	<i>Obtención de la Granulometría de la Grava</i>	49
a	<i>Caracterización de los agregados</i>	49
b.	<i>Cálculo de coeficientes para % de Arena y % de Grava.</i>	52
c.	<i>Diseño de mezcla a través del método de Fuller</i>	53
d.	<i>Resistencia promedio</i>	54
e.	<i>Contenido de aire atrapado según el TNM, AG.</i>	55

f. Cálculo del contenido de agua	55
g. Cantidad de agua según el TNM con un asentamiento de 1" a 2"	56
h. Cálculo relación agua / cemento	56
i. Cálculo de dosificación m^3 de cemento y H_2O	56
j. Cálculo volumen de agregados	57
k. Cálculo de kg/m^3 de agregado en estado húmedo	57
l. Cálculo de kg/m^3 de agregado en estado seco	57
m. Cálculo de lts para el concreto por corrección de H_2O	58
n. Cantidad de materiales para $1kg/m^3$ de concreto, por corrección de H_2O	58
o. Dosificaciones por corrección de H_2O	58
3.3 Elaboración de los cilindros de concreto, resistencia $f'c 45 + 70 = 115 kg/cm^2$	59
3.3.1 Pruebas a compresión de cilindros de hormigón	60
3.4 Elaboración del bloque.	61
3.4.1 Dosificaciones para un bloque de concreto por corrección de agua	61
3.4.2 Dosificaciones para un bloque de concreto con un 0.03 % de desperdicio	61
3.4.3 Cantidad de plástico por bloque	62
3.4.4 MOLDE PARA BLOQUE 3 ALVEOLOS	62
3.4.5 Fabricación.	63
3.5 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BLOQUE.	64
3.5.1 Análisis de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	67
3.5.2 Solución	67
3.6 ANÁLISIS DE ENERGÍA INCORPORADA	67
3.6.1 Análisis de energía incorporada para los bloques con el 15 y 20 % del agregado plástico y el bloque mercado	68
3.6.2 Análisis reducción del impacto ambiental	69
a. Bloque del 10 %	70
b. Bloque del 15 %:	71
c. Bloque del 20 %:	72
3.7 PRUEBAS DE BLOQUES	73
3.7.1 Análisis de compresión, bloques prototipos.	73
3.7.2 Análisis de absorción y densidad.	75
3.8 Análisis económico obtención de los materiales	77
3.8.1 Materia prima	77

3.8.2 Molde	77
3.8.3 Mano de obra	77
3.8.4 Transporte	77
3.9 Proyección precio producción del bloque en serie	77
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
4.1. Resultados	80
4.1.1 Bloque dosificación plástico 10 %	81
4.1.2 Bloque dosificación plástico 15 %	82
4.1.3 Bloque dosificación plástico 20 %	83
4.2 Resultados a Compresión entre Bloques plásticos y Bloque tradicional	84
4.2.1 RESISTENCIA DE LOS BLOQUES DEL 10% Y 20 % PARA SU PRODUCCIÓN	85
4.3 Resultados de absorción y densidad	86
4.4 RESULTADOS REDUCCIÓN IMPACTO AMBIENTAL	87
4.5 Resultado precio producción del bloque en serie	87
4.6 RESULTADO FINAL	87
CAPITULO V	88
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1 CONCLUSIONES	88
5.2 RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	93
ANEXOS	94

<i>Fig 1: Zona de Estudio</i>	22
<i>Fig 2: Bloques de áridos densos</i>	30
<i>Fig 3: Bloques de áridos ligeros</i>	30
<i>Fig 4: Bloques huecos</i>	31
<i>Fig 5: Bloques multicámara</i>	31
<i>Fig 6: Bloques de Encofrado</i>	31
<i>Fig 7: Bloques Especiales en forma de U</i>	32
<i>Fig 8: Bloque de hormigón de esquina en L</i>	32
<i>Fig 9: Bloque de pilastras, de enlace y sencilla</i>	32
<i>Fig 10: Plaquetas</i>	32
<i>Fig 11: Pieza universal</i>	33
<i>Fig 12: Ladrillos de hormigón</i>	33
<i>Fig 13: Sillares de hormigón</i>	33
<i>Fig 14: Bloque coloreado</i>	34
<i>Fig 15: Bloque Split</i>	34
<i>Fig 16: Bloque pulido</i>	34
<i>Fig 17: Bloque esmaltado</i>	35
<i>Fig 18: Bloque lavado</i>	35
<i>Fig 19: Curva tensión-deformación para agregados, hormigón y pastas hidratadas (cemento +agua)</i>	38
<i>Fig 20: Metodología gráfica en el diseño de mezclas según ACI 211.1</i>	40
<i>Fig 21: Bloque medidas norma NTE INEN 3066, 2016</i>	41
<i>Fig 22: Compuesto del Polipropileno</i>	43
<i>Fig 23: Máquina de bloques manual, Ponedora</i>	44
<i>Fig 24: Máquina de bloques mecánica</i>	45
<i>Fig 25: Evolución de la maquinaria</i>	46
<i>Fig 26: Tamizadora de grava</i>	49
<i>Fig 27: Reducción del material</i>	49
<i>Fig 28: Valores de la curva granulométrica entre el límite superior e inferior (Autor, 2024)</i>	50
<i>Fig 29: Tamizadora de Arena</i>	51
<i>Fig 30: % de Arena retenida en el tamiz</i>	51

Fig 31: Valores de la curva granulométrica entre el límite superior e inferior.....	52
Fig 32: Relación de la curva de Fuller para 2 agregados	54
Fig 33: Preparación de los cilindros	
Fig 34: Cilindros aceitados	59
Fig 35: Preparación de la mezcla	
Fig 36: Prueba de Asentamiento.....	59
Fig 37: Desencofrado de los cilindros	
Fig 38: Asentamiento 6 cm.....	59
Fig 39: Cilindro de prueba 24 hrs	
Fig 40: Prueba a compresión 7 días	60
Fig 41: F´c 4 días 37.3 Kgf/cm2	60
Fig 42: Cilindro 1 a compresión.....	60
Fig 43: Cilindro 2 a compresión.....	60
Fig 44: F´c 4 días 42.1 Kgf/cm2	60
Fig 45: Molde Bloques Manual.....	62
Fig 46: Preparación del mortero.....	63
Fig 47: Plásticos triturados en el laboratorio U. Católica	63
Fig 48: Compactación	63
Fig 49: Mezclado y Vaciado	63
Fig 50: Desmoldado	64
Fig 51: Curado.....	64
Fig 52: Prototipos	64
Fig 53: Resultados	64
Fig 54: Aislamiento acústico	
Fig 55: Torre de agua.....	67
Fig 56: Gráfico de energía Incorporada por bloque	69
Fig 57: Gráfico de ahorro de energía incorporada al mes	70
Fig 58: Análisis de compresión	
Fig 59: Análisis de absorción	
Fig 60: Análisis de Densidad.....	73
Fig 61: Vista frontal	81
Fig 62: Vista isométrica	81
Fig 63: Resultado	81
Fig 64: Acabado tabiques.....	81
Fig 65: Vista frontal	
Fig 66: Vista isométrica	82

Fig 67: Resultado	
Fig 68: Acabado tabiques.....	82
Fig 69: Vista frontal	
Fig 70: Vista isométrica	83
Fig 71: Resultado	
Fig 72: Acabado tabiques.....	83
Fig 73. Gráfico de carga y rotura de bloques prototipos frente al bloque de venta al mercado	84
Fig 74: Resultado	
Fig 75: Bloques prototipos.....	119
Fig 76: Resultado	
Fig 77: Bloques prototipos.....	120
Fig 78: Bloques 3 alveolos	
Fig 79: Bloques 40*20*20.....	120
Fig 80: Tabiques	
Fig 81: Bloque A, B, C.....	121
Fig82:Resultado	
Fig 83: Bloques prototipos.....	121
Fig 84: Resultado	
Fig 85: Bloques prototipos.....	122

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Se elaborarán los bloques tipo C y D de la clasificación de bloques.	29
Tabla 2: Resistencia mínima a la compresión del bloque.	36
Tabla 3: Niveles tolerables de absorción.....	37
Tabla 4: Dimensiones modulares.	41
Tabla 5. Propiedades físicas y mecánicas del polipropileno.	43
Tabla 6: Proceso Tradicional e Industrial	47
Tabla 7: Tabla de volúmenes para dosificaciones de mezclas de mortero.	48
Tabla 8: Matriz de resultado de la Granulometría de la Grava	50
Tabla 9: Curva granulométrica de la grava	50
Tabla 10: Matriz de resultado de la Granulometría de la Arena	52
Tabla 11: Curva granulométrica de la arena	52

Tabla 12: Porcentaje de pasantes de grava y arena para calcular la cantidad de agregados. ____	53
Tabla 13: Porcentaje de dosificación mediante la curva de Fuller para dos agregados _____	54
Tabla 14: Tabla del factor de seguridad para diferentes tipos de resistencias, se suma el factor de 70 kg/cm ² para hormigones menores a 210 kg/cm ² , se diseña el hormigón para un fc 45 kg/cm ²	55
Tabla 15: Porcentaje de aire atrapado según TNM, AG _____	55
Tabla 16: Porcentaje de aire atrapado según TNM, AG _____	55
Tabla 17: Cantidad de agua para 175 litros de concreto con aire atrapado _____	56
Tabla 18: Relación de H ₂ O para 246.47 kg de cemento _____	56
Tabla 19: Dosificaciones para 1 metro cúbico de volumen _____	56
Tabla 20: Cantidad de m ³ de agregados para 1 m ³ de concreto _____	57
Tabla 21: Agregado en estado húmedo _____	57
Tabla 22: Ws de agregados seco kg/m ³ _____	57
Tabla 23: Corrección para determinar la cantidad de H ₂ O _____	58
Tabla 24: Resumen de dosificaciones _____	58
Tabla 25: Dosificaciones de varias relaciones por corrección de agua _____	58
Tabla 26: Resultados de las pruebas a compresión de los cilindros de hormigón _____	61
Tabla 27: Diseño de mezcla para bloques de concreto _____	61
Tabla 28: Diseño de mezcla para bloques de concreto _____	61
Tabla 29: Resumen % de dosificaciones para 8 kg de grava en 1 y 3 bloques. _____	62
Tabla 30: Matriz de Interacciones _____	65
Tabla 31: Matriz de extensión _____	65
Tabla 32: Matriz de incidencia _____	66
Tabla 33: Matriz resultado de impactos _____	66
Tabla 34: Precios de la grava _____	70
Tabla 35: Resultados _____	71
Tabla 36: Precios de la grava _____	71
Tabla 37: Resultados _____	72
Tabla 38: Precios de la grava _____	72
Tabla 39: Resultados _____	73
Tabla 46: Características del bloque patrón con dosificación 0%, este bloque es el que se obtiene como resultado del diseño de mezcla, a esta mezcla, se le sustituye el % de grava por plástico, para posterior obtener los resultados a compresión y determinar que bloque cumple con la resistencia requerida y óptima para su producción. _____	74
Tabla 47: Resistencia de cada bloque a compresión. _____	74

Tabla 48: Características de 6 especímenes por cada % de plástico	75
Tabla 49: Ensayo de Absorción, se realiza en ensayo de todos los bloques para determinar cual es la mejor opción. Se selecciona un espécimen por cada porcentaje de plástico para realizar la prueba.	76
Tabla 50: Resultados porcentajes de absorción de cada espécimen	76
Tabla 58: Costos obtención de los agregados para 1 m ³	77
Tabla 59: Costo del molde	77
Tabla 60: Costo mano de obra	77
Tabla 61: Costo transporte 18 bloques prototipos	77
Tabla 62: Costo producción del bloque	77
Tabla 63: Precios de bloques en la ciudad de Cuenca.	78
Tabla 64: Promedio de precio de bloque de concreto y pómez en la ciudad de Cuenca.	78
Tabla 65: Producción de bloque 20%, capacidad máx. 6 bloques / 5min	79
Tabla 66: Comparación de la reducción de plástico del bloque del 20% cada 5 años	79
Tabla 40: Porcentaje de plástico por kg de grava 10%	81
Tabla 41: Características de los bloques, dosificación 10%	81
Tabla 42: Porcentaje de plástico por kg de grava 15%	82
Tabla 43: Características de los bloques, dosificación 15%	82
Tabla 44: Porcentaje de plástico por kg de grava 20	83
Tabla 45: Características de los bloques, dosificación 20%	83
Tabla 51: Cálculo de los promedios de los bloques, hasta obtener el promedio de la Masa, Área y Resistencia a Compresión, cuyos valores son de suma importancia para realizar la selección de cada bloque prototipo que cumplirá con la norma NTE INEN 3066. 2016	84
Tabla 52: Resistencia de los bloques a los 28 días y porcentaje de plástico reciclado al mes	85
Tabla 53: Diferencia de resistencias bloque 10%	85
Tabla 54: Diferencia de resistencias bloque 20%	86
Tabla 55: Porcentaje de absorción bloque del 10 y 20 %	86
Tabla 56: Reducción del impacto ambiental de plástico bloque 10 y 20 %	87
Tabla 57: Costo producción del bloque	87
Tabla 58: Resultado Final, producción de bloque 20 %	87

Tabla U.1: Relación de 4 dosificaciones	114
Tabla U.2: Relación de dosificaciones de peso para 0.0438 m ³ y 0.0073 m ³	114
Tabla U.3: Relación de dosificaciones de peso para 0.0015 m ³ y 0.0073 m ³	114
Tabla U.4: Relación de dosificaciones de peso para 0.092 m ³ y 0.0073 m ³	115
Tabla U.5: Relación de dosificaciones de peso para 1.00 m ³ y 0.0073 m ³	115
Tabla U.6: Dosificaciones de peso para 0.0073 m ³	115
Tabla V.1: Precios de la grava	117
Tabla V.2: Resultados	117
Tabla V.3: Precios de la grava	118
Tabla V.4: Resultados	118
Tabla W.1: Porcentaje de plástico por kg de grava, 0% para un bloque	119
Tabla W.2: Resultados dosificación 0 %	119
Tabla W.3: Porcentaje de plástico por kg de grava 25%	120
Tabla W.4: Resultados dosificación 25%	120
Tabla W.5: Porcentaje de plástico por kg de grava 30	121
Tabla W.6: Resultados dosificación 30%	121

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Granulometría grava.....	94
Anexo B: Granulometría Arena	95
Anexo C: Gravedad Especifica de los agregados (gruesos y finos).....	96
Anexo D: Ensayo Cilindro 1	97
Anexo E: Ensayo Cilindro 2.....	98
Anexo F: Ensayo Cilindro 3.....	99
Anexo G: Ensayo Cilindro 4	100
Anexo H: Ensayo Cilindro 5	101
Anexo I: Bloque N° 1	102
Anexo J: Bloque N° 2.....	103
Anexo K: Bloque N° 3	104
Anexo L: Bloque N° 4.....	105
Anexo M: Bloque N° 5	106
Anexo N: Bloque N° 6	107
Anexo O: Bloque N° 7	108
Anexo P: Bloque N° 8.....	108
Anexo Q: Bloque N° 9	110
Anexo R: Bloque N° 10	111
Anexo S: Bloque N° 11.....	112
Anexo T: Bloque N° 12.....	113
Anexo U: Calculo de relación de las dosificaciones de 4 estudios de investigación.....	114
Anexo V: Resultados del Análisis de ahorro de plástico como sustitución del agregado grueso, árido grueso o grava para los bloques prototipos.....	117
Anexo W: Informe del resultado final de cada bloque con diferente % de plástico.....	119

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano y el desarrollo de la industria de la construcción han impulsado la demanda de materiales eficientes y accesibles. En la ciudad de Cuenca, Ecuador, los bloques de hormigón se han convertido en una de las principales opciones para la edificación debido a su facilidad de producción, costos competitivos y propiedades estructurales. Sin embargo, la fabricación de estos bloques conlleva un alto impacto ambiental, principalmente debido al uso de clinker en el cemento y la explotación de agregados naturales como la grava. Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles que reduzcan la explotación de recursos naturales y disminuyan la huella de carbono de la industria de la construcción.

Este estudio tiene como objetivo elaborar bloques de hormigón que incorporen residuos plásticos reciclados, disminuyendo la cantidad de cemento y agregado grueso con proporciones del 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. Se busca evaluar su impacto ambiental y determinar si cumplen con las normativas ecuatorianas de construcción, específicamente con la NTE INEN 3066:2016, que establece los requisitos de calidad para bloques de mampostería no estructural. Para ello, se analizarán aspectos técnicos como resistencia a la compresión, absorción y humedad, con el fin de validar su viabilidad en la industria.

El marco teórico abarcará el estudio de la evolución histórica de los bloques de hormigón, sus procesos de fabricación, la normativa aplicable y los efectos ambientales asociados a su producción. Asimismo, se explorarán investigaciones previas sobre el uso de plásticos reciclados en la construcción, con el propósito de fundamentar la propuesta de este trabajo.

La metodología se basará en una revisión bibliográfica detallada, el desarrollo experimental de prototipos de bloques con diferentes dosificaciones de plástico reciclado y la realización de pruebas mecánicas en laboratorio. A través de estos ensayos, se compararán los bloques propuestos con los bloques tradicionales del sector, evaluando su desempeño y factibilidad técnica y económica.

El presente documento se estructura en cinco capítulos. En el **Capítulo 1**, se define el problema de investigación, su delimitación, los antecedentes y la justificación del estudio. También se presentan los objetivos generales y específicos, así como la metodología utilizada. En el **Capítulo 2**, se desarrolla el marco teórico, abordando la evolución de los bloques de hormigón, su proceso de fabricación, normativas y su impacto ambiental. El **Capítulo 3** describe la metodología experimental, detallando el diseño de los prototipos y los ensayos realizados. En el **Capítulo 4**, se presentan y analizan los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, comparando los bloques tradicionales con los bloques con agregado plástico. Finalmente, en el **Capítulo 5**, se exponen las conclusiones y recomendaciones, destacando las principales aportaciones del estudio y las posibles aplicaciones futuras de la propuesta.

Con esta investigación se espera contribuir a la construcción sostenible, promoviendo el uso de materiales reciclados en la industria y ofreciendo una alternativa viable para reducir la contaminación ambiental en Ecuador.

1.1 Formulación del problema

1.1.1 Identificación del problema

El crecimiento urbano de la ciudad de Cuenca es un hecho innegable, ya que existe un aumento significativo en la construcción, lo que ha favorecido el uso de materiales industrializados en reemplazo de sistemas constructivos tradicionales. En particular, el bloque de hormigón se ha consolidado como un material clave debido a su eficiencia en dimensiones y peso, que optimizan los tiempos y costos de obra. Sin embargo, su producción genera un alto impacto ambiental, en gran medida por el uso de clinker, componente esencial del cemento y la explotación de recursos naturales para la obtención de materia primas para su producción. Esto subraya la necesidad de alternativas que, además de reducir costos, mitiguen la dependencia de materiales con alto impacto ambiental.

1.1.2 Delimitación del problema

El presente trabajo de investigación se centrará en el estudio de la creación de bloques de pómez y hormigón, sus procesos de fabricación servirán de base para el nuevo prototipo, se estudiará su historia, evolución, proceso de fabricación, dosificación, impacto al ambiente, al igual que la maquinaria empleada que se utiliza para la creación de este material de construcción.

Se hará énfasis en el proceso de fabricación, que permitirá analizar las dosificaciones necesarias para la creación del prototipo, el prototipo ocupará el 10%, 15%, 20%, 25% y 30 % del agregado grueso reduciendo la cantidad de material natural para disminuir el impacto ambiental, cumpliendo con la resistencia mínima de 3.5 Mpa que exige la norma NTE INEN 3066, 2016 para su comercialización y clasificación de bloque tipo B de mampostería no estructural.

1.1.3 Delimitación de la zona de estudio

El Estudio se realizará en la ciudad de Cuenca, Azuay-Ecuador.

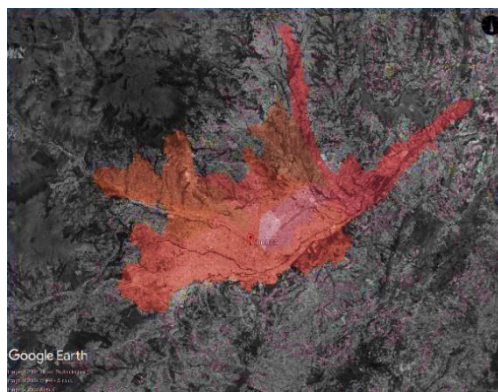


Fig 1: Zona de Estudio

Fuente: Google Earth, 2024.

1.2 Antecedentes

En la ciudad de Cuenca, Ecuador, la creciente demanda de materiales de construcción presenta un desafío ambiental significativo, especialmente por el uso intensivo de bloques de hormigón. Este proyecto de investigación, tiene como objetivo desarrollar un nuevo bloque de hormigón que incorpore residuos plásticos reciclados como agregado, promoviendo la economía circular y reduciendo la huella de carbono. La investigación incluye una revisión de normas técnicas sobre la NTE INEN 3066:2016, la NTE INEN 638-2014, la NTE INEN 1855-1 (ASTM C 94), la NTE INEN 1855-2, plásticos PET, entre otros. Además, se consultarán textos y bibliografía especializada sobre la fabricación y evolución de bloques. Se realizarán ensayos para evaluar propiedades mecánicas y de sostenibilidad en diferentes proporciones de plástico reciclado en un 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de adición a la mezcla. Este enfoque busca establecer una alternativa técnica viable y responsable en la construcción.

La contaminación ambiental, la aparición de nuevos materiales, el uso de maquinaria moderna y la importancia del reciclaje son factores clave que impulsan la creación de materiales de construcción sostenibles. En este contexto, el desarrollo de bloques de hormigón que incorporen residuos plásticos representa una solución innovadora para reducir el uso de las gravas naturales y clinker, para disminuir la explotación de recursos naturales. Esta alternativa no solo ayuda a mitigar el impacto ambiental de los residuos plásticos, sino que también cumple con los estándares de calidad establecidos en la normativa ecuatoriana de construcción. Además, este enfoque fomenta una economía circular y sostenible, brindando un material competitivo en el mercado actual que responde a las necesidades de durabilidad y calidad en la construcción de viviendas.

1.3 Justificación

La creciente demanda de bloques de hormigón en Ecuador, impulsada por su bajo costo y resistencia, plantea el reto de buscar alternativas sostenibles que minimicen el impacto ambiental de este material. En este contexto, la incorporación de residuos plásticos reciclados como agregados en la fabricación de bloques de hormigón emerge como una solución innovadora. Al reducir el uso de Clinker y de agregados naturales como arena y grava, esta técnica disminuiría la huella de carbono de la construcción y fomentaría una economía circular. Se busca optimizar las propiedades mecánicas y acabados de los bloques con materiales reciclados, de modo que cumplan con los estándares de calidad y durabilidad exigidos en el mercado ecuatoriano. La implementación de esta tecnología en la industria de la construcción representa un avance hacia prácticas más responsables y sustentables, alineadas con los objetivos de desarrollo sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar bloques de hormigón a base de residuos plásticos, para reducir la contaminación ambiental.

1.4.2 Objetivos específicos

Recopilar información acerca del proceso de fabricación de bloques de hormigón, referentes a dosificación, ensayos y producción de morteros.

Experimentar dosificaciones para obtener un nuevo bloque de hormigón con agregados plásticos, que cumpla con las especificaciones mecánicas necesarias para su producción.

Comparar los resultados del modelo propuesto con el bloque de hormigón tipo del sector.

1.5 Metodología

1. Recopilar información acerca del proceso de fabricación de bloques de hormigón, referentes a dosificación, ensayos y producción de morteros.

Este objetivo se cumplirá mediante la recopilación bibliográfica de libros y tesis especializadas enfocadas en 6 temas: La historia y evolución, definición y tipos, propiedades técnicas y mecánicas, normativa y estándares, impacto ambiental y sostenibilidad, Ventajas y Desventajas.

En primer lugar, se investigará datos históricos del bloque mediante el libro de Reglamento de las construcciones de concreto reforzado del instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C. La historia de los bloques de hormigón nos permite apreciar su desarrollo a lo largo del tiempo, desde sus primeras formas de creación hasta las técnicas de fabricación más avanzadas utilizadas en la actualidad. El estudio histórico nos muestra cómo estos bloques han evolucionado en términos de diseño, resistencia y durabilidad.

La fabricación de bloques de hormigón implica una serie de procesos y materiales clave. Mediante la exploración de libros y trabajos de investigación obtenidas del libro Concrete Masonry Handbook y la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 3066-2016), podemos aprender acerca de los componentes esenciales, como el cemento, los agregados finos y gruesos, el agua y los aditivos. Comprender cómo interactúan estos elementos nos brinda información valiosa sobre la calidad y las propiedades de los bloques resultantes.

La evolución de los bloques de hormigón a lo largo del tiempo también es un tema relevante a considerar. La investigación nos permitirá descubrir las nuevas técnicas de fabricación desarrolladas y las mejoras en los materiales que han llevado a la creación de bloques más resistentes, duraderos y estéticamente atractivos. Al estar al tanto de estas innovaciones, podemos aplicar los avances más recientes en el diseño y la construcción de bloques de hormigón.

Además de la fabricación, es esencial investigar el uso y la forma de los bloques de hormigón en la arquitectura. Estos bloques se han utilizado en una amplia gama de aplicaciones constructivas, desde muros de contención y estructuras de carga hasta elementos decorativos en fachadas. Al estudiar su implementación en proyectos arquitectónicos, podremos comprender mejor las posibilidades de diseño y las limitaciones que presentan los bloques de hormigón.

Se realizará una evaluación de impacto ambiental y las posibles soluciones que podrían mitigar el impacto hacia el ambiente.

El conocimiento exhaustivo adquirido a través de la investigación proporciona una base sólida para la creación de nuevos bloques. Al comprender las prácticas históricas y actuales, así como los avances tecnológicos, podremos identificar las fortalezas y debilidades de los bloques existentes. Esto nos permitirá aprovechar los aspectos positivos de los bloques de hormigón actuales y mejorarlos en términos de resistencia, sostenibilidad, eficiencia constructiva y estética.

2. Experimentar dosificaciones para obtener un nuevo bloque de hormigón con agregados plásticos, que cumpla con las especificaciones mecánicas necesarias para su producción (compresión, absorción, humedad).

En el proceso de creación del nuevo bloque de hormigón con agregados plásticos, se realizará un análisis exhaustivo de la obtención y la utilización de proporciones de plástico a utilizarse, estas serán del (0% 10%, 15% ,20%, 25%, 30%). Para el análisis se crearán 3 bloques por cada proporción de plástico.

Una vez obtenido el bloque como resultado de la fabricación, se procederá a realizar las pruebas de laboratorio para cumplir con las especificaciones mecánicas necesarias para su producción (compresión, absorción, humedad).

3. Comparar los resultados del modelo propuesto con el bloque de hormigón tipo del sector.

Se realizará una comparación entre cada bloque de residuos plásticos y el bloque de hormigón tradicional, evaluando las propiedades mecánicas y de sostenibilidad. Esta comparación permitirá identificar las ventajas y desventajas de cada tipo de bloque y determinar si cumplen con los estándares requeridos, ofreciendo mejoras significativas en términos de rendimiento y costo en comparación con el bloque tradicional.

Se tomará en cuenta los costos de mano de obra y los costos de producción permitiendo establecer precios adecuados para el bloque con mejores características y analizar la viabilidad económica y sostenible del nuevo enfoque.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Base teórica para la creación de un nuevo bloque de hormigón con residuos plásticos:

2.1 Historia y Evolución de los Bloques de Construcción:

2.1.1 Siglo XIV a.C. - Egipto

Uso de Talatat: Los egipcios, pioneros en arquitectura monumental, emplearon bloques de piedra caliza llamados "Talatat" en la construcción de templos, especialmente durante el reinado de Akenatón. Estos bloques, de aproximadamente 27x27 cm, eran lo suficientemente pequeños para que un solo trabajador los manipulara, facilitando la construcción y el mantenimiento de estructuras. La reutilización de estos bloques en proyectos posteriores también les permitió construir de manera rápida y económica (Trowel Trades, 2023).

2.1.2 Siglo IV a.C. - Grecia

Innovación de Ictino: El arquitecto griego Ictino usó bloques de mármol huecos en la construcción del templo de Apolo en Bassai, introduciendo así un método que mejoraba la eficiencia estructural al reducir el peso de los bloques y la presión sobre las columnas. Este diseño innovador no solo optimizó la estabilidad de la estructura, sino que también permitió edificaciones de mayores proporciones en lugares remotos de Grecia (Jaén y Araujo, 2020).

2.1.3 Siglo III a.C. - Roma

Desarrollo del Hormigón: Los romanos desarrollaron una mezcla de cemento con piedra puzolana, conocida como "opus caementicium," que les permitió construir obras masivas, como el Panteón y el Coliseo, que han resistido siglos. Este hormigón romano, impermeable al agua, facilitó la construcción de acueductos y otras estructuras que perduran hasta hoy. La necesidad de alternativas a la madera y al ladrillo impulsó el desarrollo de esta tecnología avanzada para la época (Trowel Trades, 2023).

2.1.4 Finales del Siglo XIX - Estados Unidos y Europa

Avances en la Tecnología del Hormigón: Durante la Revolución Industrial, la producción y el uso del hormigón moderno se expandieron debido a la invención de nuevas técnicas de fabricación. Esto incluyó el uso de moldes para producir bloques más uniformes y de menor costo. Las empresas en Europa y Estados Unidos comenzaron a experimentar con diferentes tipos de hormigón, acelerando su adopción para diversas aplicaciones en infraestructura y edificaciones (Jaén y Araujo, 2020).

2.1.5 Principios del Siglo XX (1900) - Estados Unidos

Primera Patente de Bloque Hueco: En 1900, el inventor Harmon S. Palmer registró la primera patente para un bloque de hormigón hueco, diseñado para reducir el peso y mejorar el aislamiento térmico en las construcciones. Este invento se volvió popular en áreas urbanas de rápido crecimiento y, gracias a su bajo costo y rapidez de instalación, marcó el comienzo de un sistema constructivo que se consolidaría en las siguientes décadas (Preservation Artisans, 2018).

2.1.6 Década de 1920 - Estados Unidos

Creación del Bloque de Hormigón Hueco: En esta época, Palmer perfeccionó el bloque de hormigón hueco, mejorando el aislamiento térmico de los edificios. Este tipo de bloque permitía construcciones más rápidas y económicas, lo que fue fundamental en el contexto de la posguerra. En paralelo, el arquitecto Frank Lloyd Wright experimentó con un "bloque textil" que no solo cumplía una función estructural, sino también estética, permitiendo crear patrones decorativos en la fachada de los edificios (Preservation Artisans, 2018).

Innovaciones de Thomas Edison: Aunque Edison fue uno de los primeros en promover el uso de bloques de hormigón para casas prefabricadas en la década de 1920, sus ideas enfrentaron problemas de adaptación y aceptación en el mercado. Sin embargo, su visión sobre el uso modular de bloques contribuyó a la evolución de la industria (Trowel Trades, 2023).

2.1.7 1930 - Europa y EE. UU.

Producción de Bloques Aligerados: Se comenzaron a fabricar bloques aligerados, con agregados livianos que permitieron reducir aún más el peso de los bloques sin comprometer su resistencia. Esta técnica impulsó la prefabricación de piezas, dando paso al uso de bloques con fines estructurales y no estructurales, mejorando la eficiencia en el tiempo de construcción y reduciendo el uso de otros materiales (Jaén y Araujo, 2020).

Le Corbusier y la Arquitectura Moderna: El arquitecto suizo Le Corbusier promovió la producción en serie de viviendas de bloques de hormigón, enfocándose en la eficiencia y economía de la construcción. Su influencia inspiró a otros arquitectos, como Aldo Van Eyck y Herman Hertzberger, quienes aplicaron principios similares en proyectos de vivienda social en Europa (Jaén y Araujo, 2020).

2.1.8 Después de la Segunda Guerra Mundial - Europa y Estados Unidos

Aumento en la Demanda: Tras la devastación de la Segunda Guerra Mundial, la reconstrucción de Europa impulsó la demanda de materiales de construcción económicos y de rápida instalación, como los bloques de hormigón. Estos bloques fueron esenciales para la edificación de viviendas, fábricas y centros de infraestructura en un contexto donde la reconstrucción acelerada era fundamental para la recuperación económica y social (Preservation Artisans, 2018).

2.1.9 Década de 1950 - Estados Unidos

Mejoras en los Materiales: En esta década, se introdujeron agregados livianos, como la arcilla expandida, en la producción de bloques de hormigón, mejorando el aislamiento térmico y reduciendo el peso total de las construcciones. Estas innovaciones permitieron que los bloques de hormigón fueran utilizados en una mayor variedad de edificaciones, desde instalaciones industriales hasta viviendas residenciales, consolidándose como material de elección en Norteamérica (Preservation Artisans, 2018).

Versatilidad del Bloque de Hormigón: Los bloques comenzaron a utilizarse en diversas estructuras, incluyendo muros de contención y depósitos de almacenamiento, donde se valoraban su durabilidad y resistencia a las inclemencias climáticas (Trowel Trades, 2023).

2.1.10 Década de 1960 - Europa y Estados Unidos

Construcción de Viviendas con Bloques de Hormigón: La construcción de casas y edificios de varios pisos con bloques de hormigón se volvió común en Europa y Estados Unidos. Su durabilidad, resistencia al fuego y bajo mantenimiento hicieron que fuera una opción preferida para la construcción de viviendas de bajo costo y proyectos públicos (Jaén y Araujo, 2020).

2.1.11 Década de 1960 - España

Llorens-Soldevilla: En España, Llorens-Soldevilla implementó el uso de muros de dos hojas con bloques de hormigón, una solución que combinaba el aislamiento térmico con la resistencia estructural. Este sistema innovador se popularizó rápidamente debido a su eficiencia y durabilidad, especialmente en construcciones residenciales y comerciales (Jaén y Araujo, 2020).

2.1.12 Siglo XX - Presente

Tecnología Moderna y Sustentabilidad: Hoy en día, el bloque de hormigón sigue siendo un material esencial en la construcción, aunque ahora la sostenibilidad es una prioridad. La inclusión de materiales reciclados y técnicas de fabricación ecológicas han reducido su impacto ambiental. Además, la incorporación de nuevas tecnologías, como el hormigón celular y los bloques de alta eficiencia energética, ha optimizado el rendimiento del material en términos de ahorro de energía y adaptación a las normativas ambientales modernas (Preservation Artisans, 2018).

2.2 Definición y Tipos de Bloques de Construcción

2.2.1 El bloque en el Ecuador

La elaboración de bloques de hormigón utilizando residuos plásticos ofrece una alternativa sostenible a la fabricación convencional. Durante la fase de mezclado, es posible incorporar nuevos agregados, lo que otorga al producto características técnicas y ecológicas mejoradas en comparación con los bloques de hormigón tradicionales.

La NTE define al Bloque hueco de hormigón como:

Una pieza prefabricada simple hecha a base de cemento, agua y áridos finos y gruesos, en forma de paralelepípedo, con uno o más huecos transversales en su interior (alveolos), de modo que el volumen del material sólido sea del 50% al 75% del volumen total del elemento.”

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 638-2014 define y clasifica el uso de los bloques no soportantes. Bloques que se utilizan en paredes no soportantes, que sólo sirven para separar espacios de una vivienda y no soportan más carga que su propio peso. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2014, pág.01)

Por ello se analizará el uso del bloque no portante como elemento de tabiquería para la división de espacios. Es importante destacar que este tipo de bloque se caracteriza por ser autosuficiente en términos de carga, ya que solo soporta su propio peso (Porrás, 2018).

La NTE INEN 638 clasifica al bloque según su uso, en la tabla # 1.

Tabla 1: Se elaborarán los bloques tipo C y D de la clasificación de bloques.

CLASE	USO
A	PAREDES EXTERIORES DE CARGA, SIN REVESTIMIENTO
B	PAREDES EXTERIORES DE CARGA, CON REVESTIMIENTO PAREDES INTERIORES DE CARGA, CON O SIN REVESTIMIENTO
C	PAREDES DIVISORIAS EXTERIORES, SIN REVESTIMIENTO
D	PAREDES DIVISORIAS EXTERIORES, CON REVESTIMIENTO PAREDES DIVISORIAS INTERIORES, CON O SIN REVESTIMIENTO
E	LOSAS ALIVIANADAS DE HORMIGÓN ARMADO

Fuente: NTE INEN 638.

Un bloque tipo C – D debe superar 3,5 MPa. de resistencia a la compresión. Esta norma establece también que la absorción por capilaridad del elemento no debe ser mayor al 15% de su peso (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2014).

2.2.2 Definiciones de bloque por su uso NTE INEN 3066

La norma NTE INEN 3066 establece que los bloques huecos de hormigón tienen un área neta de carga inferior al 75%, mientras que los bloques sólidos la superan. Los bloques estructurales (clase A) se utilizan como elementos portantes, mientras que los bloques no estructurales (clase B) se emplean para separar espacios y solo soportan su propio peso, requiriendo protección en exteriores con morteros cementantes (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

2.2.3 Tipos de bloques

En el mercado nacional existen diversos tipos de bloques, estos son expendidos por distribuidores autorizados. En nuestro medio existen fábricas y talleres de elaboración industrial a gran escala y talleres de fabricación artesanal a mediana escala, las medidas más fabricadas son de los moldes de (400x300x200, 300x200x150,200x100x100) variando parcialmente en mm y cumpliendo las especificaciones establecidas por la norma NTE INEN 3066.

Según se densidad

a. Bloques de áridos densos

Piezas prefabricadas a base de cemento, agua y áridos finos o gruesos, naturales o artificiales, con o sin adiciones y aditivos, se incluyen pigmentos en casos de que se le quiera dotar de un color distinto, sin armadura alguna y con una densidad seca absoluta que oscila entre 1.700 kg/m³ y 2.400 kg/m³ (Andece, 2019).

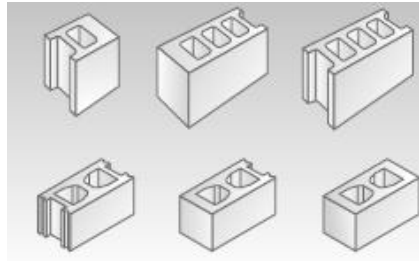


Fig 2: Bloques de áridos densos

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019. p.11).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

b. Bloques de áridos ligeros

Piezas prefabricadas a base de cemento, agua y áridos (de los cuales aproximadamente un 40% en volumen son áridos ligeros), con o sin adiciones y aditivos, se incluyen pigmentos, con dimensiones menores a los bloques de áridos densos y con una densidad seca absoluta por debajo de 1.700 kg/m³ (Andece, 2019).

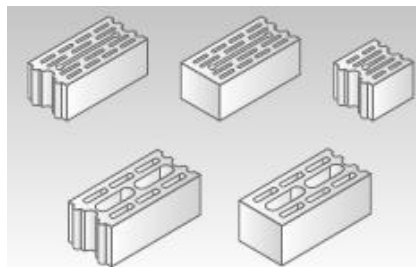


Fig 3: Bloques de áridos ligeros.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Según su geometría.

a. Bloques huecos

Con diferentes tipos de acabado superficial (Andece, 2019).

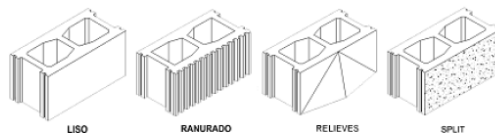


Fig 4: Bloques huecos.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

b. Bloques multicámara

Se emplea normalmente en aplicaciones que requieran mejorar el comportamiento acústico y térmico, aunque se aumente el peso de los elementos (Andece, 2019).

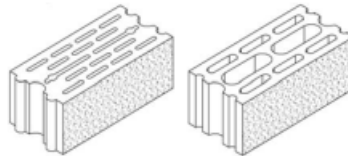


Fig 5: Bloques multicámara.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

c. Bloques de encofrado

Los bloques de encofrado se utilizan en muros o tabiques para rellenarse con hormigón o mortero directamente. Además, incorpora aislamiento térmico adicional para mejorar su prestación, el hormigón puede fabricarse con virutas de madera en la mezcla para aligerar el peso (Andece, 2019).

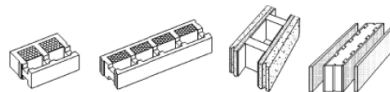


Fig 6: Bloques de Encofrado.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

d. Piezas especiales

Piezas de zuncho y dintel: Pieza en forma de canal, simple o doble, que sirve de encofrado permanente a un dintel, cadena de atado, o zuncho de hormigón armado. Exteriormente, la primera de estas piezas no se diferencia de las otras, lo que permite mantener la continuidad del aparejo sin acusar dichos refuerzos. Existen también bloques tipo con los tabiquillos, y las paredes laterales con

ranuras verticales de manera que puedan abatirse fácilmente, para permitir el paso de la armadura del zuncho (Andece, 2019).

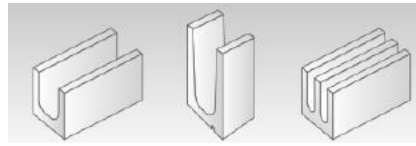


Fig 7: Bloques Especiales en forma de U.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Pieza de esquina en L: Permite realizar uniones en esquina de muros, cuando el espesor de fábrica es menor o mayor que la mitad de la longitud del bloque (Andece, 2019).

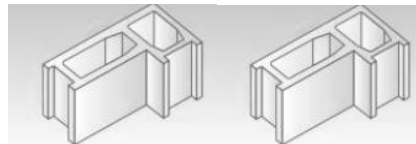


Fig 8: Bloque de hormigón de esquina en L.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Pilastras, sencilla y de enlace: “Estas piezas pueden servir de encofrado permanente para hormigonar un pilar” (Andece, 2019, p.13).

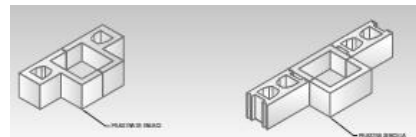


Fig 9: Bloque de pilastras, de enlace y sencilla.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Plaquetas: Permiten revestir elementos estructurales como cantos de forjado, pilares, etc. Además, existen piezas de plaqueta en L para aplicaciones en esquinas (Andece, 2019).

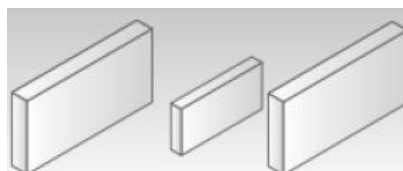


Fig 10: Plaquetas.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Pieza universal: Pieza de fábrica que tiene al menos una cara con debilitamientos de rotura controlada, para facilitar su apertura, sin que ello afecte ni a las características geométricas de la pieza, ni al aparejo visto, pero que circunstancialmente puede armarse en vertical por acceso lateral a la misma, abriéndose un canal de acceso lateral en obra (Andece, 2019).

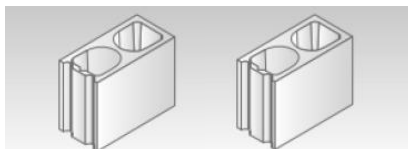


Fig 11: Pieza universal.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

e. Ladrillos de hormigón

Se refieren a piezas de áridos densos con alturas parecidas a las de los ladrillos. Se fabrican piezas de comienzo o terminación y de esquina en L (Normabloc, 2008)

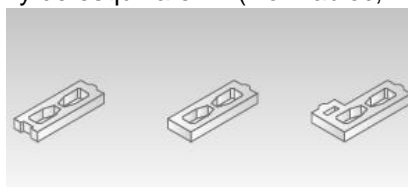


Fig 12: Ladrillos de hormigón.

Fuente: Bloques y Mampostería de hormigón (Normabloc, 2008).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

f. Sillares de hormigón

Piezas macizas o huecas de forma prismática con posibles endentados o cuñas, para incrementar el rozamiento entre ellas, a la hora de asentarse en seco unas sobre otras, con una cierta inclinación o ataluzado, cuyo ángulo viene obtenido por el propio diseño de la pieza. Pueden incorporar fijaciones mecánicas entre ellas para lograr el mismo objetivo. En ocasiones, se rellenan de grava o de hormigón armado y se suelen complementar con la resistencia a tracción que les ofrece el peso del terreno que sostienen al emplear mallas plásticas que actúan de tirantes y se anclan bajo dicho terreno previamente excavado y vuelto a colocar y compactar.

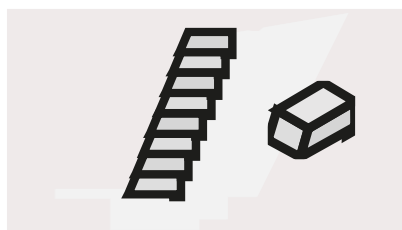


Fig 13: Sillares de hormigón.

Fuente: Bloques y Mampostería de hormigón (Normabloc, 2008).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

g. Nuevos acabados

Además de los conocidos relieves geométricos en la superficie del bloque, como la punta de lanza, acanalados y estriados, obtenidos directamente desde el molde de fabricación, existen en la actualidad distintos procesos que proporcionan multitud de acabados superficiales diferentes (Andece, 2019).

Bloque coloreado: Una de las primeras modificaciones sobre el bloque original, fue el coloreado del mismo mediante el empleo de colorantes como aditivos del hormigón (Andece, 2019).

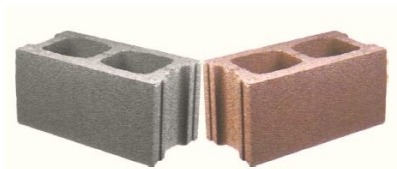


Fig 14: Bloque coloreado.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Bloque Split: La fabricación de este tipo de bloque es igual a la del bloque liso normal, con la diferencia de que en el molde se elimina la separación entre dos bloques, con lo que se obtiene un “bloque doble”. Del mismo modo se pueden conseguir bloques con dos caras split opuestas y/o contiguas, para obtener muros con acabado Split en sus caras o remates con acabado split en extremos de muro o huecos de ventanas y pasos. Por lo que, en ocasiones es necesario fabricar incluso tres bloques unidos, alcanzando incluso hasta cuatro en casos concretos (Andece, 2019).

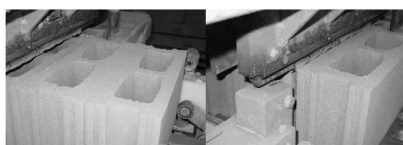


Fig 15: Bloque Split.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Bloque pulido: Se realiza, mediante el paso de las piezas por una pulidora lineal de discos, una vez fabricado el bloque estándar. Las aplicaciones son las mismas que las del bloque estándar, pudiendo emplearse tanto en interior como en exterior (Andece, 2019).

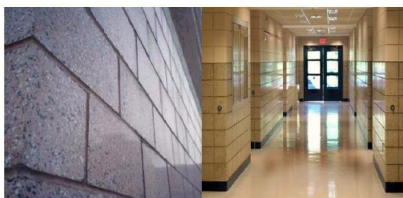


Fig 16: Bloque pulido.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Bloque esmaltado: Le confiere al bloque de hormigón la apariencia de un alicatado con plaqueta cerámica tradicional, pero se trata de un proceso industrial que ofrece un resultado similar en un único producto. Estas unidades cuentan con un compuesto tipo esmalte como acabado superficial y permanente en una o más caras. El compuesto es aplicado en forma líquida mediante semi-inmersión sobre las caras vistas, y se cura mediante tratamiento térmico en un horno de túnel, convirtiéndose así en parte integrante del bloque (Andece, 2019).



Fig 17: Bloque esmaltado.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

Bloque lavado: Consiste en un lavado a presión proyectado sobre las caras deseadas una vez se ha obtenido la pieza estándar y antes de su endurecimiento; el resultado es una superficie lisa, aunque ligeramente irregular, que se sitúa entre un acabado liso y uno rugoso tipo split.

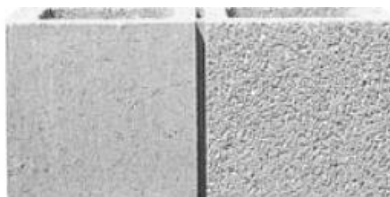


Fig 18: Bloque lavado.

Fuente: Muros de bloques y ladrillos de hormigón (Andece, 2019).

Recuperado de <https://shorturl.at/BFmEf>

h. Formas de bloques

Existen diferentes bloques, entre los más comunes encontramos de 39*19*19/9. Existe el bloque de forma entera común, mitad, U, Simil Piedra, Simil piedra esquinero, Simil piedra mitad esquinero, Simil piedra mitad y simil piedra U (Tensolite, s.f.).

2.2.4 Bloques Uso, Pigmentación y Forma

Existen diversos usos para el bloque de hormigón. El prototipo de bloque deberá reducir el impacto ambiental y cumplir con los requisitos de la norma NTE INEN 3066, que establece las especificaciones para su uso en la categoría B, bloque no estructural (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016). Además, se considera la adición de pigmentos de colorimetrías tradicionales, en función de su contexto histórico y local, manteniendo su forma clásica.

2.3 Propiedades Técnicas y Mecánicas:

2.3.1 Resistencia a la compresión simple NTE INEN 3066

La norma NTE INEN 3066 a diferencia de las anteriores es muy clara en indicar que se deben cumplir resistencias netas a la compresión simple establecidas en la tabla # 2.

Tabla 2: Resistencia mínima a la compresión del bloque.

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (Mpa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 Bloques	13,8	4	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
* 1 Mpa = 10.2 kg/cm2			

Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).

Los ensayos se deben realizar considerando el anexo E de la NTE INEN 3066. La resistencia a la compresión neta es una propiedad crucial en la construcción de viviendas y edificios, ya que los bloques deben ser capaces de soportar la carga de otros bloques en la pared. Esta característica ha sido históricamente buscada por los constructores al elegir y utilizar los bloques en la mampostería.

2.3.2 Durabilidad del bloque

La durabilidad del bloque de hormigón es la capacidad de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas o químicas agresivas, manteniendo las características iniciales a lo largo del tiempo (Pérez, 2016).

Para mejorar las características del mortero de hormigón para bloques es recomendable el uso de cementos puzolánicos, debido a que este tipo de cemento mitiga la reacción química de los sulfatos y sales encontrados en los agregados. El uso de agua potable durante la mezcla y la protección de los bloques al agua lluvia, mejora el comportamiento del mortero de hormigón al paso del tiempo, además de controlar las agresiones físico-químicas de los agregados (Holcim Ecuador S.A., 2013).

2.3.3 Durabilidad del hormigón:

Se deben utilizar los parámetros más exigentes para determinar la dosificación de la mezcla.

La dosificación se puede basar en la experiencia en obras similares, en mezclas de prueba o en ambas. La evaluación y aceptación del hormigón será según lo indicado en la parte pertinente de las normas NTE INEN 1855-1 (ASTM C 94) y NTE INEN 1855-2. Las mezclas de hormigón se deben dosificar para cumplir con la relación máxima de agua-cemento (a/c) y otros requisitos según la clase de exposición asignada al elemento estructural. El o los materiales cementantes especificados en la sección 10.1.1 y las combinaciones de estos materiales que se utilicen en la obra, serán incluidos en los cálculos de la relación a/c de la mezcla de hormigón (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2015, pág. 25).

2.3.4 Absorción del agua según NTE INEN 639, 643, 3066

En contraste con las normas NTE INEN 639 y 643, que establecen un límite máximo de absorción de agua del 15% en relación al volumen saturado, la norma NTE INEN 3066 presenta valores específicos basados en la densidad de los bloques clase A. Para los bloques clase B y C, se sigue manteniendo el valor máximo establecido por la norma NTE INEN 643.

Tabla 3: Niveles tolerables de absorción

Tipo	Densidad (Kg/m ³)	Absorción del Agua máxima promedio (kg/m ³)	Absorción del agua máxima por unidad (kg/m ³)
Liviano	< 1680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	> 2000	208	240

Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).

El lote para este ensayo no debe ser menor a 3 unidades. Y se deberá realizar de la manera indicada según el anexo D de la NTE INEN 3066. La absorción de agua en los bloques de hormigón influye en la calidad del acabado de la obra y puede provocar fisuras, micro fisuras y patologías en el hormigón. Es crucial considerar la absorción al momento de enlucir los bloques para garantizar un acabado de calidad y prevenir problemas estructurales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

2.3.5 Resistencia al fuego NTE INEN 3066

La norma establece criterios de seguridad para evaluar la resistencia de los bloques de hormigón ante altas temperaturas causadas por incendios. Estos criterios se aplican a los bloques de clase A y clase B, y requieren que cumplan con la resistencia especificada en el diseño, teniendo en cuenta los requisitos del proyecto. Se utiliza el método ASTM E119 o ACI 216.1 para realizar dicha evaluación (Porrás, 2018).

2.4 Normativas y Estándares de Construcción

2.4.1 Hormigón liviano

Hormigón con agregado liviano que tiene una densidad de equilibrio, tal como la define ASTM C567, entre 1440 y 1840 kg/m³ (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2015, pág. 11).

2.4.2 Hormigón:

Mezcla de cemento Pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2015, pág. 11).

El hormigón es un material heterogéneo, compuesto por una parte cementante (cemento + agua) y otra, que podemos considerar de relleno (los agregados), pero que mejoran notablemente las características del material. Recién preparado tiene un aspecto de fluido viscoso, propiedad que le permite moverse con facilidad rellenando completamente las formaletas de las estructuras. Una vez se pasa esta primera etapa de material moldeable, con el tiempo y bajo condiciones de exposición aceptables (temperatura y humedad), el material se convierte en un sólido capaz de mantener su forma y soportar cargas externas con un comportamiento que se puede considerar, aproximadamente, elastoplástico. (En forma exacta el hormigón ni es elástico ni es plástico, su curva tensión-deformación a -E, muestra un comportamiento aproximadamente lineal hasta el 40% de su resistencia última, luego se comporta en forma plástica hasta la rotura) (Giraldo,1987).

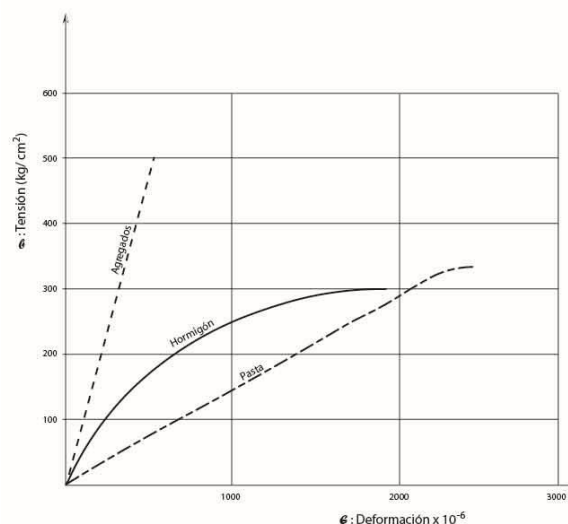


Fig 19: Curva tensión-deformación para agregados, hormigón y pastas hidratadas (cemento +agua)

Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón (Giraldo,1987).

2.4.3 Propiedades del Hormigón:

Las proporciones del hormigón deben seleccionarse en tal forma, que el producto resultante cumpla con los requisitos de colocación adecuada para cada tipo de obra, con la resistencia, durabilidad, economía y peso unitario exigidos como requisitos mínimos a cumplir por el hormigón diseñado (Giraldo,1987).

2.4.4 Cemento portland:

De acuerdo al NTE INEN 151:2010, el cemento hidráulico producido por pulverización de clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2010).

2.4.5 Concreto Simple:

El uso del concreto simple estructural se permite solamente en los casos (a) hasta (d):

(a) Miembros que están apoyados de manera continua sobre el suelo o que están apoyados sobre otros miembros estructurales capaces de proporcionarles un apoyo vertical continuo. (b) Miembros en los cuales el efecto de arco genera compresión bajo todas las condiciones de carga. (c) Muros. (d) Pedestales (American Concrete Institute, ACI, 2014).

Según el American Concrete Institute, ACI (2014) dado que la resistencia y la integridad estructural de miembros de concreto simple estructural se basa solamente en el tamaño del miembro, resistencia del concreto y otras propiedades del concreto, el uso de concreto simple estructural debe estar limitado a miembros:

(a) Que están básicamente en un estado de compresión. (b) Que pueden tolerar fisuras aleatorias sin que menoscaben su integridad estructural. (c) Para los cuales la ductilidad no es una característica esencial del diseño.

La resistencia a tracción del concreto puede utilizarse en el diseño de miembros de concreto simple estructural. Los esfuerzos de tracción debido a la restricción de los efectos de flujo plástico, retracción o variación de temperatura deben ser considerados para evitar una fisuración descontrolada o una falla estructural (American Concrete Institute, ACI, 2014, p.207).

2.4.6 Trabajabilidad:

La trabajabilidad influye en la resistencia del hormigón endurecido ya que para lograr una resistencia adecuada es necesario compactar el material a su máximo peso por unidad de volumen. Está comprobado que la presencia de aire reduce mucho la resistencia del hormigón. Por ejemplo, un 5% de aire puede disminuir la resistencia en más de un 30%, y aun un 2% de aire disminuye la resistencia en un 10%. El aire en el hormigón proviene del aire atrapado accidentalmente durante el vaciado de la mezcla y del aire que deja el exceso de agua en el hormigón al evaporarse. El aire

en el primer caso depende de la granulometría de los agregados finos, y en el segundo caso de la relación agua-cemento. (Giraldo,1987).

Gráfico de metodología para el diseño de mezclas.

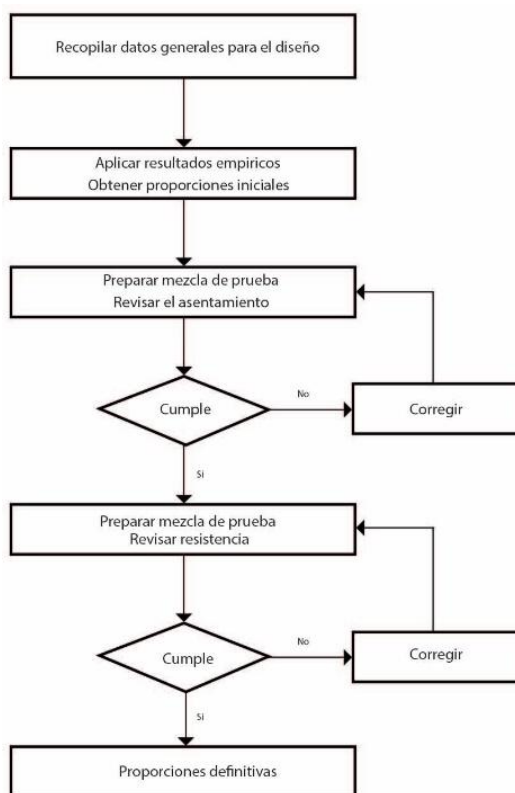


Fig 20: Metodología gráfica en el diseño de mezclas según ACI 211.1

Fuente: Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón (Giraldo,1987).

2.4.7 Materiales NTE INEN 3066

Los componentes principales del hormigón, según las normas aplicables, incluyen el cemento hidráulico (según las especificaciones de la NTE INEN 490 y NTE INEN 2380, Anexo 4), los agregados (como arena, grava, pómez, piedras, puzolanas, escorias u otros materiales sólidos inorgánicos, que deben cumplir con la norma NTE INEN 872-1982, Anexo 5) y el agua, preferiblemente potable y libre de impurezas orgánicas, sales, álcalis y ácidos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

2.4.8 Dimensiones NTE INEN 638-2016

Existirán dos tipos de dimensiones para el bloque de hormigón, con tolerancia de ± 3 mm dentro de las medidas geométricas del bloque. El espesor mínimo de las paredes externas, internas y tabiques no puede ser menor a 13 mm para los bloques clase B y C (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

Las dimensiones modulares se indican en la siguiente tabla de la NTE INEN 3066:

Tabla 4: Dimensiones modulares.

Dimensión Modulares (nM)			Dimensión Modulares (mm)				Dimensión Nominales (mm)							
Largo	Ancho	Altura	Largo Ancho	Ancho	Largo Ancho	Ancho								
4	3	2	400	300	200	390	290	190						
		2,5						240						
3	x	2	x	1,5	300	x	200	x	150	290	x	190	X	140
2	1	1	200	100	100	190	90	90						

Donde:
nM: número de medidas modulares
Nota: La tabla que precede es un ejemplo, se basa en juntas de 10 mm y una medida modular M igual, a 100 mm y muestra algunas combinaciones tanto en largo, ancho y altura.

Fuente: (NTE 3066, 2016).

Las medidas influyen directamente en la geometría del bloque, siendo esta influyente directa de la resistencia a la compresión, además un elemento de medidas correctas siempre ayudará a un mejor rendimiento en mano de obra y menor desperdicio de materiales en obra.

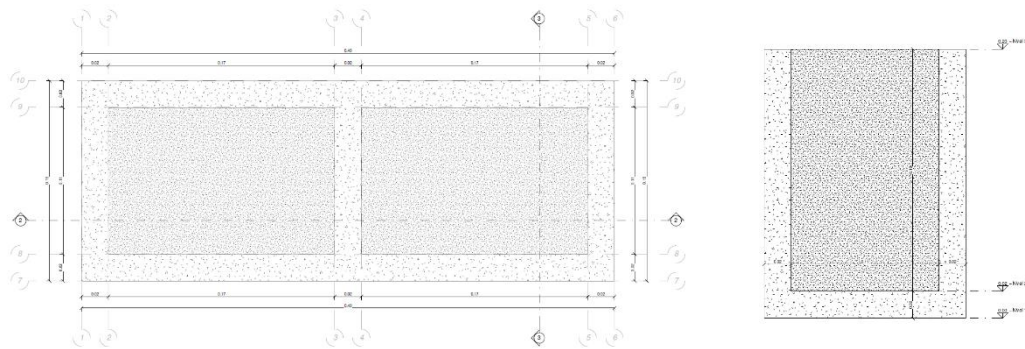


Fig 21: Bloque medidas norma NTE INEN 3066, 2016

Fuente: (Autor, 2024).

2.4.9 Registro de pruebas:

Un compendio de resultados de pruebas de resistencia de una misma mezcla de hormigón. Los registros de pruebas de mezclas similares de hormigón pueden ser utilizados para calcular la desviación estándar combinada. Las mezclas de hormigón se consideran similares si sus resistencias nominales están dentro de 6.9 MPa y representan materiales similares, producidos, entregados y manipulados bajo condiciones similares (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2015, pág. 13).

2.4.10 Áridos.

Son partículas de roca inorgánicas de origen natural o artificial son de gran importancia ya que de estos dependerán de la docilidad del hormigón fresco y la resistencia del hormigón endurecido (Manzaba y Moreira, 2019).

2.4.11 Aspectos visuales y marcas NTE INEN 3066

Según la norma NTE INEN 3066, se requiere que cada productor diferencie sus bloques mediante una marca o distintivo para facilitar su identificación en una obra con múltiples proveedores. Además, esta norma establece que los bloques entregados en la obra deben mantener el mismo color, textura y acabado que la muestra inicial del producto. La textura de los bloques, influenciada por los agregados y la vibración en la mezcla, afecta directamente el acabado final de la pared, y una textura más rugosa aumenta el riesgo de fisuras y defectos. Para ser aceptados, los lotes de bloques deben cumplir con las medidas modulares dentro de un rango aceptable, no presentar despostillados mayores a 25 mm, tener fisuras menores a 0,5 mm de espesor y que no superen el 25% de la longitud del bloque. No se aceptarán unidades rotas (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

2.5 Impacto Ambiental y Sostenibilidad:

En el Ecuador los diferentes gobiernos seccionales, no están ejecutando su rol histórico frente a control de los diferentes ecosistemas, ya que los niveles de contaminación en torno a los vertederos de basura son elevados, siendo necesario emprender con métodos de reciclaje a gran escala, para evitar principalmente que el plástico sea arrojado libremente a los basurales, y se lo reutilice, generando un aporte trascendental a la sociedad y la naturaleza en su conjunto (Angumba, 2016).

Por ello es primordial reciclar el plástico desechado de manera incorrecta y convertirlo en una oportunidad de reciclar y crear un nuevo material cumpliendo las normas Irem y el concepto de las 4 R (Reducción, Reutilización, Reciclado y Recuperación).

2.5.1 Normativa plásticos:

En nuestro país no existe una normativa específica para materiales de construcción de plástico, es por esta razón que se revisará la normativa argentina (Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), mexicana (Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la Construcción) y española (Norma Española de la Construcción UNE); debido a que estos países tienen normado la investigación del plástico como elemento constructivo (Angumba, 2016).

El PET es una alternativa al remplazo del aglomerado natural por lo que el Polipropileno aventajará en algunos aspectos como en las propiedades físicas y mecánicas del bloque.

2.5.2 Plástico polipropileno PP

El polipropileno (PP) es un tipo de poliolefina ligeramente más dura que el polietileno. Es un plástico comercial de baja densidad y alta resistencia al calor, puede presentar propiedades diversas, como ser rígido o flexible, opaco o transparente, y puede incluir refuerzos como cargas minerales o fibras de vidrio y naturales (Omnexus, 2023).

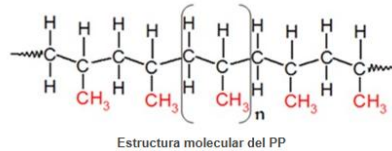


Fig 22: Compuesto del Polipropileno.

Fuente: Polypropylene (PP) Plastic: Types, Properties, Applications & Benefits (Omnexus, s.f.).

El polipropileno se divide en dos tipos homopolímero de polipropileno y copolímero de polipropileno. El homopolímero de PP es el tipo más utilizado, contiene monómero de propileno y se aplican a embalajes, textiles, atención médica, tuberías, aplicaciones automotrices y eléctricas mientras que el copolímero de polipropileno se produce mediante la polimerización del etileno y propeno, estos son flexibles, resistentes y ópticamente transparentes y se aplica a usos industriales. (Omnexus, 2023)

Para el trabajo de investigación se utilizará el polipropileno tipo homopolímero, en este caso encontramos en las tapas de botellas que serán trituradas para su aplicación.

2.5.3 Propiedades PP

Tabla 5. Propiedades físicas y mecánicas del polipropileno.

Polipropileno	
Punto de fusión:	Homopolímero: 160 - 165°C
Densidad:	Homopolímero: 0,904 - 0,908 g/cm ³
Dureza Rockwell, M	1-30
Dureza shore, D	70-83
Temperatura mínima de servicio, °C	-20 a -10
Estrés en el límite elástico, MPa	35-40
Alargamiento de rotura, %	15-6000
Módulo de tracción, GPa	1.1-1.6
Resistencia al impacto con entalla ASTM D256, J/m	20-60
HDTA (1.8 MPa), °C	50-60
Clasificación de resistencia al fuego UL94	Media Combustión, 76 mm por min para grosores de hasta 3 mm

Fuente: (Omnexus, 2023).

2.6 Fabricación de bloques de hormigón y de pómez

Para la escala de fabricación manual (artesanal), se utilizan moldes móviles. La producción se hace mediante compactación manual o automática de la mezcla. El desmoldado se hace por volteo o desarme del molde, trasladando cada bloque al punto donde se dejará fraguar (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, 1999).



Fig 23: Máquina de bloques manual, Ponedora

Fuente: Bloquera Ponedora (Talleres Mejía, 2024.)

Recuperado de <https://shorturl.at/uzKzE>

Basado en la Norma Técnica Ecuatoriana, INEN 3066, se ha logrado identificar 9 procesos para la elaboración de bloques de hormigón (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

1. Selección de Materiales: Se eligen los materiales, que pueden incluir pómez o concreto, de acuerdo con el tipo de bloque a producir.
2. Preparación de Primas: Se seleccionan los componentes específicos, como cemento, arena, áridos (finos y gruesos) y agua, en función de la producción deseada.
3. Dosificación y Mezclado: La dosificación de los materiales se realiza de forma manual o mediante dosificadores mecánicos, según el volumen de producción diaria. La mezcla se lleva a cabo en mezcladoras de tipo tambor o de eje vertical, y si el proceso es artesanal, puede involucrar de uno a dos trabajadores. La capacidad de la mezcladora y el tiempo de mezclado varían según la fábrica.
4. Moldeado o Prensado: Este proceso se realiza en la mayoría de las fábricas con prensas que funcionan bajo presión hidráulica. La maquinaria incluye sistemas de vibro compactación mediante martillos mecánicos, moldes móviles y sistemas industriales de vibro compactación. La cantidad de bloques producidos diariamente depende de la demanda y la capacidad de la fábrica.
5. Desmolde y Transporte: Los bloques son desmoldados con expulsores que los colocan en una mesa de trabajo y, mediante una banda, se transportan al área de almacenamiento para el fraguado y curado.
6. Curado: Este paso puede realizarse al aire libre, en cámaras de curado o con curado al vapor. El tiempo de curado varía: los bloques de pómez requieren menos tiempo (3 a 4 días) que los de hormigón, cuyo curado depende de la cantidad de cemento en la mezcla.
7. Control de Calidad: Se verifican aspectos como la resistencia a la compresión, la absorción de agua, el peso, la densidad, las dimensiones y el acabado superficial. Esto debe cumplir con la norma NTE INEN 3066:2016.
8. Almacenamiento: Los bloques pueden almacenarse al aire libre o en bodegas, dependiendo del espacio disponible en la fábrica.
9. Gestión Ambiental: Se implementan proyectos para minimizar el impacto ambiental, incluyendo gestión de

residuos, optimización del consumo energético, y métodos para reducir la contaminación auditiva y ambiental.



Fig 24: Máquina de bloques mecánica

Fuente: Block making machinery building (Alibaba, 2024).

Recuperado de <https://shorturl.at/kpKX7>

2.6.1 Moldes para la producción de bloques

En cuanto a los moldes en un inicio se usaban para crear bloques de forma manual posterior evolucionaron como pieza fundamental para las máquinas de fabricación. Existe una gran variedad de moldes en el mercado y deberán cumplir con la norma NTE INEN 3066. Se considera un bloque hueco de hormigón cuando el área neta de la superficie de carga sea menos de 75 %, mientras que el bloque sólido de hormigón debe ser mayor o igual al 75 %. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016). Los moldes más utilizados del mercado son los de 2 y 3 alvéolos con pequeñas diferencias que distinguen una marca de otra.

Existen moldes móviles, ensamblados y articulados, hasta la fecha son los más conocidos y utilizados del mercado, son de madera, lamina de acero, fundición de aluminio, etc. Los moldes son de fácil mantenimiento y su durabilidad está en función al tipo de manejo que se les dé. Para desmoldar los bloques se utiliza aditivos mediante una brocha, si el molde es de madera pueden estar cubiertos de esmalte, aceites y aditivos. El aceite aumenta la durabilidad, los moldes deberán estar limpios después de su uso (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, 1999).

2.6.2 La evolución, primeros usos de la maquinaria

Los bloques de hormigón experimentaron varios cambios en su proceso de fabricación, desde su uso en la antigüedad, hasta la fabricación a través de moldes metálicos, luego surgieron las máquinas con martillos accionados mecánicamente. Posteriormente, surgió la compactación basándose en vibración y compresión. Actualmente, se emplea el sistema de vibro compactación lo cual, podemos apreciar en la Figura 23 (Arrieta y Peñaherrera, 2000).

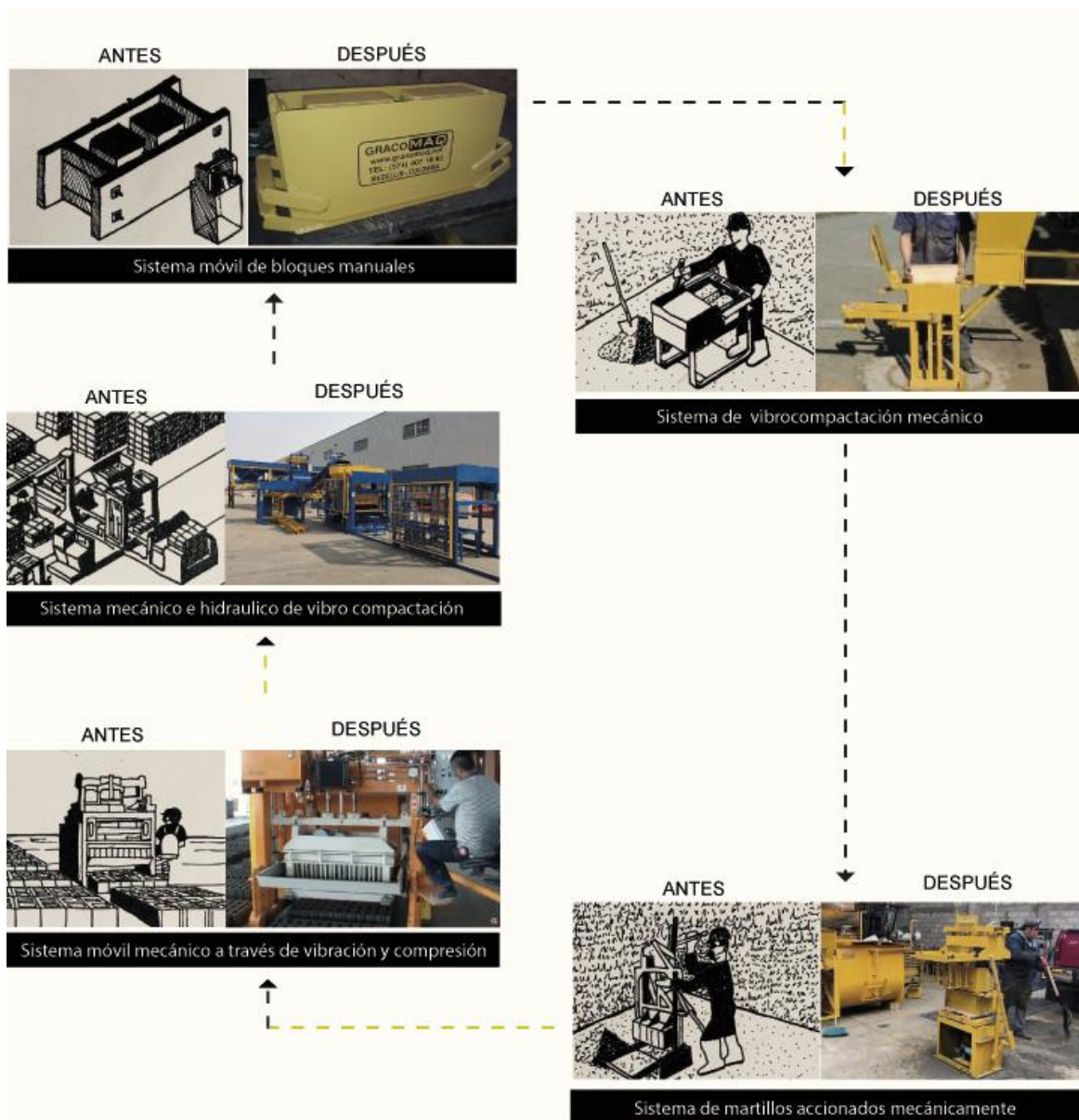
















Fig 25: Evolución de la maquinaria.

Fuente: (Autor, 2024).

2.6.3 Comparación entre procesos tradicionales e industriales

Con base en la norma técnica ecuatoriana INEN 3066 actualizada en el año 2016, se ha logrado identificar 7 procesos para la fabricación del bloque, en la siguiente tabla se detalla cada proceso (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

Tabla 6: Proceso Tradicional e Industrial

Proceso	Almacenamiento de materias primas	Dosificación de la mezcla	Fabricación	Transporte y Traslado	Curado	Almacenamiento	Despacho
Tradicional	Se almacena al aire libre o en espacios de almacenamiento	Cemento, Áridos y Agua mezclados de forma manual	A través de moldes móviles accionados manualmente	Se almacenan en filas al aire libre o en espacios cubiertos	Al natural	Se almacena en lugares frescos y cubiertos con materiales impermeables	Fabricación a mediana escala
							
Industrial	Torres, tanques de almacenamiento	Cemento, Áridos y Agua mezclados en hormigonera	A través de moldes móviles accionados mediante máquinas de vibración compactación	Se almacenan en columnas en cámaras de secado o en bodegas de almacenamiento	A vapor o al natural	Se almacena en naves industriales	Fabricación a gran escala
							

Fuente: (Autor, 2024)

2.6.4 Dosificación en la fabricación de bloques de hormigón.

Según la NTE INEN 3066 (2016) los bloques de hormigón se deben elaborar con cemento hidráulico, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados. El cemento hidráulico que se utilice en la elaboración de los bloques debe cumplir con los requisitos de una de las siguientes normas: NTE INEN 490, NTE INEN 2380 o NTE INEN 152. Los áridos que se utilicen en la elaboración de los bloques deben cumplir con los requisitos de NTE INEN 872 y, además, deberán permitir cubrir los requerimientos establecidos en los diseños de mezcla. NTE INEN 3066 2016-11 2016-791 4 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016). El agua que se utilice en la elaboración de los bloques de hormigón debe ser potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas (Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, 1999). La dosificación del cemento, se trabajará con dosificaciones por peso según el m³ de hormigón que exige la norma ACI 211 para la elaboración del concreto, teniendo en cuenta que mientras más áridos finos tengamos más resistente será la mezcla (Giraldo, 1987). Además de que el árido grueso será remplazado por el polipropileno extraído de las tapas de botellas plásticas. La dosificación del polipropileno no remplazara por completo el árido grueso, sin embargo, remplazara su proporción en un 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, cumpliendo con la resistencia a compresión simple y absorción exigida por la norma NTE INEN 3066, 2016. El polipropileno está dentro de los requisitos de los áridos de la norma, como material inorgánico inerte adecuado. Esta proporción al bloque experimental, reducirá el impacto al medio ambiente y ayudará a preservar su biodiversidad a través del reciclado de residuos plásticos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS (Metodología de la Investigación)

Se realiza un estudio para determinar las dosificaciones necesarias para la creación de un bloque de hormigón. Debido a la información confidencial de cada fábrica, no se pudo obtener una dosificación exacta sobre el proceso de producción. Por lo tanto, se lleva a cabo un análisis de las dosificaciones utilizadas en varios proyectos, las cuales servirán como base para obtener una dosificación adecuada para su producción.

3.1 Análisis de dosificaciones de 4 estudios sobre la fabricación del bloque de construcción.

A través de un análisis del diseño de mezclas utilizados para la elaboración de bloques. Tabla 7. En cada análisis se observa la cantidad de porciones de kg peso de cemento, arido fino, arido grueso y agua para un volumen de 0.0438m³, 0.000125m³, 0.092m³ y 1.00 m³.

Tabla 7: Tabla de volúmenes para dosificaciones de mezclas de mortero.

Bloque de hormigón con residuos de demolición				
6 unidades de bloques de hormigón	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
Volumen = 0.04380 m ³	13.58	48.46	32.72	10.74
Ladrillos elaborados con plastico reciclado (PET), para mamposteria no portante				
Probeta para 12 morteros (5cm * 5cm * 5cm)	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
Volumen = 0.00125 m ³	1.065	2.13	--	0.5964
Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas del hormigón tradicional de 28 Mpa con un hormigón alivianado utilizando el huesco del fruto de la palma africana como sustituto del agregado grueso en diferentes porcentajes				
Probetas cilíndricas (30*15 + vigueta 15*15*54)	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
Volumen = 0.09200 m ³	40.21	65.54	79.59	19.59
Dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma inenn 3066				
Bloques de hormigón	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
Volumen = 1.00000 m ³	59.02	126.45	50.58	54.64

Fuente: (Autor, 2024).

3.1.2 Relacion de las dosificaciones

Se obtiene una tabla de comparación, mediante el análisis de 4 estudios. Tabla 7. Para obtener la dosificación de un bloque de 0.0073m³. tabla No 9. El análisis se encuentra en el anexo U. Esta herramienta nos servirá para comparar las dosificaciones utilizadas en cada volumen de agregados, para obtener las dosificaciones se divide el peso del cemento sobre el peso de los componentes.

Tabla 8: Resultado de las relaciones de mezclas para la fabricación de un bloque de 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)	Peso total (kg)
1) Dosificación para 0.043800 m ³	1	3.57	2.41	0.79	17.58
2) Dosificación para 0.000125 m ³	1	2	0	0.56	18.43
3) Dosificación para 0.092000 m ³	1	1.6	1.97	0.48	15.96
4) Dosificación para 1.000000 m ³	1	2.14	0.85	0.92	39.8

Fuente: (Autor, 2024).

Las dosificaciones obtenidas nos servirán para realizar una comparación con las dosificaciones obtenidas en el diseño de mezcla.

3.2 Fabricación del bloque de hormigón

3.2.1 Obtención del mortero

El diseño de mezcla busca cumplir con una resistencia de 45 kg/cm², la norma técnica ecuatoriana dicta pesos de los 3.5 a 5.0 Mpa. Por lo cual los de 3.5 Mpa están considerados como bloques no estructurales, mientras que los de 12.4 Mpa se consideran bloques estructurales, se propone una resistencia que cumpla con la categoría de mampostería no estructural y no supere la resistencia del bloque de mampostería estructural, debido a la utilización de más materiales, costos, precios y desperdicios, esto se tratará de mediar mediante el diseño de mezcla. Para el diseño se realiza una serie de análisis de los materiales, grava y arena para obtener sus características, especificaciones técnicas y usarlas para el cálculo mediante el método ACI o de Fuller, dependiendo de los resultados del laboratorio.

3.2.2 Obtención de la Granulometría de la Grava

a Caracterización de los agregados

Procedimiento para obtener el % de pasante y ancho de tamiz de la grava para obtener la granulometría de la grava

Se selecciona 30 kg de grava, de muestra. Se coloca sobre una bandeja aluminio, se mezcla y luego se divide en 4 partes escogiendo las que se encuentran en el primer y tercer cuadrante, se repite el proceso hasta descartar de 20 a 25 kg, para colocar en la tamizadora. Figura 26. se pesa la cantidad retenida por cada tamiz, se recopilan los datos, Tabla 8. y se obtiene la curva, Tabla 9.



Fig 26: Tamizadora de grava

Fuente: (Autor, 2024).

Se pesa de 9 a 10 kg de material que pasara por la tamizadora, se pesa la cantidad retenida por cada tamiz desde tamiz # 3 /4 hasta el Fondo. Figura 27.



Fig 27: Reducción del material

Fuente: (Autor, 2024).

El peso retenido de cada tamiz sirve para calcular mediante fórmulas algebraicas el peso retenido acumulado, % retenido acumulado, % de pasante, límite superior e inferior. Tabla 8

Tabla 8: Matriz de resultado de la Granulometría de la Grava

Granulometría Grava							
No Tamiz	Ancho mm	Ret Peso	Retenido acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasante	Especificaciones de la norma	
						límite superior	límite inferior
3"	76,2	0	0	0	100	----	----
2, 1/2"	63,5	0	0	0	100	----	----
2"	50,8	0	0	0	100	----	----
1,1/2"	38,1	0	0	0	100	----	----
1"	25,4	0	0	0	100	----	----
3/4"	19,05	0	0	0	100	100	100
1/2"	12,7	2158	2158	22,39	77,61	90	100
3/8"	9,52	747,5	2905,5	30,15	69,85	40	70
#4	4,75	5027	7932,5	82,33	19,67	0	15
Fondo		1580	9512,5	98,73	1,27	----	----

Fuente: (Autor, 2024).

Se obtiene la curva a través del % de pasante y la abertura del tamiz.

Tabla 9: Curva granulométrica de la grava

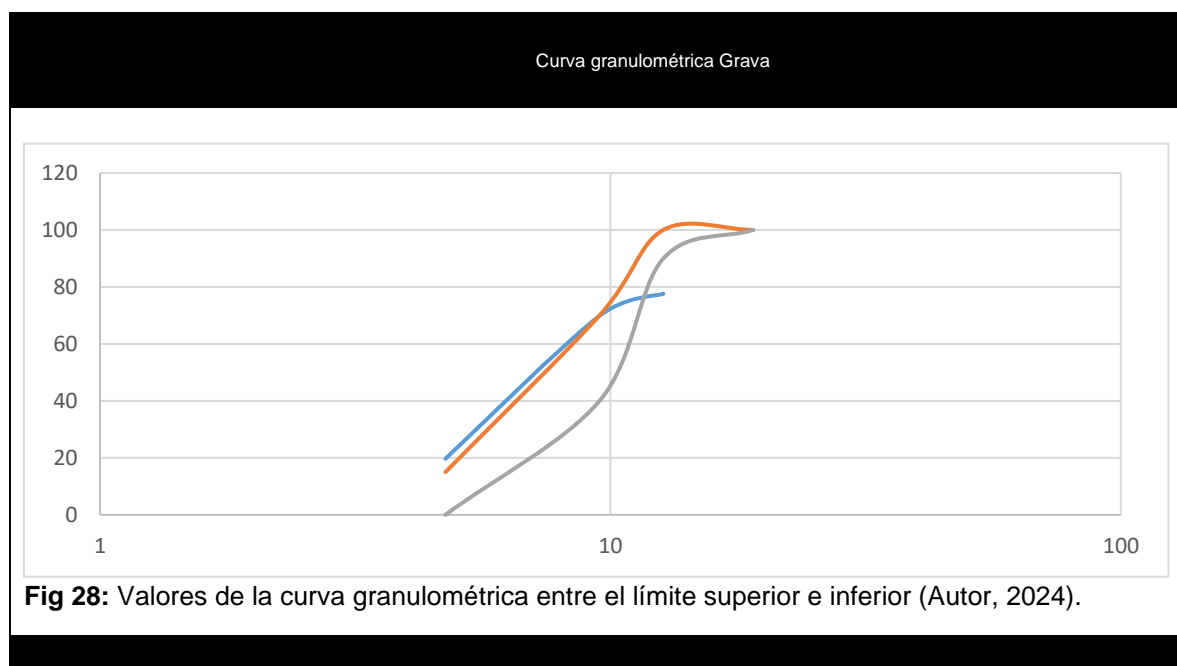


Fig 28: Valores de la curva granulométrica entre el límite superior e inferior (Autor, 2024).

Fuente: (Autor, 2024).

Se observa que el 77.61 % de pasante de la grava con un TNM de 12.7 mm, esta fuera de la curva del límite superior de agregados gruesos, por lo que se usará el método de optimización de Fuller.

Procedimiento para obtener el % de pasante y ancho de tamiz de la arena para obtener la granulometría de la arena

Se selecciona 16 kg de arena, se coloca sobre una bandeja de aluminio, se mezcla y luego se divide en 4 partes, se selecciona el primer y tercer cuadrante, se repite el proceso hasta descartar 12 kg. La arena deberá estar lavada, seca y con un reposo de 24 horas, se selecciona 4 kg de material que pasara por la tamizadora, Figura 29, se pesa la cantidad retenida por cada tamiz, se recopilan los datos, Tabla 10 y se obtiene la curva, Tabla 11.



Fig 29: Tamizadora de Arena
Fuente: (Autor, 2024).

Se observa el tamiz # 16 con un porcentaje de pasante del 33.45 de arena



Fig 30: % de Arena retenida en el tamiz

Fuente: (Autor, 2024).

El peso retenido de cada tamiz sirve para calcular mediante fórmulas algebraicas el peso retenido acumulado, % retenido acumulado, % de pasante, límite superior e inferior. Tabla 26

Tabla 10: Matriz de resultado de la Granulometría de la Arena

Granulometría Arena							
N° Tamiz	Ancho mm	Ret Peso	Retenido acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasante	Especificaciones de la norma	
						límite superior	límite inferior
3/8"	9,52	0	0		100	100	100
#4	4,76	14,1	14,1	2,06%	97,94	95	100
#8	2,38	80,6	94,7	13,85%	86,15	90	100
#16	1,19	134	228,7	33,45%	66,55	50	85
#30	0,58	168,2	396,9	58,05%	41,95	25	60
#50	0,3	168,3	565,2	82,66%	17,34	5	30
#100	0,15	97,6	662,8	96,94%	3,06	0	10
#200	0,075	18,6	681,4	99,66%	0,34	0	3
Fondo		0,6	682	99,75%	0,25		

Fuente: (Autor, 2024).

Tabla 11: Curva granulométrica de la arena

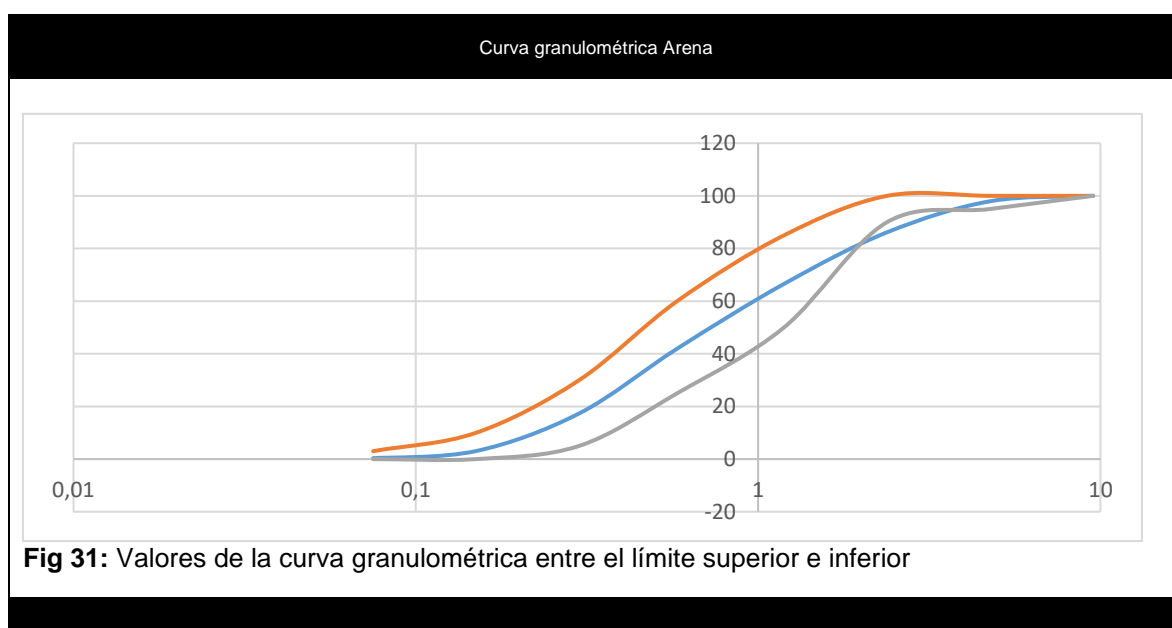


Fig 31: Valores de la curva granulométrica entre el límite superior e inferior

Fuente: (Autor, 2024).

Se observa que el 97.94 % de pasante de la arena con un TNM de 4.76 mm, está fuera de la curva del límite superior de agregados gruesos, por lo que se usará el método de optimización de Fuller.

b. Cálculo de coeficientes para % de Arena y % de Grava.

Para calcular la relación de agregados para dos materiales se tomará en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso 3/8 y del agregado fino #4, hasta el pasante número 4 con 19,67 % de pasante y del número 200 del árido fino con un 0.1734 % de pasante. Tabla 26. Se

obtiene una relación entre curva de la mezcla de Fuller, Tabla 27. Y los coeficientes para él % de Arena y el % de Grava para dos agregados es de 49 % de grava y 51 % de arena. Tabla 12.

Tabla 12: Porcentaje de pasantes de grava y arena para calcular la cantidad de agregados.

N° Tamiz	Ancho mm	Coeficiente		Mezcla Fuller
		0,49 % Grava	0,51 % Arena	
3"	76,2	100,00	100,00	100
2, 1/2"	63,5	100,00	100,00	100
2"	50,8	100,00	100,00	100
1, 1/2"	38,1	100,00	100,00	100
1"	25,4	100,00	100,00	100
3/4"	19,05	100,00	100,00	100
1/2"	12,7	100,00	100,00	100
3/8"	9,52	69,85	100,00	85,2265
#4	4,75	19,67	97,94	59,5877
#8	2,38	0,00	86,15	43,9365
#16	1,19	0,00	66,55	33,9405
#30	0,58	0,00	41,95	21,3945
#50	0,3	0,00	17,34	8,8434
#100	0,15	0,00	3,06	1,5606
#200	0,075	0,00	0,34	0,1734
Fondo	-----	-----	-----	-----

Fuente: (Autor, 2024).

Se utilizará el método de Fuller ya que la curva granulométrica de la arena. Tabla 11 y grava. Tabla 9, obtenidas en el laboratorio de suelos mediante el análisis de caracterización de materiales, no cumple con los requisitos para diseñar por el método ACI 211.

c. Diseño de mezcla a través del método de Fuller

Con los datos obtenidos de la caracterización de agregados se utiliza la curva de Fuller para encontrar la relación de los agregados y comenzar con el diseño de mezcla.

Tabla 13: Porcentaje de dosificación mediante la curva de Fuller para dos agregados

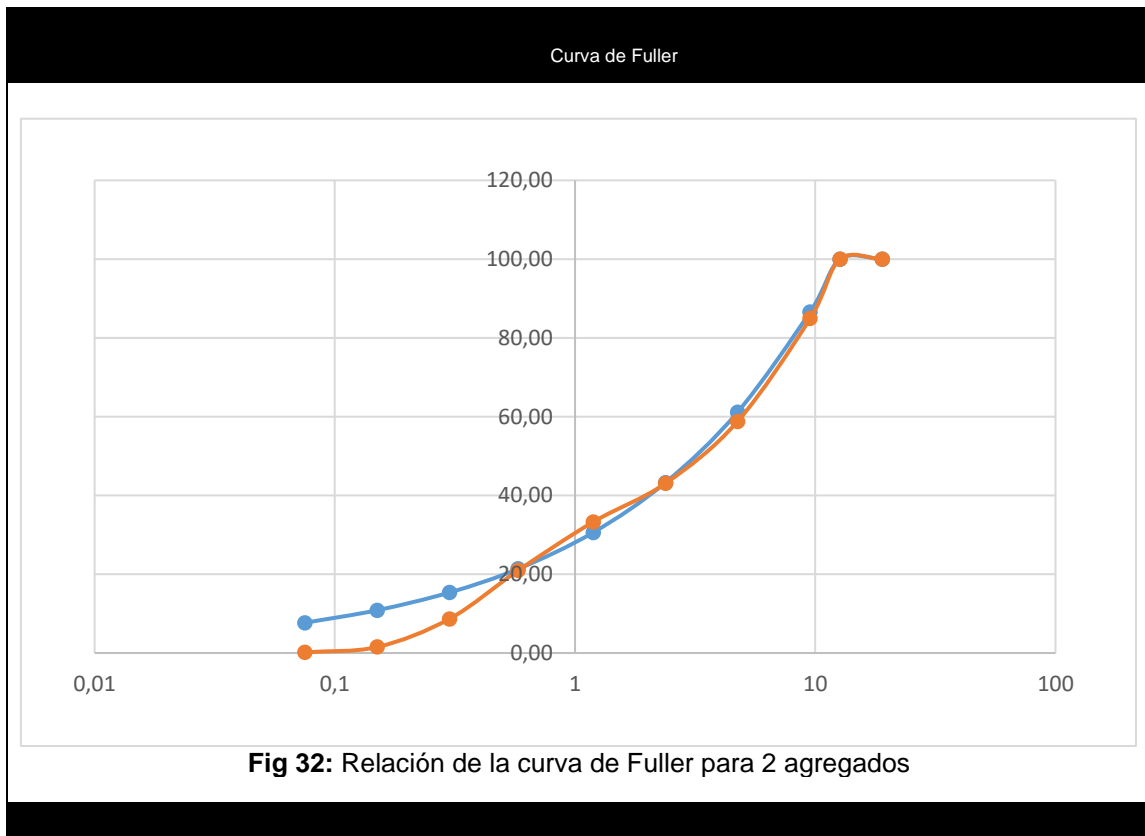


Fig 32: Relación de la curva de Fuller para 2 agregados

Fuente (Autor, 2024).

La curva de Fuller nos da como resultado una relación 0.49, (49 %) de arena y 0.51, (51 %) de grava, ya que esta relación es la que más se alinea a la relación de la curva rectora, con esta relación podremos calcular la resistencia promedio, contenido de aire atrapado, cálculo del contenido de agua, cantidad de agua según el TNM, Calculo relación agua/cemento, cálculo de la dosificación del cemento, cálculo del volumen de agregados en estado húmedo y seco, calculo por corrección de agua, hasta obtener la cantidad de materiales para 1kg/m³ de concreto y finalmente las dosificaciones para los cilindros de prueba, una vez obtenido los resultados de la ruptura de los cilindros se conocerá la resistencia que tendrán los bloques a los 28 días sin residuos plásticos.

d. Resistencia promedio

Se busca un bloque que cumpla con una resistencia de 3.5 a 5 Mpa, para ello se plantea una resistencia de 45 kg/cm² que será suficiente para cumplir con la resistencia requerida para un bloque no estructural, tipo B considerando que se reemplazará el 10, 15, 20, 25 y 30 % del agregado grueso por plástico PP, disminuyendo o aumentando la resistencia mínima de 3,5 Mpa.

Tabla 14: Tabla del factor de seguridad para diferentes tipos de resistencias, se suma el factor de 70 kg/cm² para hormigones menores a 210 kg/cm², se diseña el hormigón para un f_c 45 kg/cm²

Resistencia promedio					
	Resistencia	F'cr kg/cm ²	Resistencia a diseñar	Factor	F'cr
<	210	70	45	70	115
=	210 - 350	84	210	84	294
>	350	98	350	98	448

Fuente: (Autor, 2024).

Finalmente se diseñará un hormigón con un F'_{cr} de 115 kg/cm² = 45 kg/cm² + 70 kg/cm².

e. Contenido de aire atrapado según el TNM, AG.

Tabla 15: Porcentaje de aire atrapado según TNM, AG

TMN del A.G.	Ancho mm	aire atrapado (%)
3/8	9,52	3,00%
1/2	12,7	2,50%
3/4	19,05	2,00%
1	25,4	1,50%
1 1/2	38,1	1,00%
2	50,8	0,50%
3	76,2	0,30%
6	150	0,20%

Fuente: (Autor, 2024).

El contenido de aire atrapado para un TNM de 9.52 mm es del 3.00 %.

f. Cálculo del contenido de agua

Tabla 16: Porcentaje de aire atrapado según TNM, AG

Asentamiento "	Agua en lts/m ³ , para TMN agregadosy consistencia indicadas							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
Concreto sin aire atrapado								
1" a 2 "	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4 "	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7 "	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire atrapado								
1" a 2 "	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4 "	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7 "	216	205	187	184	1774	166	154	---

Fuente: (Autor, 2024).

g. Cantidad de agua según el TNM con un asentamiento de 1" a 2"

Tabla 17: Cantidad de agua para 175 litros de concreto con aire atrapado

Contenido de Agua			
Asentamiento	TNM		Con aire
1" a 2 "	1/2	=	175
			Sin aire
			199

Fuente: (Autor, 2024).

h. Cálculo relación agua / cemento

Para calcular la cantidad de agua que se utilizará en este caso para un $f'c$ de 115 kg/cm² de resistencia, se utilizará el factor 0.71 de relación agua/cemento, del diseño de Fuller, para obtener la cantidad de cemento. Tabla 18, para concreto sin aire atrapado. La mezcla del mortero para el bloque debe contener una relación agua/cemento menor a la relación agua/cemento del cilindro, debido a los resultados obtenidos en el laboratorio. Tabla 13.

Tabla 18: Relación de H₂O para 246.47 kg de cemento

Relación H ₂ O / CEMENTO		
Cantidad de H ₂ O a utilizar		Factor
H ₂ O	175 lts	0,71
A / C		0,71
F'cr	115 kg/cm ²	
Cantidad de cemento		246,47

Fuente: (Autor, 2024).

El asentamiento para la mezcla del bloque debe ser menor a la de los cilindros, como si se tratara de una capa asfáltica, debido al desmolde instantáneo. Por ello, se redujo la cantidad de H₂O para ½ del TNM del agregado, diseñado en el laboratorio. Con una cantidad de 199 lts para concreto sin aire atrapado a 175 lts para concreto sin aire atrapado.

i. Cálculo de dosificación m³ de cemento y H₂O

Para calcular la dosificación por m³ del cemento y H₂O, se debe dividir para el factor de densidad, en este caso, para el cemento se multiplica por un factor de 2900 y para el agua de 1000. Tabla 19.

Tabla 19: Dosificaciones para 1 metro cúbico de volumen

Dosificación por m ³			
V Cemento	=	246,4788732 kg/m ³	0,084992715 m ³
V H ₂ O	=	175 kg/m ³	0,175 m ³
V Aire	=	-----	-----

Fuente: (Autor, 2024).

Para un 1 m³ de concreto se necesita, 246.47 kg/m³ de cemento o 0.08499 m³ de volumen y 175 kg/m³ o 0.175 m³ de volumen de H₂O. Tabla 19.

j. Cálculo volumen de agregados

Para calcular el volumen de agregados. Tabla 19. Se resta el m³ del cemento y H₂O para el de los dos agregados, luego se calcula con el factor de relación de la curva de Fuller. Tabla 13. Se obtiene la relación de los agregados. Tabla 20, de la curva de Fuller, 0.51 **AF** y 0.49 **AG**.

Tabla 20: Cantidad de m³ de agregados para 1 m³ de concreto

Volumen		Dosificación para 1 m ³	Relación
Agregados	=	0,73 m ³	1.00
Arena	=	0,37 m ³	0.51
Grava	=	0,35 m ³	0.49

Fuente: (Autor, 2024).

Para 1m³ de volumen de concreto se necesita 0.3723 m³ de arena y 0.357703 m³ de grava.

k. Cálculo de kg/m³ de agregado en estado húmedo

Para obtener la cantidad de kg/m³ de agregado se multiplica el vol. de arena y grava. Tabla 21, por la densidad del material obtenido en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca, Anexo 3, de Arena en estado SSS = (2440) y de Grava en estado SSS (2670).

Tabla 21: Agregado en estado húmedo

Agregado en estado húmedo	
Agregado SSS	
Wsss arena	854
Wsss grava	934,5

Fuente: (Autor, 2024).

Para 1 m³ de concreto se necesita 854 kg/m³ de arena y 934,5 kg/m³ de grava. Tabla 21.

l. Cálculo de kg/m³ de agregado en estado seco

Tabla 22: Ws de agregados seco kg/m³

Agregado en estado seco	
Ws arena	818,4780525
Ws grava	911,2627986

Fuente: (Autor, 2024).

Para calcular el peso del agregado en estado seco se divide el factor de cada agregado en estado húmedo. Tabla 34. Sobre 1 (+ % Wa de arena 4.34 / 100) y (+ % Wa grava 2.53 / 100), se obtiene 818.47 kg/m³ de arena y 911.26 kg/m³ de grava.

m. Cálculo de lts para el concreto por corrección de H₂O

Tabla 23: Corrección para determinar la cantidad de H₂O

Corrección por H ₂ O	
Arena	-16,3114
Grava	-48,23439068

Fuente: (Autor, 2024).

Para calcular la corrección por H₂O de los agregados se debe multiplicar el (Wss arena) y (Wss grava). Tabla 21. $(x \% W_a \text{ arena}, 4.34 - \% \text{ humedad arena}, 6.25) / (100)$ y $(x \% W_a \text{ grava}, 2.55 - \% \text{ humedad de la grava}, 7.84) / (100)$, Tabla 22. Se resta la cantidad de corrección de H₂O, Tabla 23 por corrección de cada agregado en estado seco, Tabla 22. Para la cantidad de H₂O se crea una sumatoria de corrección por H₂O de los agregados, Tabla 24. + el H₂O calculada en la Tabla 19 y se obtiene las dosificaciones para 1kg/m³. Tabla 24.

n. Cantidad de materiales para 1kg/m³ de concreto, por corrección de H₂O

Tabla 24: Resumen de dosificaciones

Dosificaciones para 1 kg/m ³ de concreto	
H ₂ O	110,4542093
Cemento	246,4788732
Arena	834,7894525
Grava	959,4971893
Total	2151,219724

Fuente: (Autor, 2024)

o. Dosificaciones por corrección de H₂O

Tabla 25: Dosificaciones de varias relaciones por corrección de agua

Con corrección por H ₂ O					
	1 kg/m ³ corregido	V cilindro (m ³)	sacos 50 kg	Unidad d	V bloque (m ³) 0,0079
H ₂ O	110,4542093	0,110454209	2,20908419	0,44812851	0,872588254
Cemento	246,4788732	0,084992715	4,92957746	1	1,947183099
Grava	959,4971893	0,359362243	19,1899438	3,89281717	7,580027796
Arena	834,7894525	0,342126825	16,6957891	3,38686006	6,594836675
Aire	-----	-----	-----	-----	-----
Densidad de la mezcla	2151,219724				

Fuente: (Autor, 2024)

Se obtiene la tabla de dosificaciones para 1 kg/m³, probetas cilíndricas, para 50 kg por saco de cemento, y 1 bloque de concreto. Finalmente se creará un mortero con una resistencia F'c de 115 kg/cm² cuya resistencia al final de las pruebas cumpla con el mínimo establecido por la norma, este mortero proviene de la matriz de dosificaciones por corrección de H₂O. Tabla 25.

3.3 Elaboración de los cilindros de concreto, resistencia $f'c = 45 + 70 = 115 \text{ kg/cm}^2$

Se fundirán 6 cilindros de 15 cm de ancho * 30 cm de alto.



Fig 33: Preparación de los cilindros

Fuente: Autor (2024)



Fig 34: Cilindros aceitados

Fuente: Autor (2024)



Fig 35: Preparación de la mezcla

Fuente: Autor (2024).



Fig 36: Prueba de Asentamiento

Fuente: Autor (2024).



Fig 37: Desencofrado de los cilindros

Fuente: Autor (2024).



Fig 38: Asentamiento 6 cm

Fuente: Autor (2024).



Fig 39: Cilindro de prueba 24 hrs

Fuente: Autor (2024).



Fig 40: Prueba a compresión 7 días

Fuente: Autor (2024).



Fig 41: F'c 4 días 37.3 Kg/cm²

Fuente: Autor (2024).



Fig 42: Cilindro 1 a compresión

Fuente: Autor (2024).



Fig 43: Cilindro 2 a compresión

Fuente: Autor (2024).



Fig 44: F'c 4 días 42.1 Kg/cm²

Fuente: Autor (2024).

3.3.1 Pruebas a compresión de cilindros de hormigón

Se realizaron 6 cilindros para la prueba de ruptura, debido a factores externos un cilindro no pudo someterse a pruebas de compresión, la dosificación para los cilindros está compuesta de 1 **C**: 3.8 **G**: 3.3 **A**: 0.4 **H₂O**, se recomienda no colocar toda la cantidad de agua, sino colocarla por pequeñas dosificaciones debido a factores climáticos y externos al cálculo.

Tabla 26: Resultados de las pruebas a compresión de los cilindros de hormigón

N ^o	15 * 30 cm		Peso Kg	Área cm ²	Vol. cm ³	P. vol. gr/cm ³	Fecha		Edad Ensayo días	Carga kg	Resistencia Kg/ cm ²	Nomen clatura
	D.	H.					Confec ción	Rotura				
1	14.90-30.05		12.12	1755.36	5303.64	2.2856915	12-12-24	19-12-24	7	7950	42.1	1:3.8:3.3
2	14.93-30.01		13.27	1757.73	5849.44	2.2700428	12-12-24	19-12-24	7	6590	37.3	1:3.8:3.3
3	14.91-30.00		13.31	1759.12	5301.65	2.2865486	12-12-24	26-12-24	14	10600	60.0	1:3.8:3.3
4	15.08-31.00		13.40	1764.32	5849.44	2.2700428	12-12-24	26-12-24	14	9260	52.4	1:3.8:3.3
5	15.15-31.30		13.42	1850.26	5520.12	2.1960565	12-12-24	09-01-25	28	11300	62.7	1:3.8:3.3
6	14.98-30.02		-----	-----	-----	-----	12-12-24	09-01-25	28	-----	-----	1:3.8:3.3

Fuente: (Autor, 2024).

Los cilindros ensayados superan la resistencia mínima de 3.5 Mpa y los 4.5 Mpa según el diseño, y no superan la resistencia máxima de 5 Mpa, el promedio de resistencia es de 51 Kg/cm², se espera que con la sustitución del agregado plástico se pueda llegar a la resistencia mínima deseada para el bloque de mampostería no estructural según la norma NTE INEN 3066, por lo que se pueden elaborar los bloques de manera artesanal con el diseño de mezcla propuesto para realizar las pruebas con la sustitución del plástico.

3.4 Elaboración del bloque.

Se trabaja con el cemento tipo 1 o GU, para construcción en general. Se debe utilizar cuando no se requieren uno o más de los tipos especiales, según la Normativa 2380:2011 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2016). El tamaño de los agregados cuyo TNM es de 9.75mm grava y 0.3 mm arena. Los datos de los tamaños de agregados hechos por el diseño de mezcla a través del método de Fuller se obtuvieron en el laboratorio de El CIITT. Se necesita 0.0079 m³ de volumen para un bloque de concreto de 40*20*20 cm.

3.4.1 Dosificaciones para un bloque de concreto por corrección de agua

Tabla 27: Diseño de mezcla para bloques de concreto

Dosificación para 0.0079 m ³	
Agua	0,872882
Cemento	1,9471831
Grava	7,5800278
Arena	6,5948366
Aire	0,0000001

Dosificación para 1 bloque de concreto

Fuente: (Autor, 2024).

3.4.2 Dosificaciones para un bloque de concreto con un 0.03 % de desperdicio

Se diseña con el 0.03 % debido a desperdicios por condiciones climáticas, factores externos, etc.

Tabla 28: Diseño de mezcla para bloques de concreto

Dosificación para 1 bloque de concreto	
Agua	0,9
Cemento	2.1
Grava	8.0
Arena	7.0
Aire	0.0

Dosificación para 0.0079 m³

Fuente: (Autor, 2024).

3.4.3 Cantidad de plástico por bloque

Se realiza una cuantificación de la sustitución de plástico por grava, obteniendo la cantidad de plástico que remplazara a la grava en 1 y en 3 bloques

Tabla 29: Resumen % de dosificaciones para 8 kg de grava en 1 y 3 bloques.

Sustitución del agregado grueso por plástico													
Dosificación Grava		%	de dosificación	Plástico	=	Total, de Plástico para 8 kg	Cantidad	Peso de Grava + Plástico					
								Grava 1B	Plástico 1B	Total, 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total, 3B
8	kg	+	00%	=	0,0	Kg	2	8,0	0,0	8	24,0	0,0	24
8	kg	+	10%	=	0,8	Kg	2	7,2	0,8	8	21,6	2,4	24
8	kg	+	15%	=	1,2	Kg	2	6,8	1,2	8	20,4	3,6	24
8	kg	+	20%	=	1,6	Kg	2	6,4	1,6	8	19,2	4,8	24
8	kg	+	25%	=	2,0	Kg	2	6,0	2,0	8	18,0	6,0	24
8	kg	+	30%	=	2,4	Kg	2	5,6	2,4	8	16,8	7,2	24

Fuente: (Autor, 2024).

3.4.4 Molde para bloque 3 alveolos

Existe una gran variedad de moldes de diferentes materiales y características, los más usados son los de metal. También existen moldes de madera, aluminio, entre otros.

Se tomará en cuenta las medidas que recomienda la norma NTE INEN 3066 (2016) para la medida del bloque, con base en la norma se detallarán todos los componentes necesarios para la creación del molde, el diseño será el que dicta la norma, sin embargo, se pueden crear diferentes diseños que cumplan con los parámetros de largo ancho largo y grosor del tabique. Se recomienda como continuación de la investigación la creación de nuevos prototipos y moldes que aporten al avance de los materiales de construcción.



Fig 45: Molde Bloques Manual

Fuente: Autor (2024). Tabiques

3.4.5 Fabricación.

Las dosificaciones del diseño de mezcla se multiplican por un % de desperdicio de 0.03 %.
Tabla 28. El plástico se calcula por proporciones como reemplazo de la grava. Tabla 29.

Trituradora de plástico Eléctrica



Fig 46: Preparación del mortero

Fuente: Autor (2024).

Mortero 30 % de plástico



Fig 47: Plásticos triturados en el laboratorio U. Católica

Fuente: Autor (2024).

Vaciado del mortero hacia el molde



Fig 48: Compactación

Fuente: Autor (2024).

Compactación manual de 3 a 5 veces



Fig 49: Mezclado y Vaciado

Fuente: Autor (2024).

Para desmoldar el bloque, se debe engrasar el molde, con aceite quemado, desmoldante, entre otros. Si el molde no se encuentra lubricado correctamente, el bloque sufre roturas en sus esquinas que pueden debilitar su resistencia. El curado se lo hace en un lapso de 28 días, por tiempos de entrega y acceso hacia el laboratorio, se romperán los primeros bloques a la edad de 14 días,

Desmolde en 2 pasos



Fig 51: Desmoldado

Fuente: Autor (2024).

Bloque dosificación 30 %



Fig 53: Prototipos

Fuente: Autor (2024).

Curado al aire libre



Fig 50: Curado

Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava TNM 3/8

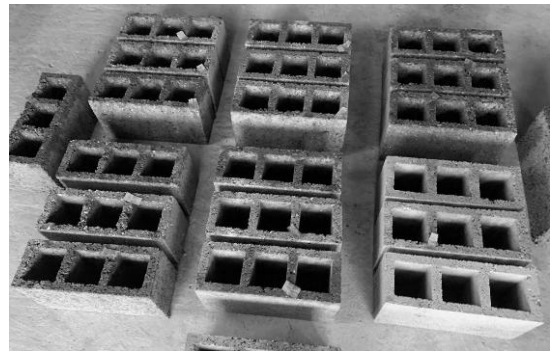


Fig 52: Resultados

Fuente: Autor (2024).

3.5 Análisis de Impacto ambiental en el proceso de producción del bloque.

En un estudio de Coria (2008) se seleccionó la matriz de Leopold como herramienta para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la producción de bloques de hormigón. La matriz de Leopold se utiliza para evaluar las interacciones entre las acciones del proyecto y los factores ambientales en tres fases clave:

Fase 1: Fabricación e Implementación, que incluye la producción de los bloques; Fase 2: Curado y Almacenamiento, de los bloques; y Fase 3: Transporte, de los bloques. Los impactos se evalúan en los ámbitos biótico, abiótico, y socioeconómico, lo que permite identificar los posibles efectos ambientales y sociales del proyecto. Se seleccionaron los ámbitos y componentes que se relacionan directamente con la producción del bloque, se califica con 0 o 1 si existe una posible interacción entre el componente y la acción de cada código, A1, A2, A3, A5, A6, A7 y A9. Tabla 30.

Tabla 30: Matriz de Interacciones

MATRIZ DE INTERACCIONES Importancia (Positivo+ / Negativo -)			FASE I: FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN				FASE II: CURADO Y ALMACENAMIENTO				FASE III: TRANSPORTE	
			ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	PREPARACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN	FABRICACIÓN Y COMPACTACIÓN	TOTAL	TRANSPORTE Y TRASLADO	SECADO Y CURADO	ALMACENAMIENTO	TOTAL	DESPACHO	TOTAL
ÁMBITO	COMPONENTE	CÓDIGO										
ABIÓTICO	Aire	PM	P04	0	1	0	1	0	0	0	0	0
		Ruido	P05	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	Agua	Cantidad	P14	0	3	0	3	0	1	0	0	
BIÓTICO	Flora	Cobertura vegetal	P17	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOCIO ECONÓMICO	Económico	Generación de empleo	P21	1	1	1	3	1	1	1	3	1
		Cambio en el valor de la tierra	P22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Social	Uso de suelo	P24	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (Autor, 2024).

Todos los efectos que interactúan directamente con el ambiente son leves. Tabla 30.

Tabla 31: Matriz de extensión

MATRIZ DE INTERACCIONES Importancia (Positivo+ / Negativo -)			FASE I: FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN				FASE II: CURADO Y ALMACENAMIENTO				FASE III: TRANSPORTE	
			ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	PREPARACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN	FABRICACIÓN Y COMPACTACIÓN	TOTAL	TRANSPORTE Y TRASLADO	SECADO Y CURADO	ALMACENAMIENTO	TOTAL	DESPACHO	TOTAL
ÁMBITO	COMPONENTE	CÓDIGO										
ABIÓTICO	Aire	PM	P04	2	2	1	5	0	0	1	1	1
		Ruido	P05	2	2	3	7	0	0	0	0	1
	Agua	Cantidad	P14	0	6	1	7	0	3	0	3	0
BIÓTICO	Flora	Cobertura vegetal	P17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOCIO ECONÓMICO	Económico	Generación de empleo	P21	7	7	7	21	5	5	4	14	7
		Cambio en el valor de la tierra	P22	5	0	0	5	0	0	0	0	0
	Social	Uso de suelo	P24	0	0	1	1	2	2	4	8	0

Fuente: (Autor, 2024).

Se califica del 1 al 10 dependiendo de la extensión hacia el espacio, en este caso la cantidad de agua ocupa una extensión de 3 por lo que el desperdicio se da en la preparación de la mezcla por factores externos y climáticos, el desperdicio no se da en el desplazamiento del líquido hacia diferentes lugares. Tabla 31.

Tabla 32: Matriz de incidencia

MATRIZ DE INTERACCIONES Importancia (Positivo+ / Negativo -)			FASE I: FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN				FASE II: CURADO Y ALMACENAMIENTO				FASE III: TRANSPORTE		
			ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	PREPARACION DE LA DOSIFICACION	FABRICACION Y COMPACTACION	TOTAL	TRANSPORTE Y TRASLADO	SECADO Y CURADO	ALMACENAMIENTO	TOTAL	DESPACHO	TOTAL	
ÁMBITO	COMPONENTE	CÓDIGO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
ABIÓTICO	Aire	PM	P04	2	2	2	6	2	0	1	3	2	2
		Ruido	P05	4	4	4	12	3	1	2	6	2	2
	Agua	Cantidad	P14	3	3	3	9	0	0	0	0	0	
BIÓTICO	Flora	Cobertura vegetal	P17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOCIO ECONÓMICO	Económico	Generación de empleo	P21	7	7	7	21	7	7	7	21	7	7
		Cambio en el valor de la tierra	P22	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0
	Social	Uso de suelo	P24	6	4	2	12	3	3	6	12	1	1

Fuente: (Autor, 2024).

Se califica del 1 al 10 si el impacto es fuerte o leve hacia el espacio, existen incidencias leves. Tabla 32.

Se identifican los resultados de mayor calificación, negativos y positivos, En cuanto a generación de empleo el resultado es mayor, un aporte positivo, mientras que el valor en el componente de Ruido y Cantidad de agua se consideran negativos por su incidencia al contexto, siendo de impacto leve si es menor a 50, medio 70 y fuerte de 70 a 100. Tabla 33.

Tabla 33: Matriz resultado de impactos

MATRIZ DE INTERACCIONES Importancia (Positivo+ / Negativo -)			FASE I: FABRICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN				FASE II: CURADO Y ALMACENAMIENTO				FASE III: TRANSPORTE		
			ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	PREPARACION DE LA DOSIFICACION	FABRICACION Y COMPACTACION	TOTAL	TRANSPORTE Y TRASLADO	SECADO Y CURADO	ALMACENAMIENTO	TOTAL	DESPACHO	TOTAL	
ÁMBITO	COMPONENTE	CÓDIGO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
ABIÓTICO	Aire	PM	P04	0	4	2	6	0	0	0	0	0	0
		Ruido	P05	0	0	36	36	0	0	0	0	0	0
	Agua	Cantidad	P14	0	54	3	54	0	0	0	0	0	
BIÓTICO	Flora	Cobertura vegetal	P17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOCIO ECONÓMICO	Económico	Generación de empleo	P21	49	49	343	441	35	35	28	98	49	49
		Cambio en el valor de la tierra	P22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Social	Uso de suelo	P24	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (Autor, 2024).

3.5.1 Análisis de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

El resultado de la Evaluación de Impacto Ambiental, realizada mediante la matriz de Leopold para identificar acciones, factores e impactos en el proceso de fabricación del bloque, revela que los principales impactos ambientales a solucionar están relacionados con la producción de ruido y el consumo de agua. La generación de ruido se considera una afección leve, con una maquina aislada y alejada, lo que reduce significativamente el impacto en el entorno cercano. Este problema puede resolverse mediante la implementación de cuartos de aislamiento acústico. En cuanto al consumo de agua, que representa una afección moderada debido a los requerimientos del proceso, se recomienda reducir el impacto a través de dosificaciones controladas o el uso de tanques de almacenamiento listos para su uso.

3.5.2 Solución

Para el exceso de ruido, tabla No 10; Se propone la creación de cuartos o cámaras de aislamiento acústico que guarden los decibeles emitidos por la fabricación del bloque y para el ahorro de agua, tabla No 10; Se propone la creación de una torre de agua que racionalice las porciones de agua para la producción de bloques de hormigón.



Fig 54: Aislamiento acústico

Fuente: Detalles de construcción de muros hormigón (Istockphoto, 2024).

Recuperadode<https://shorturl.at/RVpB>



Fig 55: Torre de agua

Fuente: Torres metálicas para tanques de agua – modulares (Maschiwitz, 2024).

Recuperado de <https://surl.li/axrfmi>

3.6 Análisis de energía incorporada

Según Urgilés (2017)

“En la etapa de fabricación de materiales existe diversas formas de consumo de energía y combustibles y, por tanto, significativas emisiones de CO₂; cualquier proceso o mejora en términos energéticos, reducirían significativamente el perfil ambiental de cualquier producto. La creación de políticas que fomenten la difusión de declaraciones medio ambientales es una forma de cultura y organización en el sector de la industria. De ahí que, es necesario

iniciar con estas acciones a nivel país. El análisis de los flujos materiales, energéticos y contaminantes, se aplican para evaluar los impactos ambientales de los bloques. La energía incorporada y emisiones de CO₂, considerando los tipos de bloque de 15cm, oscilan entre: 26.33 MJ/bloque - 2.09 kgCO₂/bloque (pómez); 17.40 MJ/bloque – 1.52 kgCO₂/bloque (mixto); 12.33 MJ/ bloque - 1.20 kgCO₂/bloque (hormigón). Para los tipos de bloque de 10cm, se obtuvo: 19.43 MJ/bloque – 1.59 kgCO₂/bloque (pómez); 12.45 MJ/bloque - 1.11 MJ/bloque (mixto); 8.34 MJ/bloque – 0.83 kgCO₂/bloque (hormigón). (p.13)

Este análisis muestra cómo el tipo y tamaño de los bloques de construcción influyen en su consumo energético y emisiones de CO₂, destacando las diferencias entre bloques de pómez, mixto y hormigón. Estas variaciones son importantes para el sector de la construcción, ya que permiten identificar opciones más sostenibles, como el uso de bloques de hormigón, que presentan menor impacto ambiental en términos de energía incorporada y emisiones. Con esta información, se pueden orientar políticas y prácticas de fabricación hacia una mayor eficiencia energética y una reducción del perfil ambiental, promoviendo una industria de la construcción más sostenible. Mediante el resultado a compresión se identifica que el bloque de 15 y 20 % cumple con los requerimientos de la norma técnica ecuatoriana, por lo que servirán para realizar el análisis de los bloques del mercado vs los bloques prototipos

3.6.1 Análisis de energía incorporada para los bloques con el 15 y 20 % del agregado plástico y el bloque mercado

Según Urgilés, en su estudio del Inventario del ciclo de vida para la determinación de la energía incorporada y las emisiones de CO₂ en el proceso de elaboración del bloque en una fábrica de Cuenca-Ecuador, el bloque de hormigón tiene una energía incorporada de 8.34 MJ/bloque

Tabla 34: Calculo de energía incorporada de los bloques prototipos

Material	Energía Incorporada (MJ/kg)	Cantidad (kg)	Total (MJ)
Cemento	1.6	2.1	3.36
Arena	0.01	7.0	0.6
Grava	0.01	8.0	1.4
Polipropileno 10 %	0.355	0.8	0.28
Polipropileno 15 %	0.355	1.2	0.43
Polipropileno 20 %	0.355	1.6	0.57
Polipropileno 25 %	0.355	2.0	0.71
Polipropileno 30 %	0.355	2.4	0.85
Agua	0	0.79	0
Total, Bloque Tradicional			
Total, Bloque 10% Plástico			5.64
Total, Bloque 15% Plástico			5.79
Total, Bloque 20% Plástico			5.93
Total, Bloque 25% Plástico			6.07
Total, Bloque 30% Plástico			6.21

Figura: (Autor, 2024).

Se analizan los bloques del 10%, 15 % y 20 % por ciento ya que cumplen con la resistencia mínima para su producción, los bloques restantes se descartan para el análisis.

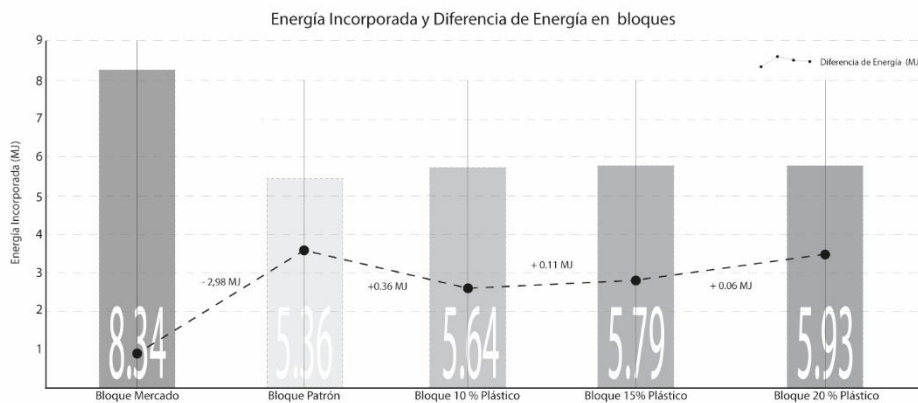


Fig 56: Gráfico de energía Incorporada por bloque

Fuente: Autor (2024)

Los bloques del 10 %, 15 % y 20 % superan la energía incorporada del bloque patrón, sin embargo, su energía es menor a la del bloque mercado de la Ciudad de Cuenca.

El bloque mercado tiene una diferencia de 2.98 MJ a la del bloque patrón o del 0% de agregado plástico, por lo tanto, el bloque fabricado mediante el diseño de mezcla. Tabla 28. Ayuda a disminuir la energía incorporada, mientras que los bloques con agregado plástico, aumenta su energía incorporada mientras más residuos plásticos se adicionen por el reemplazo de grava, sin embargo, no sobrepasa la del bloque mercado, por lo tanto, es una alternativa viable para su producción.

3.6.2 Análisis reducción del impacto ambiental

Se elabora un análisis de la disminución de grava y de la energía incorporada en los bloques del 10 %, 15 % y 20 % ya que cumplen con la resistencia requerida según la norma 3066, 2016, para su producción. Los resultados de los bloques del 0 %, 25 % y 30 %, se encuentra en el anexo número 21.

Tabla 35. Resumen del análisis del ahorro de grava por diferentes porcentajes de plástico para la producción de 1000 bloques.

N°	Plástico reciclado	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava utilizada	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H/bloque	\$ ahorrado plástico	\$ ahorrado grava
1	00 %	17280	0	8000	144115.20	833	13.88	0	0
2	10 %	17280	800	7200	46656.00	833	13.88	432	64
3	15 %	17280	1200	6800	44064.00	833	13.88	648	96
4	20 %	17280	1600	6400	41644.80	833	13.88	864	128
5	25 %	17280	2000	6000	39225.60	833	13.88	1080	160
6	30 %	17280	2400	5600	36806.40	833	13.88	1296	192

Fuente: (Autor, 2024)

Se seleccionan los bloques del 10 %, 15 % y 20 % para continuar con el análisis ya que estos cumplen con la resistencia mínima que exige la norma NTE INEN 3066.2016.

Ahorro de Energía Incorporada de la producción mensual

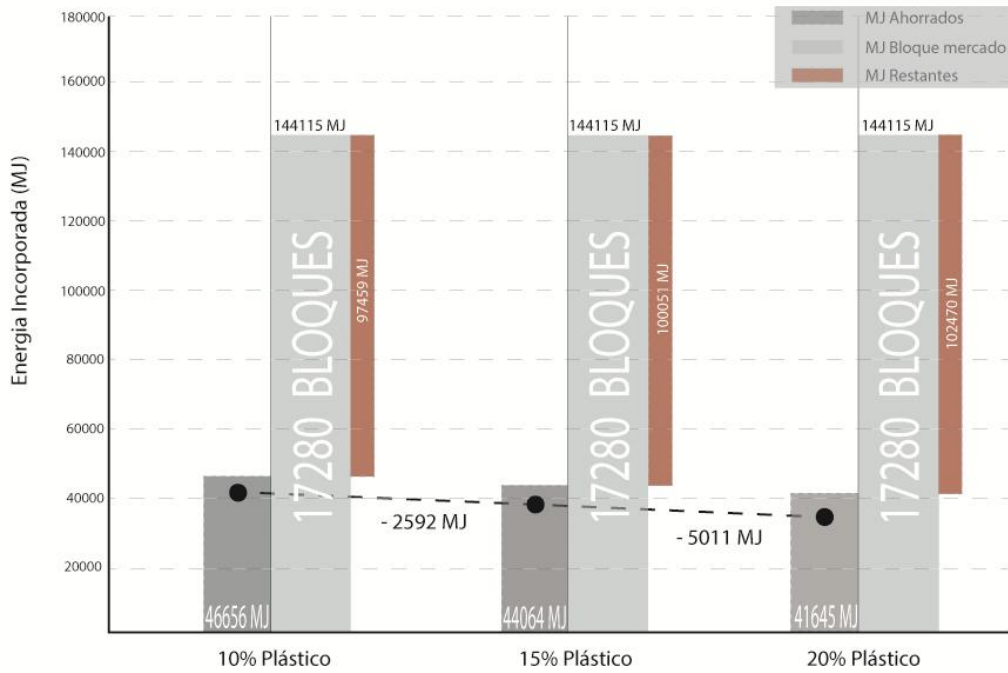


Fig 57: Gráfico de ahorro de energía incorporada al mes

Fuente: Autor (2024)

a. Bloque del 10 %

Representa un ahorro de 0.8 kg de grava de los 8 kg del diseño. Tabla 28. El bloque tiene una resistencia promedio de 5.22 Mpa. También cumple como tipo B de mampostería no estructural. Tiene una diferencia de 0.28 MJ de ahorro de energía frente al bloque patrón o prototipo con el 0% de plástico. 0.8 kg de grava representan 0.8 ctvs., de los 8kg de grava. El bloque del 10 % con una energía incorporada de 5.64 MJ ahorra 2.70 MJ de ahorro de energía incorporada frente a los 8.34 MJ del bloque distribuido en el mercado de Cuenca.

Tabla 36: Precios de la grava

Peso (kg)	V (m3)	Cant para Producir Bloques	Cant	Total \$
8	0.003530726	1	1	0,08 \$
1012.65	1	126.5	1	23.75 \$

Fuente: (Autor, 2024).

Comparación entre el precio de la cantidad de kg utilizados para la elaboración de los bloques de concreto y 8 kg de la dosificación individual de cada bloque:

En 1 bloque del 10 % de plástico, se ahorran 0.8 kg de grava natural y 2.70 MJ de EI.

En 10 bloques del 10 % de plástico, se ahorran 8 kg de grava natural y 27.00 MJ de EI.

En 100 bloques del 10 % de plástico, se ahorran 80 kg de grava natural y 270 MJ de EI.

En 1000 bloques del 10 % de plástico, se ahorran 800 kg de grava natural y 2700 MJ de EI.

Tabla 37: Resultados

Nº	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H / bloque	\$ Grava ahorrado
1	1	0.8	7.2	2.70	0.83	0.0138	0.008
2	10	8	72	27.00	8.3	0.138	0.08
3	100	80	720	270.00	83.3	1.38	0.8
4	1000	800	7200	2700.00	833	13.88	8

Fuente: (Autor, 2024).

Por cada 1000 bloques fabricados en 13.88 h, es decir, 1.73 días laborables, se ahorran 800 kg de plástico y 2980 MJ de EI. En un mes se producen 17280 bloques, por lo que, el ahorro de plástico es de 13824 kg y 46656 MJ de Energía incorporada.

Cada mes se ahorran 13824 kg de plástico, es decir, 13.82 Tn. El kg de plástico en el mercado tiene un valor de, 0.54 ctvs.; por lo que, se ahorrarían 7464 dólares con 96 ctvs.; considerando que el plástico proviene de campañas de recolección.

7200 kg de grava tienen un valor de \$168.86, considerando que 8 m3 de grava tiene un valor de \$180.00.

Por lo tanto, en 1000 bloques se reutilizarán 800 kg de plástico, al mes se reutilizarán 13824 kg de plástico. El ahorro en la obtención del plástico, es igual a 138.24 \$ de árido grueso.

b. Bloque del 15 %:

Representa un ahorro de 1.2 kg de grava de los 8 kg del diseño. Tabla 28. El bloque tiene una resistencia promedio de 3.62 Mpa. También cumple como tipo B de mampostería no estructural. Tiene una diferencia de 0.43 MJ de ahorro de energía frente al bloque patrón o prototipo con el 0% de plástico. 0.8 kg representan 0.8 ctvs, de los 8kg de grava. El bloque del 10 % con una energía incorporada de 5.79 MJ ahorra 2.55 MJ de ahorro de energía incorporada frente a los 8.34 MJ del bloque distribuido en el mercado de Cuenca.

Tabla 38: Precios de la grava

Peso (kg)	V (m3)	Cant para Producir Bloques	Cant	Total \$
8	0.003530726	1	1	0,08 \$
1012.65	1	126.5	1	23.75 \$

Fuente: (Autor, 2024).

Comparación entre el precio de la cantidad de kg utilizados para la elaboración de los bloques de concreto y 8 kg de la dosificación individual de cada bloque:

En 1 bloque del 15 % de plástico, se ahorran 1.2 kg de grava natural y 2.55 MJ de EI.

En 10 bloques del 15 % de plástico, se ahorran 12 kg de grava natural y 25.50 MJ de EI.

En 100 bloques del 15 % de plástico, se ahorran 120 kg de grava natural y 255 MJ de EI.

En 1000 bloques del 15 % de plástico, se ahorran 1200 kg de grava natural y 2550 MJ de EI.

Tabla 39: Resultados

N°	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H / bloque	\$ ahorrado
1	1	1.2	6.8	2.55	0.83	0.0138	0.012
2	10	12	68	25.50	8.3	0.138	0.12
3	100	120	680	255.00	83.3	1.38	1.20
4	1000	1200	6800	2550.00	833	13.88	12

Fuente: (Autor, 2024).

Por cada 1000 bloques fabricados en 13.88 h, es decir, en 1.7 días laborables, se ahorran 1200 kg de plástico. En un mes se producen 17280 bloques, por lo que, el ahorro de plástico, es de 20736 kg y 44.064 MJ de Energía Incorporada,

Cada mes se ahorran 20736 kg de plástico, es decir, 20.73 Tn, el kg de plástico en el mercado tiene un valor de 0.54 ctvs. por lo que se ahorrarían 11197 dólares con 0.44 ctvs., considerando que el plástico proviene de campañas de recolección.

7200 kg de grava tienen un valor de \$168.86, considerando que 8 m³ de grava tiene un valor de \$180.00.

Por lo tanto, en 1000 bloques se reutilizarán 1200 kg de plástico, al mes se reutilizarán 20736 kg de plástico. El ahorro en la obtención del plástico, es igual al 207.36 \$ de árido grueso.

c. Bloque del 20 %:

Representa un ahorro de 1.6 kg de grava de los 8 kg del diseño. Tabla 28. El bloque tiene una resistencia promedio de 3.81 Mpa. También cumple como tipo B de mampostería no estructural. Tiene una diferencia de 0.57 MJ de ahorro de energía frente al bloque patrón o prototipo con el 0% de plástico. 0.8 kg representan 0.8 ctvs., de los 8kg de grava. El bloque del 20 % con una energía incorporada de 5.93 MJ ahorra 2.41 MJ de ahorro de energía incorporada frente a los 8.34 MJ del bloque distribuido en el mercado de Cuenca.

Tabla 40: Precios de la grava

Peso (kg)	V (m3)	Cant para Producir Bloques	Cant	Total \$
8	0.003530726	1	1	0,08 \$
1012.65	1	126.5	1	23.75 \$

Fuente: (Autor, 2024).

Comparación entre el precio de la cantidad de kg utilizados para la elaboración de los bloques de concreto y 8 kg de la dosificación individual de cada bloque:

En 1 bloque del 20 % de plástico, se ahorran 1.6 kg de grava natural y 2.41 MJ de EI.

En 10 bloques del 20 % de plástico, se ahorran 16 kg de grava natural y 24.10 MJ de EI.

En 100 bloques del 20 % de plástico, se ahorran 160 kg de grava natural y 241 MJ de EI.

En 1000 bloques del 20 % de plástico, se ahorran 1600 kg de grava natural y 2410 MJ de EI.

Tabla 41: Resultados

N°	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H / bloque	\$ ahorrado
1	1	1.6	6.4	2.41	0.83	0.0138	0.016
2	10	16	64	24.10	8.3	0.138	0.16
3	100	160	640	241	83.3	1.38	1.60
4	1000	1600	6400	2410	833	13.88	16

Fuente: (Autor, 2024).

Por cada 1000 bloques fabricados en 13.88 h, es decir, en 1.73 días laborables, se ahorran 1600 kg de plástico. En un mes se producen 17280 bloques, por lo que, el ahorro de plástico, es de 27648 kg y 41644.80 MJ de Energía Incorporada,

Cada mes se ahorran 27648 kg de plástico, es decir, 27.64 Tn, el kg de plástico en el mercado tiene un valor de 0.54 ctvs., por lo que, se ahorrarían 14929 dólares con 0.92 ctvs., considerando que el plástico proviene de campañas de recolección.

7200 kg de grava tienen un valor de \$168.86, considerando que 8 m3 de grava tiene un valor de \$180.00.

Por lo tanto, en 1000 bloques se reutilizarán 1600 kg de plástico, al mes se reutilizarán 27648 kg de plástico. El ahorro en la obtención del plástico, es igual a 276.48 \$ de árido grueso.

3.7 Pruebas de bloques



Fig 58: Análisis de compresión



Fig 59: Análisis de absorción



Fig 60: Análisis de Densidad

Fuente: Autor (2024). Bloques

3.7.1 Análisis de compresión, bloques prototipos.

Se realizan las pruebas de compresión para determinar que espécimen cumple con la resistencia mínima requerida según la Norma NTE INEN 3066 (2016), la misma que indica que los bloques de mampostería no estructural deben tener una resistencia mínima de 35,7 kg/cm², por ello se realizaron 12 especímenes para el ensayo a compresión, 2 por cada porcentaje de plástico. Tabla

55. Se procedió de esta manera debido a los procesos reducidos de tiempo en la disponibilidad de los laboratorios, donde se realizaron los ensayos respectivos.

Tabla 42: Características del bloque patrón con dosificación 0%, este bloque es el que se obtiene como resultado del diseño de mezcla, a esta mezcla, se le sustituye el % de grava por plástico, para posterior obtener los resultados a compresión y determinar que bloque cumple con la resistencia requerida y óptima para su producción.

No	L. H. W. 40*20*15 cm	Área neta contacto cm ³	% Plástico	Fecha Rotura	Edad Ensayo Días	Carga máxima kg	Resistencia Kg/ cm ³	Resistencia área Bruta Kg/ cm ³	Resistencia área neta ³ Kg/ cm ³	Resistencia neta 28 d Kg/ cm ³
1	40*20*15	282.7	PATRON	16 - 01 -25	14	13800	170	46	48.81	87.16
2	40*20*15	285.0	MERCADO	21 - 01 -25	22	16949.8	-----	56.49	59.47	59.47
3	40*20*15	291.5	10	16 - 01 -25	14	9430	116	31.43	32.34	46.21
4	40*20*15	291.5	10	21 - 01 -25	22	14074.1	-----	46.91	48.28	60.35
5	40*20*15	291.5	15	21 - 01 -25	19	11037.3	-----	36.79	37.86	47.32
6	40*20*15	287.0	15	21 - 01 -25	19	6228.68	-----	20.76	21.36	26.70
7	40*20*15	291.5	20	21 - 01 -25	19	9197.33	-----	30.65	31.55	31.55
8	40*20*15	287.0	20	21 - 01 -25	21	10782.7	-----	35.94	36.98	46.22
9	40*20*15	287.0	25	21 - 01 -25	19	7087.38	-----	23.62	24.68	30.85
10	40*20*15	291.5	25	21 - 01 -25	19	5959.41	-----	19.86	20.44	25.55
11	40*20*15	287.0	30	16 - 01 -25	13	5600	68.9	18.66	19.51	27.87
12	40*20*15	291.5	30	21 - 01 -25	21	5510.09	-----	18.36	18.90	23.62

Fuente: (Autor, 2024).

Para conocer la resistencia que tendrá cada bloque se calcula el promedio de 2 especímenes, los bloques tienen una edad de 14 y 21 días. Para conocer la resistencia que tendrá cada bloque a los 28 días se divide para 0.7 a los 14 días y 0.8 a los 21 días.

Tabla 43: Resistencia de cada bloque a compresión.

Fecha de Ensayo	Especimen No	Vol. m ³	Densidad Kg/m ³	Masa tal como se recibe (Mr) (kg)	Área de la sección transversal		Carga máxima Kgf	Resistencia a Compresión	
					Bruta	Neta		Bruta	Neta
16 - 01 -25	1	0.0078	1912.85	14.92	300	282.7	13800	46	87.16
22 - 01 -25	2	0.0078	1798.71	14.03	300	285.0	16949.8	56.49	59.47
16 - 01 -25	3	0.0078	1687.17	13.16	300	291.5	9430.0	31.43	46.21
22 - 01 -25	4	0.0078	1682.05	13.12	300	291.5	14074.1	46.91	60.35
22 - 01 -25	5	0.0078	1567.94	12.23	300	291.5	11037.3	36.79	47.32
22 - 01 -25	6	0.0078	1594.87	12.44	300	291.5	6228.68	20.76	26.70
22 - 01 -25	7	0.0078	1405.12	10.96	300	291.5	9197.33	30.65	31.55
22 - 01 -25	8	0.0078	1617.94	12.62	300	291.5	10782.7	35.94	46.22
22 - 01 -25	9	0.0078	1408.97	10.99	300	287.0	7087.38	23.62	30.85
22 - 01 -25	10	0.0078	1439.74	11.23	300	291.5	5959.41	19.86	25.55
16 - 01 -25	11	0.0078	1307.69	10.20	300	287.0	5600	18.66	27.87
22 - 01 -25	12	0.0078	1371.79	10.70	300	291.5	5510.09	18.36	23.62

Fuente: (Autor, 2024).

Para calcular la resistencia neta, se divide la carga máxima (Kgf) sobre el Área transversal neta (cm²) NTE INEN 3066 (2016). La resistencia neta es importante, porque los bloques deben ser capaces de soportar la carga (↓) de otros bloques en la pared. Tabla 43.

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n}$$

donde

$P_{\text{máx}}$. es la carga máxima de compresión, (Kgf).

A_n . es el área neta de la unidad, (cm²).

Las unidades ensayadas a compresión se realizaron en la prensa hidráulica Shimadzu, Concreto 2000X, del laboratorio Santiago Coronel Arévalo de la Universidad Católica de Cuenca. Se identifica que 3 bloques del 10, 15 y 20 % cumplen con la resistencia de 3.5 Mpa a 5 Mpa que exige la norma. El bloque con sustitución del agregado grueso por plástico al 10 % tiene una resistencia promedio de 5.22 Mpa. Tabla 62. El bloque del 15 % tiene una resistencia promedio de 3.62 Mpa. Tabla 62. El bloque del 20 % tiene una resistencia promedio de 3.81 Mpa. Tabla 62. Mientras que los bloques del 25 %. Tabla 62. y 30 %. Tabla 62, tienen un promedio de 2.76 y 2.52 Mpa, no cumplen con la resistencia mínima requerida para bloque tipo B de mampostería no estructural sino para bloque tipo C para losas alivianadas de hormigón armado, cuya resistencia mínima es de 1.4 a 1.7 Mpa. Para los bloques tipo C se recomienda bajar la densidad del bloque a través del método de optimización de Fuller para obtener la resistencia promedio. Los resultados de los ensayos de cada bloque se detallan en las Tablas 42, 43 y 62.

3.7.2 Análisis de absorción y densidad.

Se realizan las pruebas de absorción y humedad para determinar que espécimen cumple con la norma NTE INEN 638. La norma establece que la absorción por capilaridad del elemento no debe ser mayor al 15% de su peso. Por razones externas al estudio de investigación, se utilizó 1 espécimen por cada % de plástico.

Tabla 44: Características de 6 especímenes por cada % de plástico

No	D. H. E. 40 * 20 * 15 cm	Peso gr	% Plástico	Vol. cm ³	Fecha Confección Días	Fecha Prueba	Edad Especím en Días	Peso húmedo gr	Peso Seco gr	Nomenclatura
1	14.90-30.05	14037	00 %	0.0078	26-12-25	27 - 01-25	32	14950	13504	1:3.8:3.3
2	14.93-30.01	13128	10 %	0.0078	01-01-25	27 - 01-25	26	11382	12581	1:3.8:3.3
3	14.91-30.00	11904	15 %	0.0078	28-12-24	21 - 01-25	24	12729	11670	1:3.8:3.3
4	14.90-30.05	12329	20 %	0.0078	01-01-25	21 - 01-25	20	13086	12268	1:3.8:3.3
5	14.93-30.01	11728	25 %	0.0078	28-12-24	21 - 01-25	24	12630	11416	1:3.8:3.3
6	14.91-30.00	10704	30 %	0.0078	01-01-25	27 - 01-25	26	13932	10103	1:3.8:3.3

Fuente: (Autor, 2024).

Con los pesos obtenidos en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca, se estableció que se utilizarán los pesos húmedos y seco al horno para el cálculo del % de absorción, por falta de datos no se puede obtener la absorción en kgf/cm², ya que cada muestra debe ser pesada tal como se muestra, sumergida, húmeda y al horno, como nos indica la norma.

Tabla 45: Ensayo de Absorción, se realiza en ensayo de todos los bloques para determinar cuál es la mejor opción. Se selecciona un espécimen por cada porcentaje de plástico para realizar la prueba.

		Ensayo de Absorción						Fecha
		No.1 0%	No.2 10%	No.3 15%	No.4 20%	No.5 25%	No.6 30%	
Ancho (W)	Borde superior	197	198	197	198	197	198	27 - 01- 25
	Fondo	195	196	195	196	197	198	27 - 01 -25
Altura (H)	Cara 1	194	195	194	197	198	199	27 - 01 -25
	Cara 2	194	195	194	198	195	197	27 - 01 -25
Longitud (L)	Cara 1	398	398	398	399	398	398	27 - 01- 25
	Cara 2	397	398	397	398	397	398	27 - 01 -25
Espesor de cara (Ep)	Cara 1	25.0	24.2	25.0	24.2	25.0	24.2	27 - 01 -25
	Cara 2	24.5	24.6	24.5	24.6	24.5	24.6	27 - 01 -25
Espesor de tabique (Et)	Tabique 1	25	24.5	25	24.5	25	24.5	27 - 01 -25
	Tabique 2	24.5	24.6	24.5	24.6	24.5	24.6	21 - 01 -25
	Tabique 3	25	24.8	25	24.8	25	24.8	21 - 01 -25
	Tabique 4	24.5	24.9	24.5	24.9	24.5	24.9	27 - 01 -25
Masa tal como se recibe	(Mr), (kg)	14.03	13.12	11.90	12.32	11.72	10.70	
Masa del espécimen sumergido (Mi), (kg)		-----	-----	-----	-----	-----	-----	27-1-25
Masa del espécimen saturado	(Ms), (kg)	14.95	13.93	12.72	13.08	12.63	11.38	
		Masa del espécimen seco al horno (Mr.), (kg)						
		Primera	13.49	12.57			10.11	
		Segunda	13.50	12.57			10.11	
		Tercera	13.50	12.58			10.10	

Fuente: (Autor, 2024).

Para calcular la Absorción, se divide El peso en seco menos el peso húmedo para el peso húmedo por cien, la absorción no debe ser mayor al 15 por ciento de su peso. Tabla 45.

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{Ms - Md}{Md} \times 100$$

Donde

Ms es la masa de la unidad saturada (kg),

Md es la masa de la unidad seca al horno (kg).

Mr es la masa de la unidad tal como se recibe (kg).

Tabla 46: Resultados porcentajes de absorción de cada espécimen

No	Mr Kg	% Plástico	Vol. m ³	Ms kg	Md kg	% Absorción	Densidad Kg/cm ³	Edad Días	Nomenclatura
1	14.03	00 %	0.0078	14.95	13.50	10.74	2423	21	1:3.8:3.3
2	13.12	10 %	0.0078	13.93	12.57	10.81	1682	15	1:3.8:3.3
3	11.90	15 %	0.0078	12.72	11.67	8.99	1448	21	1:3.8:3.3
4	12.32	20 %	0.0078	13.08	12.26	6.68	1579	25	1:3.8:3.3
5	11.72	25 %	0.0078	12.63	11.41	10.69	1502	25	1:3.8:3.3
6	10.70	30 %	0.0078	11.38	10.11	12.56	1458	21	1:3.8:3.3

Fuente: (Autor, 2024).

El porcentaje de absorción de los bloques que cumplen con la resistencia a compresión con un porcentaje de plástico del 10, 15 y 20 % es de 10.81, 8.99 y 6.68 %. Cumpliendo con los requisitos de la norma NTE INEN 639 y 643, el porcentaje de absorción no debe ser mayor al 15 % de su peso.

3.8 Análisis económico obtención de los materiales

3.8.1 Materia prima

Tabla 47: Costos obtención de los agregados para 1 m³

Ítem	Elementos	Proveedor	Cantidad	Peso kg	% de humedad	Volumen m3	Valor Unitario	Valor total
1	Cemento	Ferretería	5	253.16	----	1	\$ 7.50	\$ 37.50
2	Arena	Ferretería	1	886.07	6.25	1	\$ 180	\$ 180
3	Grava	Ferretería	1	1012.65	7.84	1	\$ 180	\$ 180
							TOTAL	\$ 24.00

Fuente: (Autor, 2024).

3.8.2 Molde

Tabla 48: Costo del molde

Ítem	Elementos	Proveedor	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
1	Molde móvil	Talleres A	1	\$ 280.00	\$ 280.00
				TOTAL	\$ 280.00

Fuente: (Autor, 2024).

3.8.3 Mano de obra

Tabla 49: Costo mano de obra

Ítem	Descripción	Proveedor	Horas	Valor Unitario	Valor total
1	Trabajador	-----	1.5	\$ 2.73	\$ 1.87
				TOTAL	\$ 1.87

Fuente: (Autor, 2024).

3.8.4 Transporte

Tabla 50: Costo transporte 18 bloques prototipos

Ítem	Descripción	Proveedor	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
1	Carrera obtención materiales	Auto	1	\$ 6.00	\$ 6.00
2	Carrera obtención materiales	Auto	1	\$ 5.00	\$ 5.00
3	Carrera obtención materiales	Auto	1	\$ 5.00	\$ 5.00
4	Transporte bloques a ensayos	Auto	1	\$ 3.00	\$ 3.00
5	Transporte bloques a ensayos	Auto	1	\$ 3.00	\$ 3.00
6	Transporte bloques a ensayos	Auto	1	\$ 3.00	\$ 3.00
TOTAL					\$ 25.00

Fuente: (Autor, 2024).

3.9 Proyección precio producción del bloque en serie

Tabla 51: Costo producción del bloque

Costo por tiempo de fabricación			Costo de materiales			
Tiempo (h)	Valor hora (h)	Valor x unidad mano de obra	Valor x unidad materiales	Valor x unidad	Cantidad	Total \$
0,083333	2,73	0,037	0,43	0,46	6	2,76
TOTAL						2,76

Fuente: (Autor, 2024).

Para calcular el valor del bloque, se basa en un salario mensual para el obrero de \$436.80, la hora representa 2.73 \$. La producción será de 6 bloques cada 5 min, con el 20% de plástico, por lo tanto, 6 bloques se producirán en 0.083333 horas. El costo por cada unidad de bloque es aprox 0.43 ctvs. (materiales)+ .03 ctvs. (mano de obra). Tabla 51.

Tabla 52: Precios de bloques en la ciudad de Cuenca.

Precio por bloque									
N°	Sector	Ferretería	Precio ctvs		N°	Sector	Ferretería	Precio ctvs.	
			Concreto	Pomez				Concreto	Pomez
1	San Joaquín	Farez	90	50	14	Baños	La Cascada	---	46
2	San Joaquín	Vásquez	80	50	15	Baños	Tu	---	48
3	Sayausí	S/N	---	48	16	Baños	S/N	---	52
4	Sayausí	Fabrica S/N	---	48	17	Feria Libre	Don Vini	99	48
5	Rio Amarillo	Suarez	85	55	18	Av. Loja	Continental	98	75
6	Rio Amarillo	Reina del Cisne	---	49	19	Chilcapamba	S/N	---	48
7	Cebollar	Atenas	---	65	20	Chilcapamba	MCM	80	45
8	Cebollar	Fabrica S/N	95	52	21	Chilcapamba	El Cisne	1,05	48
9	San Pedro	Ortiz Zabala	---	55	22	El Valle	Piedra	---	46
10	San Pedro	RC	75	50	23	El Valle	S/N	94	48
11	Miraflores	S.C.	---	55	24	Monay	Fabrica S/N	87	46
12	Av. Ricardo Duran	Reina del Cisne	85	63	25	Monay	Fabrica S/N	---	46
13	Av. Loja	Garzón	---	49	26	---	---	---	---

Fuente: (Autor, 2024).

Se realizó una búsqueda en el área de estudio sobre los precios de venta de cada producto. De 25 lugares en las periferias de la ciudad, 12 venden bloques de concreto, de las cuales 3 son fábricas de bloque y el resto son ferreterías. Tabla 52.

Tabla 53: Promedio de precio de bloque de concreto y pómez en la ciudad de Cuenca.

Precio por bloque				
N°	Sector	Ferretería	Precio ctvs.	
			Concreto	Pomez
1	San Joaquín	Farez	90	50
2	San Joaquín	Vásquez	80	50
3	Rio Amarillo	Suarez	85	55
4	Cebollar	Fabrica S/N	95	52
5	San Pedro	RC	75	50
6	Tiempo	Reina del Cisne	85	63
7	Feria Libre	Don Vini	99	48
8	Av Loja	Continental	98	75
9	Chilca pamba	MCM	80	45
10	Chilca pamba	El Cisne	105	48
11	El Valle	S/N	94	48
12	Monay	Fabrica S/N	87	46
Sub Total			969,05	630
Total			80,7541667	52,5

Fuente: (Autor, 2024).

El promedio del precio del bloque de concreto en la ciudad de Cuenca. Tabla 53. Es de 81 ctvs, el mejor precio es de 0,75 ctvs mientras que el valor más alto es de 1 \$,05 ctvs. El bloque de

pómez tiene un precio promedio de 0,53 ctvs, el mejor precio es de 45 ctvs mientras que el precio más alto es de 0,75 ctvs.

El bloque de concreto con residuos plásticos, tiene un precio de 0.46 ctvs. Tabla 54. Sin residuos plásticos tiene un precio de 0.54 ctvs, se obtiene un ahorro de 0.21ctvs frente al bloque mercado.

Se elabora un análisis de la cantidad de plástico ahorrado, se considera la fabricación de bloques cada 5 minutos considerando una maquina ponedora con un molde máximo de 6 bloques. Tabla 67. Se selecciona el bloque del 20 % ya que cumple con todos los parámetros para su producción, 20 % es igual a 2.0 kg de plástico triturado por 6.0 kg de grava natural.

Tabla 54: Producción de bloque 20%, capacidad máx. 6 bloques / 5min

Parámetros Bloque de Plástico									
Bloque (%)	Producción bloques cada 5 min	Ahorro plástico al año (Tn)	Ahorro año en plástico (\$)	Producción Plástico Ecuador al año 2025 (Tn)	Costo del plástico (\$/kg)	Precio de venta (\$)	% Absorción	Resistencia kg/cm ²	Densidad Promedio Kg/m ³
20%	6	331.77	3317.76	712737	0.54	0.46	6.68	43.13	1405.12
20%	5	276.48	2764.80						
20%	4	221.18	2211.84						
20%	3	165.88	1658.88						
20%	2	110.59	1105.92						
20%	1	55.29	552.96						

Fuente: (Autor, 2024).

Con una producción de 6 bloques cada 5 min se obtiene un ahorro de plástico al año de 331776 kg, mientras que, con una producción de 1 bloque cada 5 min, se obtiene un ahorro de 55296 kg de plástico. Tabla 55.

Tabla 55: Comparación de la reducción de plástico del bloque del 20% cada 5 años

Año	Producción Total Plástico Ecuador (Toneladas)	Aumento cada 5 años (%)	Aumento Total plástico Ecuador (Toneladas)	Residuos Reciclados 6 bloques cada 5 min (Toneladas)	Porcentaje Reciclado cada 5 años (%)
2025	712,738	-	-	331.77	-
2030	855,632	20%	142,894	1,658.88	4.65%
2035	998,547	16.7%	142,915	1,658.88	4.65%
2040	1,141,140	14.3%	142,593	1,658.88	4.65%

Fuente: (Autor, 2024).

Desde el año 2022 en el Ecuador se producen 627.000,00 Tn de plástico al año, en el 2025 se producirá 712.737,00 Tn. Tabla 55. Para el año 2040 se proyectan 1.141.140,00 toneladas si no se crean propuestas de reciclaje plástico. Por lo que, a partir del año 2025, existe un aumento del 20%, 16.7 % y 14.3 % de Tn cada 5 años. Mientras que con una producción anual de 331,77 Tn de bloques con el 20 % de agregado plástico. Tabla 55. Para el año 2030 se reciclarán 1.658,88 Tn. Tabla. 55. Por lo tanto, se reciclará el 4.65 % del total de basura generada cada año en el Ecuador.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tras la fabricación y prueba de bloques de hormigón con diferentes porcentajes de plástico reciclado en reemplazo de la grava. Se incluyen los valores obtenidos en las pruebas de compresión y absorción, los cuales son analizados y comparados con la norma NTE INEN 3066:2016 para determinar la viabilidad de los bloques como material de construcción. Finalmente, se seleccionan los bloques con mejor desempeño y se realiza una comparación con un bloque comercial y el diseño de mezcla, con el objetivo de optimizar la dosificación de materiales y minimizar el impacto ambiental.

Se obtiene las características de cada bloque luego de su fabricación con diferente porcentaje de plástico en reemplazo de la grava. Se realiza una recopilación de fotos de cada bloque donde se puede observar su terminado de la cara frontal y de los tabiques según el porcentaje de plástico utilizado. Tabla 46, Tabla 48, Tabla 50, se seleccionan los bloques del 10%, 15% y 20%, ya que cumple con la resistencia mínima requerida por la norma NTE INEN 3066,2016, las características de los bloques del 0%, 25 % y 30 % se encuentran en el anexo 22.

4.1.1 Bloque dosificación plástica 10 %

Se reemplaza 0.80 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 29.

Tabla 56: Porcentaje de plástico por kg de grava 10%

Dosificación Grava	%	de dosificación plástico	Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Sustitución del agregado grueso por plástico						
					Peso de Grava + Plástico			Total			
Grava					Grava 1B	Plástico 1B	Total 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total 3B	
8 kg	x	10 %	=	0,8 kg	1	7,2	0,8	8	21,6	2,4	24

Fuente: (Autor, 2024).

a. Bloque dosificación (Kg)

0.91 H₂O 2.1 C 7.0 A 7.2 G 0.8 PP
Bloques 10 % PP



Fig 61: Vista frontal

Fuente: Autor (2024).

Tabiques 25 mm espesor, alveolos cuadrados



Fig 62: Vista isométrica

Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 10 %



Fig 63: Resultados

Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 64: Acabado tabiques

Fuente: Autor (2024).

Tabla 57: Características de los bloques, dosificación 10%

10 %	Prueba	Volumen m ³	Medidas	Peso	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0078	40x20x15	13.16	B	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0078	40x20x15	13.12	B	01/01/25
Bloque C	Absorción	0.0078	40x20x15	11.17	B	01/01/25

Fuente: (Autor, 2024).

4.1.2 Bloque dosificación plástico 15 %

Se reemplaza 1.20 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 29.

Tabla 58: Porcentaje de plástico por kg de grava 15%

Dosificación Grava	% de dosificación plástico	Sustitución del agregado grueso por plástico		Peso de Grava + Plástico					
		Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Grava	Plástico	Total	Grava	Plástico	Total,
				1B	1B	1B	3B	3B	3B
8 kg	x 15 %	= 1,2 kg	1	6,8	1,2	8	20,4	3,6	24

Fuente: (Autor, 2024).

a. Bloque dosificación (Kg)

0.91 H2O 2.1 C 7.0 A 6.8 G 1.2 PP

Bloques 15 % PP



Fig 65: Vista frontal

Fuente: Autor (2024).

Tabiques 25 mm



Fig 66: Vista isométrica

Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 15 %



Fig 67: Resultado

Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 68: Acabado tabiques

Fuente: Autor (2024).

Tabla 59: Características de los bloques, dosificación 15%

15 %		Volumen m ³	Medidas	Peso	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0078	40x20x15	12.23	B	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0078	40x20x15	12.44	B	03/01/25
Bloque C	Absorción	0.0078	40x20x15	12.31	B	28/12/24

Fuente: (Autor, 2024).

4.1.3 Bloque dosificación plástico 20 %

Se reemplaza 1.60 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 29.

Tabla 60: Porcentaje de plástico por kg de grava 20

Dosificación Grava	%	de dosificación plástico	Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Sustitución del agregado grueso por plástico						
					Peso de Grava + Plástico						
					Grava 1B	Plástico 1B	Total 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total, 3B	
8 kg	x	20 %	=	1,6 Kg	1	6,40	1,60	8	19,20	4,80	24

Fuente: (Autor, 2024).

a. Bloque dosificación (Kg)

0.91 H2O 2.1 C 7.0 A 6.4 G 1.6 PP

Bloques 20 % PP



Fig 69: Vista frontal
Fuente: Autor (2024).

Tabiques 35 mm espesor



Fig 70: Vista isométrica
Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 30 %



Fig 71: Resultado
Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 72: Acabado tabiques
Fuente: Autor (2024).

Tabla 61: Características de los bloques, dosificación 20%

20 %	Prueba	Volumen m ³	Medidas	Peso	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0078	40x20x15	10.96	B	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0078	40x20x15	12.62	B	01/01/25
Bloque C	Absorción	0.0078	40x20x15	12.72	B	01/01/25

Fuente: (Autor, 2024).

Como resultado de la práctica experimental, se elaboraron 18 bloques, 12 serán sometidos a pruebas de compresión y 6 a pruebas de absorción, que se detallan más adelante. El resultado y análisis de los bloques prototipos de hormigón, serán sometidos a pruebas de compresión y absorción. Se realizará un análisis de los bloques que cumplan con la mejor resistencia y se promediarán las resistencias de cada bloque con diferentes % de plástico.

4.2 Resultados a Compresión entre Bloques plásticos y Bloque tradicional

Se elaboró un bloque estándar, los bloques del 10, 15 y 20 % cumplen con la resistencia de la norma, los bloques del 25 y 30 %, se descartan para el análisis. Tabla 62.

Tabla 62: Cálculo de los promedios de los bloques, hasta obtener el promedio de la Masa, Área y Resistencia a Compresión, cuyos valores son de suma importancia para realizar la selección de cada bloque prototipo que cumplirá con la norma NTE INEN 3066. 2016

N°	Promedio Especimen No	% de Plástico	Masa tal como se recibe (Mr) (kg)	Fecha de Ensayo	Área de la sección transversal		Promedio Carga máxima Kgf	Promedio Resistencia a Compresión 28d	
					Bruta	Neta		Bruta	Neta
1	1	PATRON/ESTÁNDAR	14.92	16 - 01 -25	300	282.7	13800	46	87.16
2	2	MERCADO/TRADICIONAL	14.03	22 - 01 -25	300	285.0	16949.8	56.49	59.47
3	3 y 4	10 %	13.16	16 - 01 -25	300	291.5	16467.08	54.89	57.77
4	5 y 6	15 %	12.23	22 - 01 -25	300	291.5	8632.99	41.10	42.30
5	7 y 8	20 %	10.96	22 - 01 -25	300	289.3	9990.015	41.62	43.16

Fuente: (Autor, 2024).

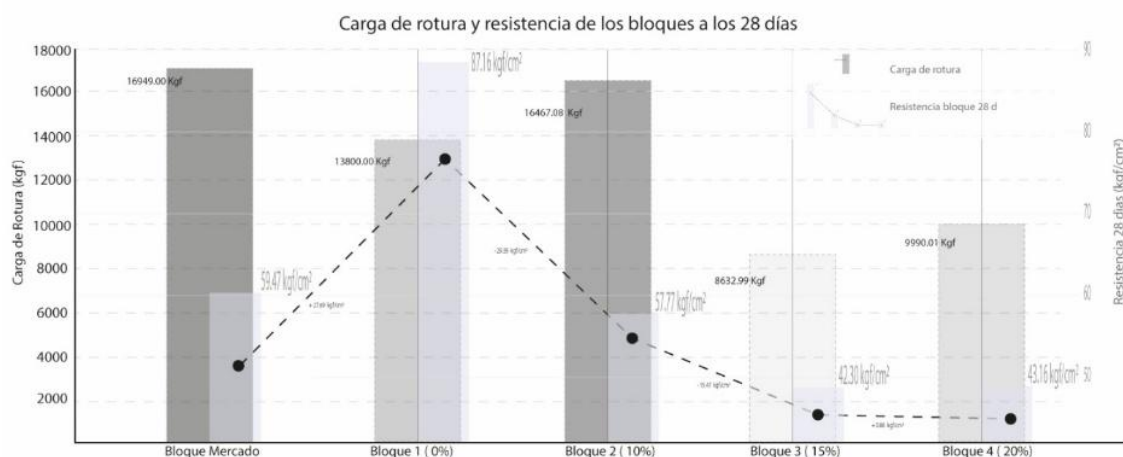


Fig 73. Gráfico de carga y rotura de bloques prototipos frente al bloque de venta al mercado

Fuente: Autor (2024)

El bloque 1, del 0 % resiste 13800 Kgf de carga, el bloque tradicional resiste 16949.8 Kgf de carga, la resistencia del bloque del 0% a los 28 días es de 87.16 kgf/cm², el bloque del mercado tiene una resistencia final de 59.47 kgf/cm². El bloque del 0% supera la resistencia máxima requerida. Tabla 62.

El bloque 2, del 10 % resiste 16467.08 Kgf de carga, el bloque tradicional resiste 16949.8 Kgf de carga, la resistencia del bloque del 10% a los 28 días es de 57.77 kgf/cm², el bloque del

mercado tiene una resistencia final de 59.47 kgf/cm². El bloque del 10% cumple con la resistencia máxima requerida. Tabla 62.

El bloque 3, del 15 % resiste 8632.99 Kgf de carga, el bloque tradicional resiste 16949.8 Kgf de carga, la resistencia del bloque del 15% a los 28 días es de 42.30 kgf/cm², el bloque del mercado tiene una resistencia final de 59.47 kgf/cm². El bloque del 15% cumple con la resistencia requerida. Tabla 62.

El bloque 4, del 20 % resiste 9990.015 Kgf de carga, el bloque tradicional resiste 16949.8 Kgf de carga, la resistencia del bloque del 20% a los 28 días es de 43.16 kgf/cm², el bloque del mercado tiene una resistencia final de 59.47 kgf/cm². El bloque del 20% cumple con la resistencia requerida. Tabla 62.

Tabla 63: Resistencia de los bloques a los 28 días y porcentaje de plástico reciclado al mes

% Plástico		% Plástico reciclado al mes		Promedio Carga máxima Kgf		Promedio Resistencia final a Compresión Kg/cm ² 28d	
Prototipos PP	Bloque Mercado	Prototipos PP	Bloque Mercado	Prototipos PP	Bloque Mercado	Prototipos PP	Bloque Mercado
00 %		0		13800.		87.16	
10 %	00 %	13824	00 %	16467.08	16949.8	57.77	59.47
15 %		20736		8632.99		42.30	
20 %		27648.		9990.015		43.16	

Fuente: (Autor, 2024).

Una vez obtenida la resistencia promedio de cada bloque e identificado los bloques con mejor resistencia (bloque 10 % y bloque 20 %) se realiza un análisis de comparación entre la resistencia del bloque de 10 % y 20 % , la resistencia del bloque mercado, patrón y la resistencia de diseño, se compara entre los dos bloques y se selecciona el bloque que más se acerque a la resistencia del diseño cuyo objetivo era el calcular la dosificación exacta del cemento y agregados para evitar desperdicios y contaminación al ambiente.

4.2.1 Resistencia de los bloques del 10% y 20 % para su producción

El bloque del 10% cumple la mejor resistencia de los bloques plásticos con 57.77 kg/cm² (5.66) Mpa. Tabla 63. Superando la resistencia de máx. de 5.0 Mpa, mientras que el bloque mercado con una resistencia de 5.83 Mpa tiene una diferencia de -31.73 % o 1.73 kg/cm² (0.17 Mpa). Con respecto al bloque patrón cuya resistencia es de 87.16 kg/cm² (8.54 Mpa), tiene una diferencia de 29.36 kg/cm² (2.88 Mpa). Tabla 64.

Tabla 64: Diferencia de resistencias bloque 10%

		Resistencia bloque 10 % Plástico	Resistencia bloque Mercado	Resistencia bloque Patrón	Resistencia Diseño
		(5.66 Mpa)	(5.83 Mpa)	(8.54 Mpa)	(4.41 Mpa)
Resistencia bloque 20% Plástico	(4.23Mpa)	00.00 %	- 02.91 %	- 37.72 %	+ 28.34 %
Resistencia bloque Mercado	(5.83 Mpa)	+ 03.00 %	00.00 %	- 31.73 %	+ 32.19 %
Resistencia bloque Patrón	(8.54 Mpa)	+ 50.88 %	+ 46.48 %	00.00 %	+ 93.95 %
Resistencia Diseño	(4.41 Mpa)	- 22.08 %	- 24.35 %	- 48.36 %	00.00 %

Fuente: (Autor, 2024).

Por lo tanto, el bloque de 10 % de plástico, es 33.72 % menos resistente al bloque patrón y 2.91 % menos resistente al bloque tipo del mercado. Con respecto al diseño de mezcla el bloque del 10% de plástico tiene una diferencia de 28.34 % (1.27 Mpa), a la resistencia del diseño. Tabla 27. El bloque excede la resistencia máxima de la norma, excede la resistencia de diseño y su resistencia es menor al bloque estándar y del mercado. Tabla 64.

Mientras que el bloque del 20 % con una resistencia de 43.16 kg/cm² (4.23 Mpa). Tabla 63. Es el bloque que mejor se aproxima al diseño de mezcla de 45 Kg/cm² (4.41 Mpa). Tabla 27. Cuyo objetivo era el no sobrepasar ni limitarse a la resistencia de 3.5 Mpa a 5.0 Mpa que exige la norma NTE INEN 3066, 2016. Tabla 65.

Tabla 65: Diferencia de resistencias bloque 20%

		Resistencia bloque 20 % Plástico (4.23 Mpa)	Resistencia bloque Mercado (5.83 Mpa)	Resistencia bloque Patrón (8.54 Mpa)	Resistencia Diseño (4.41 Mpa)
Resistencia bloque 20% Plástico	(4.23Mpa)	00.00 %	- 27.44 %	- 50.46 %	- 04.08 %
Resistencia bloque Mercado	(5.83 Mpa)	+ 37.82 %	00.00 %	- 31.73 %	+ 32.19 %
Resistencia bloque Patrón	(8.54 Mpa)	+ 101.89 %	+ 46.48 %	00.00 %	+ 93.65 %
Resistencia Diseño	(4.41 Mpa)	+ 04.25 %	- 24.35 %	- 48.36 %	00.00 %

Fuente: (Autor, 2024).

Por lo tanto, el bloque 20 % de plástico es 50.46 % menos resistente al bloque patrón y 27.44 % menos resistente al bloque tipo del mercado. Con respecto al diseño de mezcla el bloque tiene una diferencia del 4.08 % o 0.17 Mpa de la resistencia diseñada, se acerca más a la resistencia de diseño. Tabla 27. Ahorra más plástico. Tabla 55, cumple con los estándares de compresión. Tabla 43; y Absorción. Tabla 44. de la norma NTE INEN. 3066, 2016.

El bloque del 10 % tiene un excedente a la resistencia máxima de 5.0 Mpa y el bloque del 20 % cumple con la resistencia requerida de bloque de mampostería no estructural entre 3.5 Mpa a 5 Mpa. El bloque del 20 % se encuentra dentro del rango de resistencia del diseño de mezcla de 4.41 Mpa.

4.3 Resultados de absorción y densidad

Tabla 66: Porcentaje de absorción bloque del 10 y 20 %

No	Mr Kg	% Plástico	Vol. m ³	Ms kg	Md kg	% Absorción	Edad Días	Nomenclatura
1	13.27	10 %	0.0078	13.93	12.57	10.81	15	1:3.8:3.3
2	12.12	20 %	0.0078	13.08	12.26	6.68	25	1:3.8:3.3

Fuente: (Autor, 2024).

El bloque del 20 % de plástico tienen un mejor porcentaje de absorción, 6.68 %, el porcentaje máximo de absorción es del 15 %.

4.4 Resultados Reducción Impacto ambiental

El bloque de **10 %** representa un ahorro de agregado natural al mes de 13824 kg, un ahorro de energía incorporada de 51494 MJ y tiene una resistencia de 5.66 Mpa. El bloque del **20 %** representa un ahorro de agregado natural al mes de 27648 kg, un ahorro de energía incorporada de 41644 MJ y tiene una resistencia de 4.23 Mpa. Como resultado, la producción del bloque del 20 %, ayudará a disminuir la mayor cantidad de plástico al año. Tabla 67.

Tabla 67: Reducción del impacto ambiental de plástico bloque 10 y 20 %

Bloque (%)	Producción por 1000 bloques (h)	Días laborables	Plástico reutilizado (kg/1000 bloques)	Producción mensual (bloques)	Mj Energía Incorporada mensual	Ahorro grava mensual (kg)	Plástico reutilizado mensual (Tn)	Costo del plástico (\$/kg)	Ahorro mensual en plástico (\$)	Grava requerida por 1000 bloques (kg)	Costo de grava por 1000 bloques (\$)	Grava mensual requerida (kg)	Costo mensual de grava (\$)
10%	13.88	1.73	800	17280	51494	13824	13.8	0.54	7491.32	7200	72	124416	1244.16
20%	13.88	1.73	1600	17280	41644	27648	27.6	0.54	14982.65	6400	64	110592	1105.92

Fuente: (Autor, 2024).

4.5 Resultado precio producción del bloque en serie

Tabla 68: Costo producción del bloque

Costo por tiempo de fabricación			Costo de materiales			
Tiempo (h)	Valor hora (h)	Valor x unidad mano de obra	Valor x unidad materiales	Valor x unidad	Cantidad	Total \$
0,083333	2,73	0,037	0.43	0.46	6	2.76
TOTAL						2.76

Fuente: (Autor, 2024).

4.6 Resultado Final

Finalmente se obtiene un bloque con las siguientes especificaciones. Tabla 69.

Tabla 69: Resultado Final, producción de bloque 20 %

Parámetros Bloque 20 % de Plástico													
Bloque (%)	Producción bloques cada 5 min	Resistencia Mpa	Resistencia kg/cm ²	Densidad Promedio Kg/cm ³	< 1680 kg/cm ³	% Absorción	Peso Promedio (Kg)	Precio de venta mercado local (ctvs)	Ahorro plástico al año (kg)	Ahorro de energía incorporada al año (MJ)	Producción Plástico Ecuador al año (Tn)	Costo del plástico (\$/kg)	Ahorro año en plástico (\$)
20%	6	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	331776	499737.60	267000	0.54	3317.76
20%	5	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	276480	416448.16	267000	0.54	2764.80
20%	4	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	221184	333158.52	267000	0.54	2211.84
20%	3	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	165888	249868.89	267000	0.54	1658.88
20%	2	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	110592	166579.26	267000	0.54	1105.92
20%	1	4.23	43.13	1511.53	Liviano	6.68	10.96	0.46	55296	83289.63	267000	0.54	552.96

Fuente: (Autor, 2024).

El bloque del 20 % fabricado cada 5 minutos cumple con todos los parámetros de la investigación basados en las normas NTE INEN.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se obtiene un bloque del 20 % de plástico con una dosificación del 0.91 H₂O 2.1 C 7.0 A 6.4 G 1.6 PP.

Se logra identificar que la resistencia promedio del diseño, disminuye en los bloques del 15 % y 20 %, sin embargo, llega al promedio de la resistencia que exige la norma. El bloque del 10 % aumenta su resistencia, posee un mejor rendimiento, sin embargo, como resultado de la resistencia de los ensayos de los cilindros, excede el promedio de resistencia que exige la norma. Y en cuanto a la cantidad y rapidez de reciclar el plástico es menor frente al bloque del 20 %.

Se identifica que la producción de 6 bloques del 20 % cada 5 minutos, ahorran 17.28 Tn de plástico al mes, al año se ahorrarían más de 300 mil Tn, tomando en cuenta que actualmente se producen aproximadamente 267 mil Tn de plástico al año en Ecuador, lo cual, evidencia que la propuesta de la investigación cumple y aporta a la reducción de contaminación del medio ambiente. Además, excede la reducción de la contaminación por lo que, para que el proyecto sea viable se debería crear 1, 2 o 3 bloques cada 5 minutos aportando al año la reutilización de 55.2 Tn, 110.59 Tn y 165.88 Tn al año de 267 mil Tn que produce el Ecuador.

Como resultado de la EIA, se recomienda para el uso, control y almacenamiento del agua, instalar tanques de reserva controlando la cantidad y el desperdicio de agua y para la generación de ruido producido por la máquina (bloquera), se recomienda crear una cámara de aislamiento acústico.

Se establece que el bloque del 20 % cumple con el porcentaje de absorción de su peso no mayor al 15 %, su 6.68 % de absorción lo hace más resistente e impermeable, por su capacidad de absorber la menor cantidad de humedad del medioambiente.

Se logra alcanzar los niveles de resistencia mediante el diseño de mezcla de 45 kg/cm², cuyo diseño estaba previsto para cumplir la resistencia mínima de 35.69 kg/cm² y máxima de 50.98 kg/cm². Con un resultado de 43.13 kg/cm², el resultado se obtiene frente a diversos factores externos que impidieron un mejor rendimiento de la mezcla por lo que, es aceptable ya que su diferencia es del 4 %.

Se seleccionó el bloque de 20 % con una resistencia de 43.13 kg/cm² frente al de 10% con una resistencia de 57.77 kg/cm², ya que ahorra la mayor cantidad de plástico, su resistencia no excede los 5 Mpa, por tanto, disminuye la cantidad de clinker (cemento) generando un mayor rendimiento frente a la contaminación.

Se identifica que mientras mayor resistencia de diseño se necesite, la relación agua cemento (a/c) será más baja, aumentando la resistencia de la mezcla.

Se identifica un excedente en la cantidad de plástico reciclado si el molde de la máquina (bloquera) funciona al máximo, es decir, 6 bloques cada 5 minutos. Mientras que una producción de 1 bloque cada 5 min disminuye la cantidad de plástico, según los niveles de desperdicios generados en el Ecuador.

Se obtiene un bloque con un ahorro de materiales que ayuda a reducir la contaminación ambiental por el consumo de clinker (cemento) y la sobre explotación de recursos naturales, a un precio de 46 ctvs.

Como resultado final se crea un diseño de mezcla, calculada para $45 \text{ kg/cm}^2 + 70 \text{ Kg/cm}^2$ para hormigones ($> 210 \text{ kg/cm}^2$), como resultado se obtiene un promedio de resistencia de 51 kg/cm^2 . La sustitución del agregado grueso en el diseño nos dio resistencias de 57.77 kg/cm^2 , 42.30 kg/cm^2 y 43.16 kg/cm^2 para bloques del 10 %, 15 % y 20 %, ubicándose en los rangos que exige la norma, mientras que los bloques del 25 % y 30 % no cumplen con la resistencia del diseño.

El crecimiento urbano de Cuenca ha aumentado el uso del bloque de hormigón por su eficiencia en costos y tiempos, aunque su producción impacta el ambiente por el uso de clinker y la explotación de agregados. Esta investigación evaluó su sustitución parcial con plástico reciclado.

Se diseñó una mezcla para $>210 \text{ kg/cm}^2$, obteniendo 51 kg/cm^2 . Con 10 %, 15 % y 20 % de sustitución, las resistencias fueron 57.77 , 42.30 y 43.16 kg/cm^2 , cumpliendo la normativa, mientras que con 25 % y 30 % no se alcanzó la resistencia requerida.

Los resultados confirman que sustituir hasta un 20 % del agregado con plástico reciclado reduce el uso de grava, se reprocesa los residuos plásticos cumpliendo con el reemplazo de los materiales industrializados por componentes que ayudan a reciclar y mitigar el impacto de la sobreproducción de los recursos naturales, a su vez el diseño de mezcla soluciona el gasto innecesario de cemento ayudando a reducir la sobreexplotación de este material.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la fabricación de 6 bloques cada 5 minutos, para un mejor rendimiento y resultados a la hora de elaborar los bloques, se pueden crear los bloques con grava de menor granulometría y la mezcla de varias arenas finas para obtener una granulometría de árido fino óptima, al igual de aditivos que puedan disminuir el tiempo de curado y aumentar la resistencia, sin sobrepuestos.

Se recomienda no aumentar la cantidad de plástico, ya que el acabado del bloque sería arenoso y su resistencia disminuiría considerablemente, si se aumenta la cantidad de plástico este debería pasar por las cuchillas de menor tamaño y mejorar la relación agua-cemento de la mezcla, sin embargo, aumentarían los precios.

Se recomienda diseñar la mezcla con diferentes granulometrías de plástico para obtener un mejor resultado, elaborando un estudio sobre la obtención, procesamiento y almacenamiento del plástico como materia prima de los bloques de concreto.

El diseño de mezcla puede ser optimizado para crear adoquines y bloques de diferentes formas, resistencias y usos, utilizando desmoldantes a la hora de elaborar el bloque para obtener un mejor terminado y acotar tiempos en la fase de desmolde.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute (ACI). (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14).
- Andece. (2019). *Muros de bloques y ladrillos de hormigón*. Madrid.
- Angumba, P. (2016). Ladrillos elaborados con plástico (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Arrieta, J y Peñaherrera, E. (2000). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora (Programa científico PC - CISMID). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Peru
- Coria, I. D., (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20),125-135.[fecha de Consulta 11 de Noviembre de 2024]. ISSN: 0329-3475. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010>
- Giraldo, O. (1987). Guía práctica para el diseño de mezclas de hormigón. Métodos A.C.I. 211.1 Hormigón Normal, A.C.I. 211.1 Hormigón con Adiciones. Fuller Thompson, Bolomey, Faury. (Trabajo para promoción a profesor asistente). Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional, Seccional Medellín.
- Holcim Ecuador S.A. (2013). Evolución de las normas. Evolución de las normas. Guayaquil, Guayas, Ecuador: holcim .
- Instituto Colombiano de Productores de Cemento. (1999). Notas Técnicas, Fabricación de Bloques de Concreto. ICPC, Bogotá, Departamento de Cundimarca, Colombia.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Centro hidráulico: definición de términos. NTE INEN 151. Quito, Pichincha, Ecuador: Servicio ecuatoriano de normalización, INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. (Diciembre de 2014). Norma 638, primera revisión 1993. Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales. Quito, Pichincha, Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Noviembre de 2016). Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo. NTE INEN 3066. Quito, Pichincha, Ecuador: Servicio ecuatoriano de normalización, INEN.
- Jaén, P y Araujo, R. (2020). Viviendas sociales de baja densidad con bloques de hormigón: tradición y actualidad. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/67557/1/Viviendas_Bloque_Hormigon.pdf
- Manzaba, C y Moreira, W. (2019). Análisis comparativo de las propiedades fisicomecánicas del hormigón tradicional de 28 MPa con un hormigón alivianado utilizando el cuesco del fruto de la palma africana como sustituto del agregado grueso en diferentes porcentajes. (Proyecto de titulación de pregrado) Universidad Estatal Península de Santa Elena, la Libertad, Ecuador.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI]. (2015). Norma ecuatoriana de la construcción: Hormigón armado (NEC-SE-HM). Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf>
- Omnexus. (s.f.). Polypropylene (PP) Plastic: Types, Properties, Applications & Benefits. Omnexus by SpecialChem. Recuperado de <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>
- Pérez, F. P. (2016). Fabricación de bloques de hormigón con áridos reciclados para colocación en sitio de exposición Cayo Santa María. Villa Clara, Cuba, Cuba: Facultad de Construcciones Departamento de Ingeniería Civil.
- Porras, O. (2018). Diseño y Elaboración de Bloques de Hormigón sostenibles cumpliendo las Normas "NTE INEN", Mejorando las características físicas mediante la corrección de

procesos de fabricación en la provincia de Cotopaxi (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Preservation Artisans Guild. (2018, August 22). Concrete Houses in Portland, Oregon. Preservation Artisans. <https://www.preservationartisans.org/2018/08/22/concrete-houses-portland-oregon/>

Tensolite. (s.f.). Tensoblock vs. ladrillos comunes. Tensolite. <https://tensolite.com/noticias/tensoblock-vs-ladrillos-comunes>

Trowel Trades. (2023, June 6). A Short History of the Cinder Block. Trowel Trades. <https://troweltrades.net/2023/06/06/a-short-history-of-the-cinder-block/>


Urgilés, D. (2017). Inventario del ciclo de vida para la determinación de la energía incorporada y las emisiones de CO2 en el proceso de elaboración del bloque en una fábrica de Cuenca-Ecuador. (Proyecto de Maestría en Arquitectura Bioclimática). Universidad De Cuenca, Cuenca, Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Mendoza, L. (2022). Fabricación de bloques de cemento con agregados de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador.
- Neira, W. (2018). Análisis de las propiedades mecánicas de bloques de hormigón con fibras de cabuya (Trabajo de titulación de pregrado). Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). NEC-SE-HM , ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. Quito: Hábitat y vivienda.gob.
- Santacruz, W. Velasteguí, E. (2018). Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma INEN 3066. (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil mención estructuras). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Bottle First. (2023). What Are Water Bottle Caps Made Of? Polypropylene! Recuperado de <https://bottlefirst.com/what-are-water-bottle-caps-made-of-polypropylene>
- Dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual NTE INEN 3066. (2020). *Revista Tecnológica - ESPOL*, 32(1), 7. <https://doi.org/10.37815/rte.v32n1.688>
- Ecuador presentó la hoja de ruta para reducir impactos por la contaminación de plásticos – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (n.d.). <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-presento-la-hoja-de-ruta-para-reducir-impactos-por-la-contaminacion-de-plasticos/>
- Ecuador lidera una histórica hoja de ruta para reducir la contaminación. (n.d.). <https://www.wwf.org.ec/?389213/Ecuador-lidera-una-historica-hoja-de-ruta-para-reducir-la-contaminacion--por-plasticos#:~:text=En%20su%20primera%20etapa%2C%20se,de%20basura%20pl%C3%A1stica%20al%20a%C3%B1o.>
- Cárdenas Toapanta, P. M., N/A, & Morales Atahualpa, I. A., N/A. (2022). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DE MÁQUINA EXTRACTORA DE FIBRAS DE POLIÉSTER A PARTIR DE BOTELLAS RECICLADAS PET, CON UNA CAPACIDAD DE 5 kg/h. In Trabajo De Titulación Previo a La Obtención Del Título De Ingenieros Mecánicos. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23450/1/UPS%20-%20TTS1038.pdf>

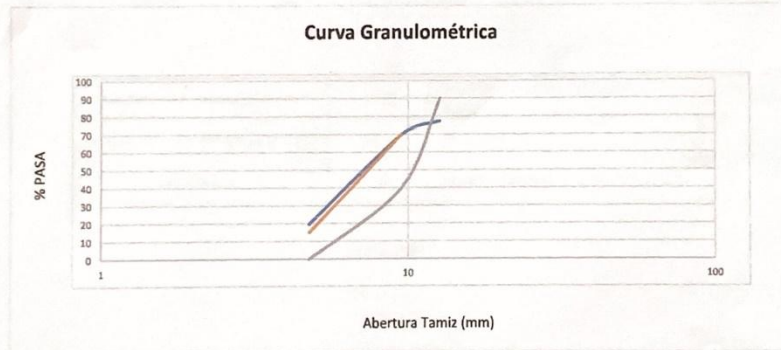
ANEXOS

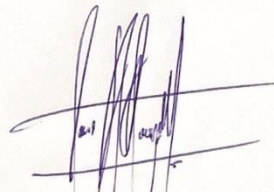
Anexo A: Granulometría grava

	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
	GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA
PROYECTO: <u>Proyecto de Titulación</u>	
MUESTRA: <u>1</u>	
SOLICITADO POR: <u>Sebastian Campos</u>	
FECHA: <u>9/1/2025</u>	


TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	ESPECIFICACIONES NORMA	
						LÍMITE	LÍMITE
3"	76.2	0	0	0	100	—	—
2 1/2"	63.5	0	0	0	100	—	—
2"	50.8	0	0	0	100	—	—
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	—	—
1"	25.4	0	0	0	100	—	—
3/4"	19.1	0	0	0	100	100	100
1/2"	12.7	2158	2158	22.39	77.61	90	100
3/8"	9.52	747.5	2905.5	30.15	69.85	40	70
Nº4	4.76	5027	7932.5	82.33	19.67	0	15
Fondo		1580					

Peso antes del ensayo (gramos) =	Peso después del ensayo (gramos) =
----------------------------------	------------------------------------




 LABORATORISTA

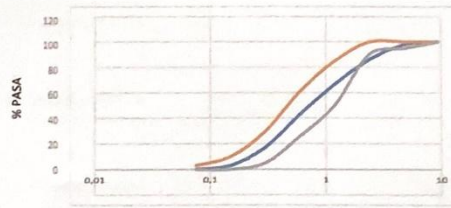
Anexo B: Granulometría Arena

 Universidad Católica de Cuenca	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
	GRANULOMETRÍA DE LA ARENA	
PROYECTO:	Proyecto de Titulación	
MUESTRA:	1	
SOLICITADO POR :	Sebastian Campos	
FECHA:	9/1/2025	

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gramos)	PESO RET. ACUMULADO (gramos)	% RETENIDO	% PASA	ESPECIFICACIONES NORMA	
						LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
1"	25.4	0	0	0	—	—	—
3/4"	19.1	0	0	0	—	—	—
1/2"	12.7	0	0	0	—	—	—
3/8"	9.52	0	0	0	100	100	100
Nº4	4.76	14.1	14.1	2.06	97.94	95	100
Nº8	2.38	80.6	84.7	13.85	86.75	90	100
Nº16	1.19	134.0	228.7	33.45	66.55	50	85
Nº30	0.58	168.2	396.9	58.05	41.95	25	60
Nº50	0.3	168.3	565.2	82.66	17.34	5	30
Nº100	0.15	97.6	662.8	96.94	3.06	0	1
Nº200	0.075	18.6	681.4	99.66	0.34	0	3
FONDO		0.6					
TOTAL							

Peso antes del ensayo (gramos) =	700	Peso húmedo antes del lavado (gramos) =	700
Peso después del ensayo (gramos) =	683.7	Peso seco antes del lavado (gramos) =	700
% Humedad =	0	Peso seco después del lavado (gramos) =	


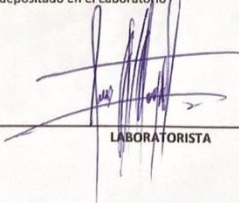
Curva Granulométrica



Abertura Tamiz (mm)

LABORATORISTA

ANEXO C: Gravedad Específica de los agregados (gruesos y finos)

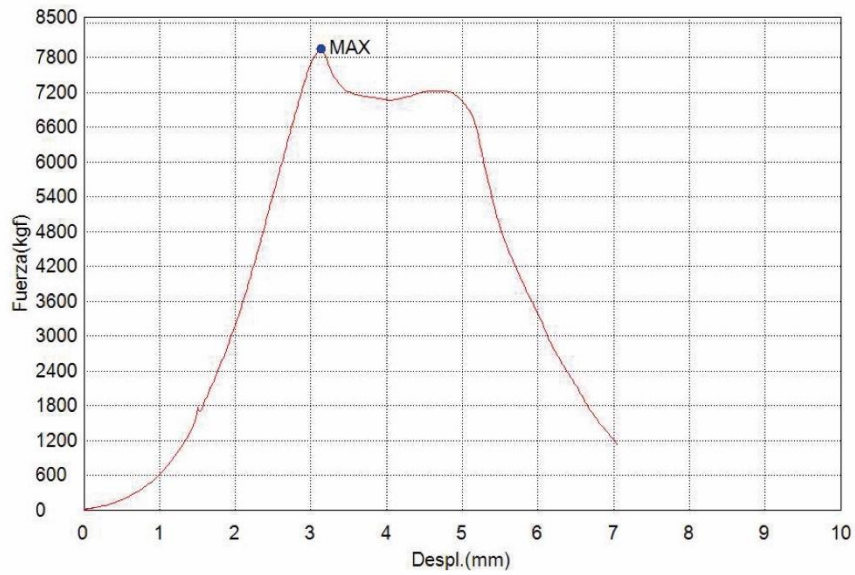
 Universidad Católica de Cuenca	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS (GRUESOS Y FINOS)		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA: MÉTODO VOLUMÉTRICO		
A=	B: 1172	MASA EN AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO
B=	B: 1202	MASA EN AIRE DE LA MUESTRA SSS
C=	B: 753	MASA APARENTE EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA AL HORNO} = \frac{A}{(B - C)} = 2.61$		
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO} = \frac{B}{(B - C)} = 2.67$		
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE} = \frac{A}{(A - C)} = 2.79$		
$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.55$		
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA: MÉTODO GRAVIMÉTRICO		
Material Pasante en el Tamiz No. 4		
A=	B: 287.5	MASA DE LA MUESTRA SECA AL HORNO
B=	B: 3116.5	PICNÓMETRO + AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN
C=	B: 3294	PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN
S=	B: 300	MASA DE LA MUESTRA SSS
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA AL HORNO} = \frac{A}{(B+S-C)} = 2.34$		
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO} = \frac{S}{(B+S-C)} = 2.44$		
$\text{GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE} = \frac{A}{(B+A-C)} = 2.61$		
$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{(S-A) \times 100}{A} = 4.34$		
OBSERVACIONES: Muestra depositado en el Laboratorio		
 LABORATORISTA		

ANEXO D Ensayo Cilindro 1

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20241219_1054.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/12/2024	Fecha de ensayo	19/12/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1 _ 1	7950	42,1
Media	7950	42,1
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



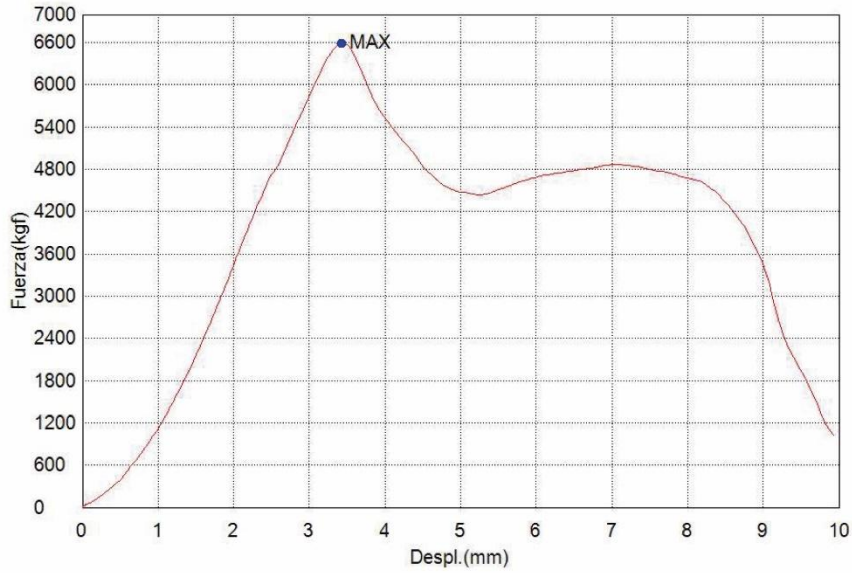
Comentarios

Anexo E: Ensayo Cilindro 2

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20241219_1054.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	19/12/2024	Fecha de ensayo	19/12/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	6590	37,3
Media	6590	37,3
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



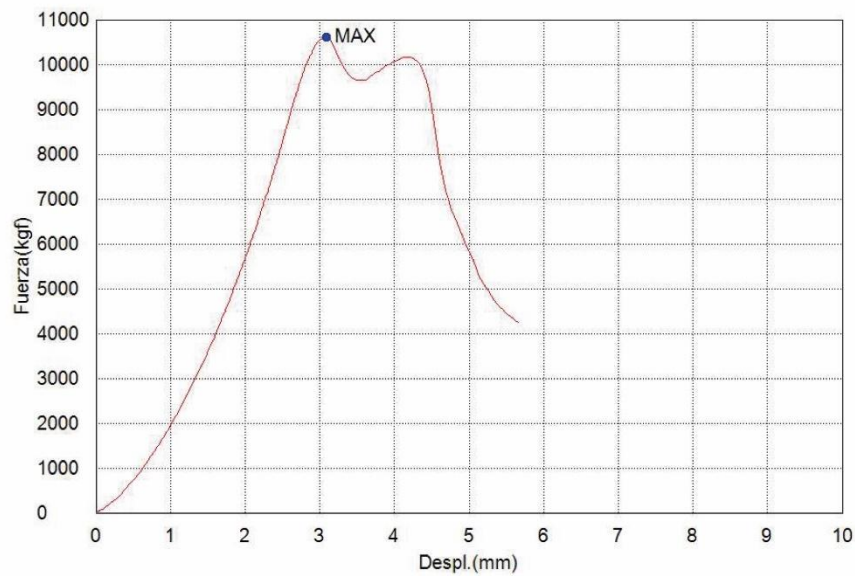
Comentarios

AnexoF: Ensayo Cilindro 3

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20241226_1225.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	26/12/2024	Fecha de ensayo	26/12/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	10600	60
Media	10600	60
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



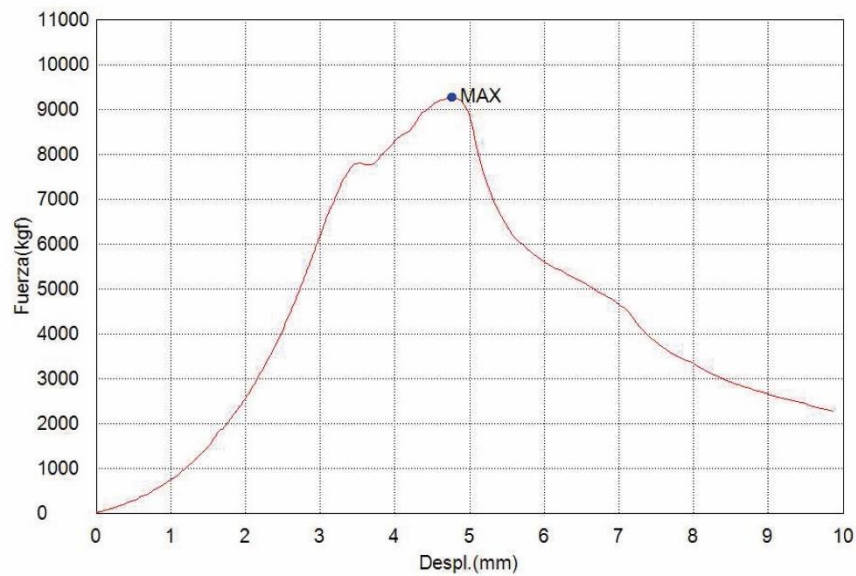
Comentarios

Anexo G: Ensayo Cilindro 4

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20241226_1225.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	26/12/2024	Fecha de ensayo	26/12/2024
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	9260	52,4
Media	9260	52,4
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



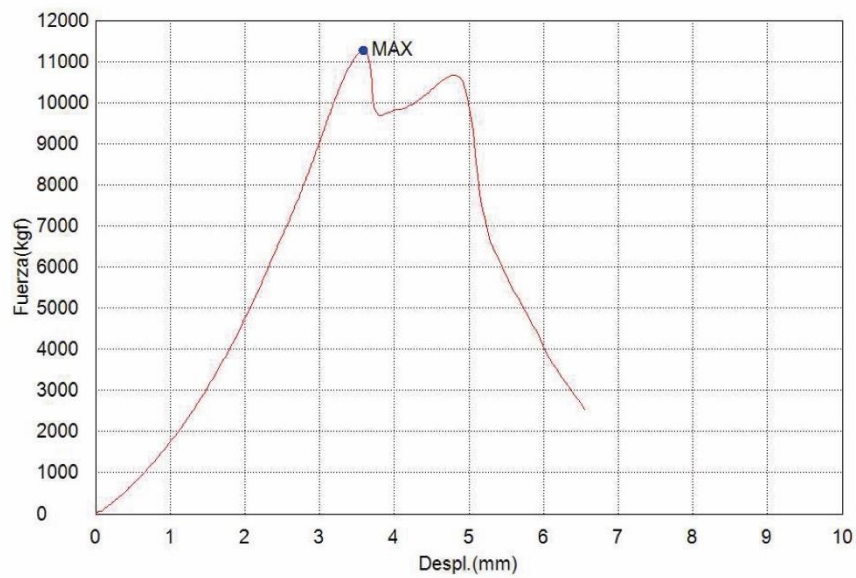
Comentarios

Anexo H: Ensayo Cilindro 5

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250109_1240.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	9/1/2025	Fecha de ensayo	9/1/2025
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	11300	62,7
Media	11300	62,7
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



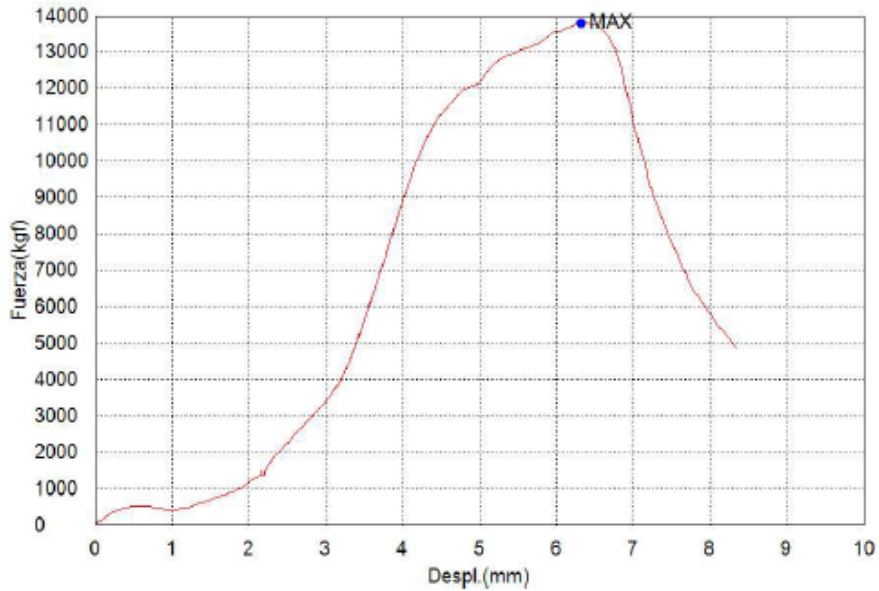
Comentarios

Anexo I: Bloque N° 1

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250116_1532.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	16/1/2025	Fecha de ensayo	16/1/2025
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2.5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._Tension Calc. at Entire Areas kgf/cm2
1_1	13800	170
Media	13800	170
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0.00000	0.00000

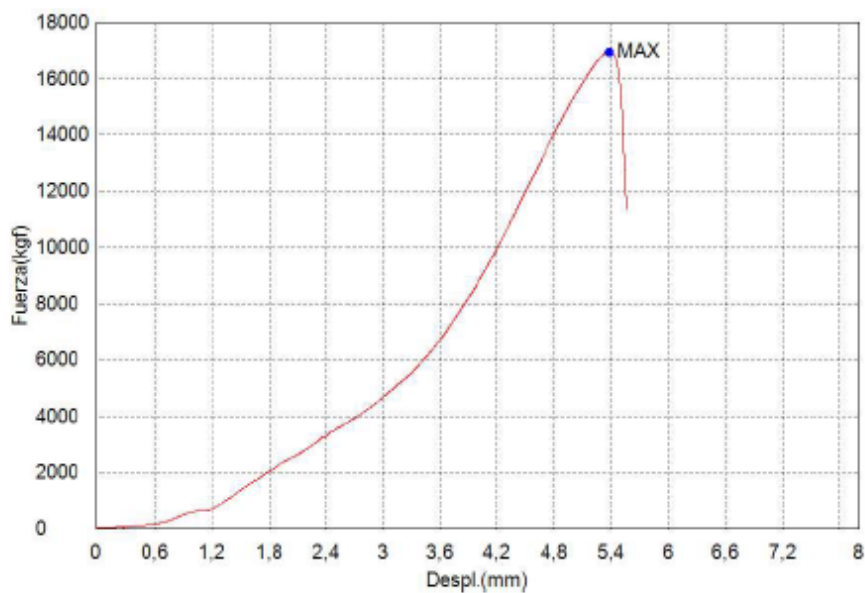


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1057.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas Unidad kgf	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas Unidad %	Max._Tension Calc. at Entire Areas Unidad kgf/cm2
1_1	16949,8	2,68894	58,14
Media	16949,8	2,68894	58,14
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

10%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250116_1544.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	16/1/2025	Fecha de ensayo	16/1/2025
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max. Fuerza	Max. Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	9430	116
Media	9430	116
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



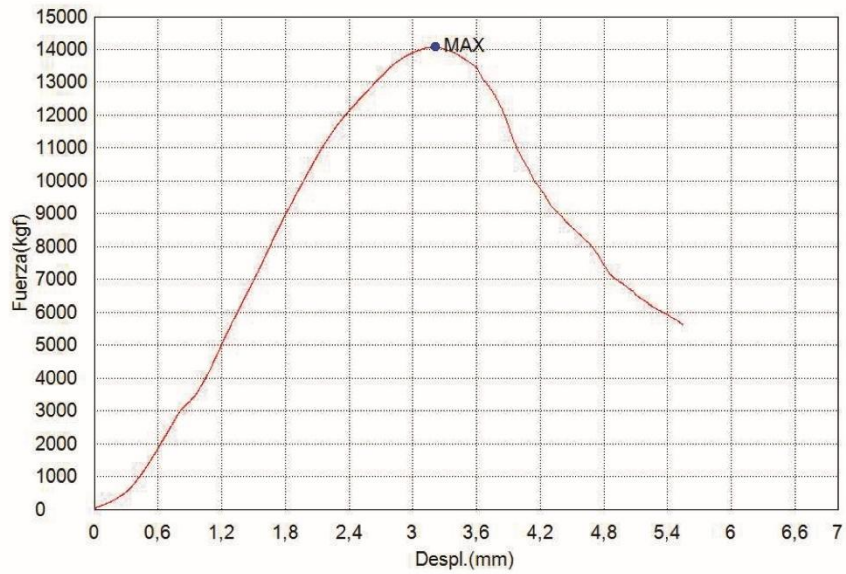
Comentarios

10%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1214.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Deformacion	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1_1	14074,1	1,60769	48,27
Media	14074,1	1,60769	48,27
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



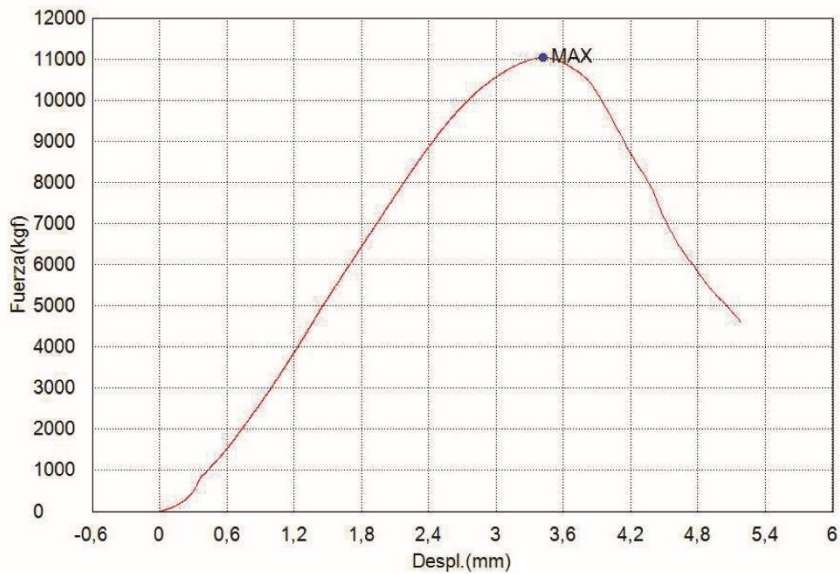
Comentarios

15%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1138.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Deformacion	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1 _ 1	11037,3	1,71031	37,86
Media	11037,3	1,71031	37,86
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



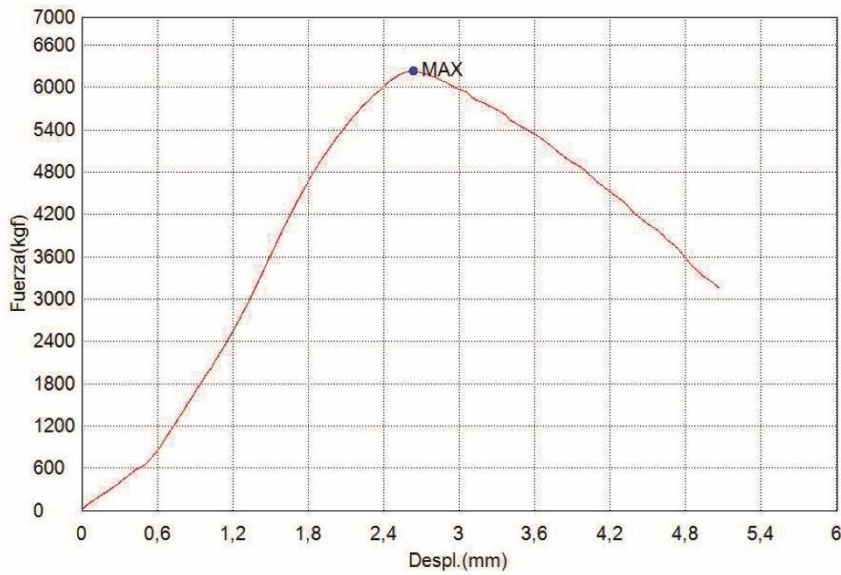
Comentarios

15%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	20250122_1142.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %	Max._Tension Calc. at Entire Areas kgf/cm2
1 _ 1	6228,68	1,31869	21,36
Media	6228,68	1,31869	21,36
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



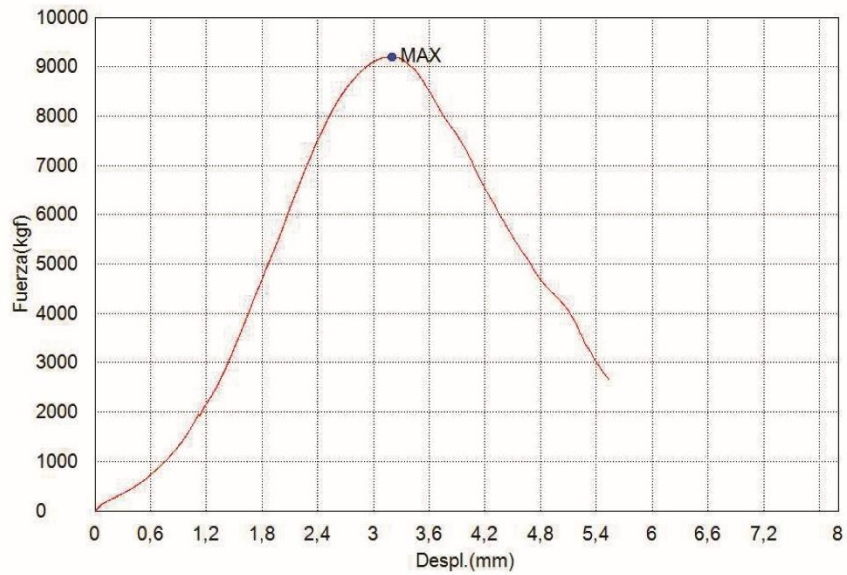
Comentarios

20%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1205.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Deformacion	Max_Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1_1	9197,33	1,60156	31,55
Media	9197,33	1,60156	31,55
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

20%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1202.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max. Fuerza	Max. Deformacion	Max. Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1_1	10782,7	1,54238	36,98
Media	10782,7	1,54238	36,98
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

Anexo Q: Bloque N° 9

25%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1154.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N° de partidas:	1	N° de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Deformacion	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1_1	7087,38	1,08263	24,31
Media	7087,38	1,08263	24,31
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

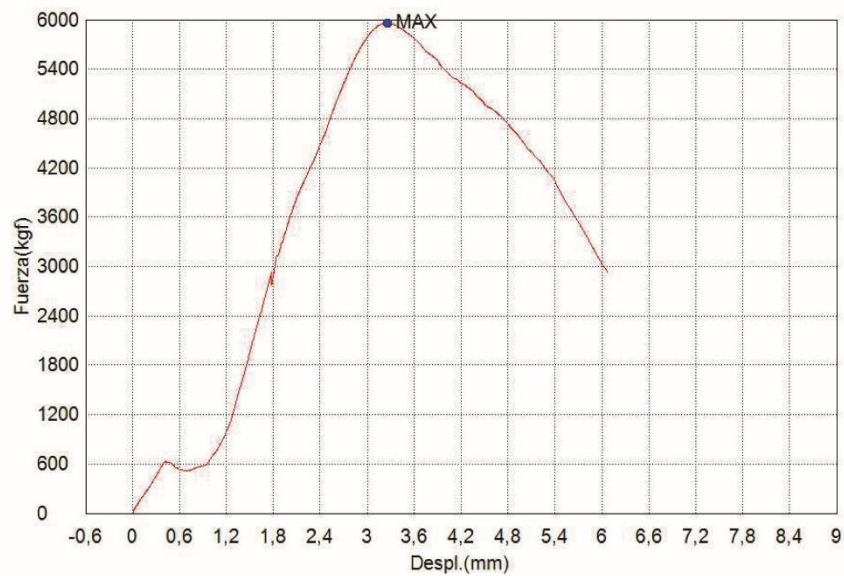
Anexo R: Bloque N° 10

25%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250122_1146.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza	Max._Deformacion	Max._Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1 _ 1	5959,41	1,63238	20,44
Media	5959,41	1,63238	20,44
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

30%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250116_1508.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	16/1/2025	Fecha de ensayo	16/1/2025
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N° de partidas:	1	N° de muestras:	1

Nombre	Max. Fuerza	Max. Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2
1_1	5600	68,9
Media	5600	68,9
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



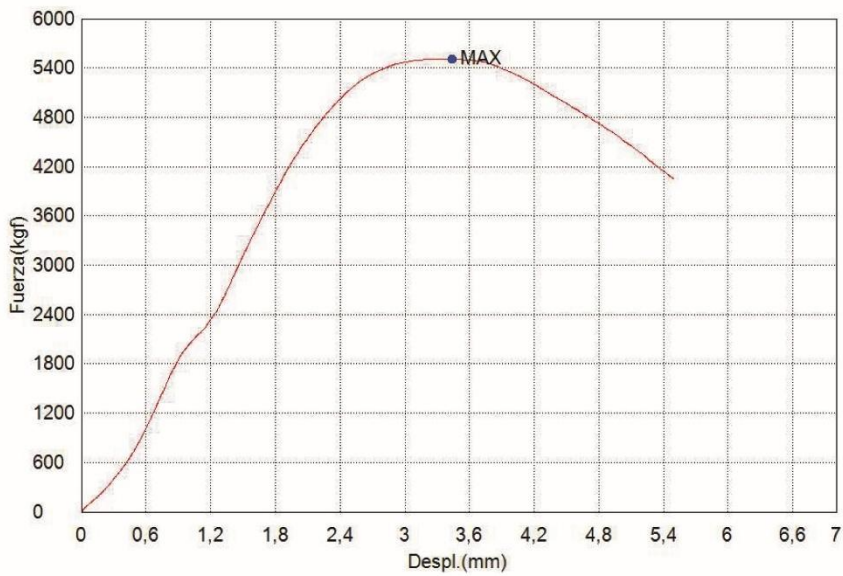
Comentarios

30%

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	20250122_1133.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	22/1/2025	Fecha de ensayo	22/1/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,5kgf/cm2/sec	Forma	Plana
N° de partidas:	1	N° de muestras:	1

Nombre	Max. Fuerza	Max. Deformacion	Max. Tension
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	%	kgf/cm2
1 _ 1	5510,09	1,71906	18,90
Media	5510,09	1,71906	18,90
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000



Comentarios

Anexo U: Calculo de relación de las dosificaciones de 4 estudios de investigación

Tabla U.1: Relación de 4 dosificaciones.

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
1) Dosificación para 0.043800 m ³	1	3.56	2.40	0.79
2) Dosificación para 0.000125 m ³	1	2	0	0.56
3) Dosificación para 0.092000 m ³	1	1.6	1.97	0.48
4) Dosificación para 1.000000 m ³	1	2.14	0.85	0.92

Fuente: (Autor, 2024).

Se analiza las dosificaciones utilizadas para cada volumen, luego se compara con respecto a la cantidad de volumen necesario para la fabricación de un bloque de 0.0073m³ de volumen, según la norma NTE INEN 3066.

Para obtener las dosificaciones de peso, se realiza una regla de tres simple, ejemplo: Para calcular la cantidad de cemento que se utiliza para 0.0073 m³, se debe multiplicar en este caso: El volumen por la cantidad de cemento utilizada y se divide para el volumen de 0.0438m³. tabla No 10. Se realiza de igual manera para cada agregado y agua.

a. Cálculo de la cantidad de peso de dosificaciones del volumen No 1 para el V del bloque.

Tabla U.2: Relación de dosificaciones de peso para 0.0438 m³ y 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
1) Volumen = 0.0438m ³	13.58	48.46	32.72	10.74
V bloque 0.0073 m ³	2.26	8.08	5.45	1.79

Fuente: (Autor, 2024).

Para obtener la relación de dosificaciones de la tabla No10, se divide el peso del cemento sobre el peso de los componentes, se obtiene una relación 1 C :3.6 AF :2.40 AG: 0.79 H₂O de porciones entre un V de 0.0438 y 0.0073 m³, respectivamente.

b. Cálculo de la cantidad de peso de dosificaciones del volumen No 2 para el V del bloque.

Tabla U.3: Relación de dosificaciones de peso para 0.0015 m³ y 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
2) Volumen = 0.000125m ³	1.065	2.13	0	0.5954
V bloque 0.0073 m ³	5.18	10.34	0	2.91

Fuente: Autor, 2024).

Para obtener la relación de dosificaciones de la tabla No11, se divide el peso del cemento sobre el peso de los componentes, se obtiene una relación 1 C : 2 AF : 0 AG: 0.56 H₂O de porciones entre un V de 0.0015 y 0.0073 m³, respectivamente.

c. Cálculo de la cantidad de peso de dosificaciones del volumen No 3 para el V del bloque.

Tabla U.4: Relación de dosificaciones de peso para 0.092 m³ y 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
3) Volumen = 0.092m ³	40.21	65.54	79.59	19.56
V bloque 0.0073 m ³	3.14	5.17	6.09	1.56

Fuente: (Autor, 2024).

Para obtener la relacion de dosificaciones de la tabla No12, se divide el peso del cemento sobre el peso de los componentes, se obtiene una relacion 1 C : 1.6 AF : 1.97 AG: 0.48 H2O de porciones entre un V de 0.092 y 0.0073 m³, respectivamente.

d. Cálculo de la cantidad de peso de dosificaciones del volumen No 4 para el V del bloque.

Tabla U.5 Relación de dosificaciones de peso para 1.00 m³ y 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
4) Volumen = 1m ³	59.02	126.45	50.58	54.64
V bloque 0.0073 m ³	8.08	17.32	6.92	7.48

Fuente: (Autor, 2024).

Para obtener la relacion de dosificaciones se divide el peso del cemento sobre el peso de los componentes, se obtiene una relacion 1 C : 2.4 AF : 0.85 AG: 0.92 H2O de porciones entre un V de 1.00 y 0.0073 m³, respectivamente.

e. Resultado de las dosificaciones en kg de peso para un bloque de 0.0073 m³ de volumen basados en el volumen de cada estudio.

A continuacion se detalla la tabla No 13, se obtiene 4 dosificaciones para la elaboracion del bloque. La dosificacion de cada investigacion esta en base a la proporcion de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.

Tabla U.6: Dosificaciones de peso para 0.0073 m³

Cantidad	Cemento (kg)	Arido Fino (kg)	Arido Grueso (kg)	Agua (lts)
1) Dosificación para 0.043800 m ³	2.26	8.08	5.45	1.79
2) Dosificación para 0.000125 m ³	5.18	10.34	0	2.91
3) Dosificación para 0.092000 m ³	3.14	5.17	6.09	1.56
4) Dosificación para 1.000000 m ³	8.08	17.32	6.92	7.48

Fuente: (Autor, 2024).

Para fabricar 1 bloque de 0.0073 m³ de volumen con una medida de 15 cm ancho x 20 cm alto x 40 cm largo, un tabique de 1.9 cm y paredes de 2.5 cm, la NTE INEN 872 especifica: El espesor del agregado fino sera con un tamizado de 4.75 mm hasta el tamiz numero 200 de 0.074 mm, mientras que para el agregado grueso se puede utilizar una combinacion de aridos finos que

sumen el resultado del espesor de un arido grueso, es decir el resultado de la suma de los tres agregados debera dar de 4.75 mm a 1.18 cm para ser un arido grueso. Debido al espesor de las paredes y tabique del bloque, el tamaño max del agregado sera de 9.5 mm. Se recomienda un cemento tipo GU o tipo 1 de uso general con una relacion A/C de 0.5. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2010).

Anexo V: Resultados del Análisis de ahorro de plástico como sustitución del agregado grueso, árido grueso o grava para los bloques prototipos

4.8.4 Bloque del 25 %

Representa un ahorro de 2.0 kg de grava de los 8 kg del diseño. Tabla 41. El bloque tiene una resistencia promedio de 2.76 Mpa. Cumple como tipo C para losas alivianadas de hormigón armado. Tiene una diferencia de 0.71 MJ de ahorro de energía frente al bloque patrón o prototipo con el 0% de plástico. 0.8 kg de grava representan 0.8 ctvs., de los 8kg de grava. El bloque del 25 % con una energía incorporada de 6.07 MJ ahorra 2.27 MJ de ahorro de energía incorporada frente a los 8.34 MJ del bloque distribuido en el mercado de Cuenca.

Tabla V.1: Precios de la grava

Peso (kg)	V (m3)	Cant para Producir Bloques	Cant	Total \$
8	0.003530726	1	1	0,08 \$
1012.65	1	126.5	1	23.75 \$

Fuente: (Autor, 2024).

Comparación entre el precio de la cantidad de kg utilizados para la elaboración de los bloques de concreto y 8 kg de la dosificación individual de cada bloque:

En 1 bloque del 25 % de plástico, se ahorran 2.0 kg de grava natural y 2.27 MJ de EI.

En 10 bloques del 25 % de plástico, se ahorran 20 kg de grava natural y 22.70 MJ de EI

En 100 bloques del 25 % de plástico, se ahorran 200 kg de grava natural y 227 MJ de EI

En 1000 bloques del 25 % de plástico, se ahorran 2000 kg de grava natural y 2270 MJ de EI

Tabla V.2: Resultados

Nº	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H / bloque	\$ ahorrado
1	1	2.0	6.0	2.27	0.83	0.0138	0.02
2	10	20	60	22.70	8.3	0.138	0.20
3	100	200	600	227.00	83.3	1.38	2.00
4	1000	2000	6000	2270.00	833	13.88	20

Fuente: (Autor, 2024).

Por cada 1000 bloques fabricados en 13.88 h, es decir, en 1.73 días laborables, se ahorran 2000 kg de plástico. En un mes se producen 17280 bloques, por lo que, el ahorro de plástico, es de 34682.08 kg y 39225.60 MJ de Energía Incorporada,

Cada mes se ahorran 34560 kg de plástico, es decir, 34.56 Tn. El kg de plástico en el mercado tiene un valor de 0.54 ctvs., por lo que, se ahorrarían 18662 dólares con 0.40 ctvs., considerando que el plástico proviene de campañas de recolección.

7200 kg de grava tienen un valor de \$168.86, considerando que 8 m3 de grava tiene un valor de \$180.00.

Por lo tanto, en 1000 bloques se reutilizarán 2000 kg de plástico, al mes se reutilizarán 34560 kg de plástico. El ahorro en la obtención del plástico, es igual a 345.60 \$ de árido grueso.

4.8.5 Bloque del 30 %

Representa un ahorro de 2.4 kg de grava de los 8 kg del diseño, Tabla 41. El bloque tiene una resistencia de 2.52 Mpa. El bloque cumple como tipo C para losas alivianadas de hormigón armado. 8 kg representa 20 ctvs. de un saco de 60 kg por lo que 2.4 kg representa 0.06 ctvs. de los 8kg de grava

Representa un ahorro de 2.4 kg de grava de los 8 kg del diseño. Tabla 41. El bloque tiene una resistencia promedio de 2.52 Mpa. Cumple como tipo C para losas alivianadas de hormigón armado. Tiene una diferencia de 0.85 MJ de ahorro de energía frente al bloque patrón o prototipo con el 0% de plástico. 0.8 kg de grava representan 0.8 ctvs., de los 8kg de grava. El bloque del 25 % con una energía incorporada de 6.21 MJ ahorra 2.13 MJ de ahorro de energía incorporada frente a los 8.34 MJ del bloque distribuido en el mercado de Cuenca.

Tabla V.3: Precios de la grava

Peso (kg)	V (m3)	Cant para Producir Bloques	Cant	Total \$
8	0.003530726	1	1	0,08 \$
1012.65	1	126.5	1	23.75 \$

Fuente: (Autor, 2024).

Comparación entre el precio de la cantidad de kg utilizados para la elaboración de los bloques de concreto y 8 kg de la dosificación individual de cada bloque:

En 1 bloque del 30 % de plástico, se ahorran 2.4 kg de grava natural y 2.13 MJ de EI.

En 10 bloques del 30 % de plástico, se ahorran 24 kg de grava natural y 21.30 MJ de EI.

En 100 bloques del 30 % de plástico, se ahorran 240 kg de grava natural y 213 MJ de EI.

En 1000 bloques del 30 % de plástico, se ahorran 2400 kg de grava natural y 2130 MJ de EI.

Tabla V.4: Resultados

N°	Producción de bloques	Kg reciclados	Cant de grava	MJ Ahorro de Energía Incorporada	Min / bloque	H / bloque	\$ ahorrado
1	1	2.4	5.6	2.13	0.83	0.0138	0.02
2	10	24	56	21.30	8.3	0.138	0.24
3	100	240	560	213.00	83.3	1.38	2.40
4	1000	2400	5600	2130.00	833	13.88	24

Fuente: (Autor, 2024).

Por cada 1000 bloques fabricados en 13.88 h, es decir, en 1.7 días laborables, se ahorra 2400 kg de plástico. En un mes se producen 17280 bloques por lo que el ahorro de plástico, es de 41472 kg y 36806.40 MJ de Energía Incorporada,

Cada mes se ahorra 41472 kg de plástico, es decir, 41.47 Tn. El kg de plástico en el mercado tiene un valor de 0.54 ctvs., por lo que, se ahorrarían 22394 dólares con 0.88ctvs., considerando que el plástico proviene de campañas de recolección.

7200 kg de grava tienen un valor de \$168.86, considerando que 8 m3 de grava tiene un valor de \$180.00.

Por lo tanto, en 1000 bloques se reutilizarán 2400 kg de plástico, al mes se reutilizarán 41472 kg de plástico. El ahorro en la obtención del plástico, es igual a 414.72 \$ de árido grueso.

Anexo W: Informe del resultado final de cada bloque con diferente % de plástico

Se identifican las características de cada bloque, su acabado con diferente dosificación, la cantidad de residuos reciclados, para realizar las pruebas de absorción y compresión.

4.4.1 Bloque dosificación plástico 0 %

Se reemplaza 0.00 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 42.

Tabla W.1: Porcentaje de plástico por kg de grava, 0% para un bloque

Dosificación Grava	% Plástico	Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Sustitución del agregado grueso por plástico							
				Peso de Grava + Plástico							
				Grava 1B	Plástico 1B	Total 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total, 3B		
8 kg	x	00 %	=	0,0 kg	1	8,0	0,0	8	24,00	0,00	24,00

Fuente: (Autor, 2024).

a. Bloque dosificación (Kg)

0.91 H2O 2.1 C 7.0 A 8.0 G 0 PP

Bloques 0 % PP



Fig 74: Resultado
Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 0 %

Tabiques 25 mm



Fig 75: Bloques prototipos
Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 76: Resultado

Fuente: Autor (2024).

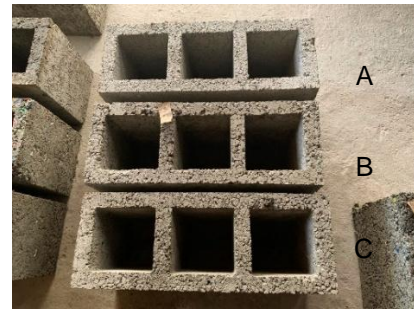


Fig 77: Bloques prototipos

Fuente: Autor (2024).

Tabla W.2: Resultados dosificación 0 %

0 %	Prueba	Volumen m ³	Medidas	Peso	Resistencia	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0079	40x20x15	14.92	87.16	B	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0079	40x20x15	14.84	-----	-----	26/12/24
Bloque C	Absorción	0.0079	40x20x15	12.12	-----	B	26/12/24

Fuente (Autor, 2024).

4.4.2 Bloque dosificación plástico 25 %

Se reemplaza 2.00 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 42.

Tabla W.3: Porcentaje de plástico por kg de grava 25%

Dosificación Grava	% de dosificación plástico	Sustitución del agregado grueso por plástico									
		Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Peso de Grava + Plástico							
				Grava 1B	Plástico 1B	Total 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total, 3B		
8 kg	x	2,0 kg	1	6,0	2,0	8	18,0	6,00	24		

Fuente: (Autor, 2024).

a. *Bloque dosificación (Kg)*

0.91 H2O 2.1 C 7.0 A 6.0 G 2.0 PP

Bloques 25 % PP



Fig 78: Bloques 3 alveolos

Fuente: Autor (2024).

Tabiques 35 mm espesor,



Fig 79: Bloques 40*20*20

Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 30 %



Fig 80: Tabiques

Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 81: Bloque A, B, C

Fuente: Autor (2024).

Tabla W.4: Resultados dosificación 25%

25 %	Prueba	Volumen m ³	Medidas	Peso	Resistencia	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0078	40x20x15	10.99	30.85	C	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0078	40x20x15	11.23	25.55	C	03/01/25
Bloque C	Absorción	0.0078	40x200x15	12.17	----	C	28/12/25

Fuente: Autor, (2024).

4.4.3 Bloque dosificación plástico 30 %

Se reemplaza 2.40 kg de grava por plástico triturado (PP) para un bloque. Tabla 42.

Tabla W.5: Porcentaje de plástico por kg de grava 30

Dosificación Grava	%	%	=	Total, de plástico para 8 kg	Cantidad	Sustitución del agregado grueso por plástico					
						Grava 1B	Plástico 1B	Total 1B	Grava 3B	Plástico 3B	Total, 3B
8 kg	x	30 %	=	2,4 kg	1	5,60	2,40	8	16,8	7,2	24

Fuente: % (Autor, 2024).

a. Bloque dosificación (Kg)

0.91 H2O 2.1 C 7.0 A 5.6 G 2.4 PP

Bloques 30 % PP



Fig 82: Resultado
Fuente: Autor (2024).

Tabiques 35 mm



Fig 83: Bloques prototipos
Fuente: Autor (2024).

Bloques C, B, A dosificación 30 %



Fig 84: Resultado

Fuente: Autor (2024).

Bloques arena TNM tamiz 100, grava 3/8



Fig 85: Bloques prototipos

Fuente: Autor (2024).

Tabla W.6 Resultados dosificación 30%

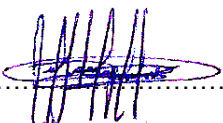
30 %	Prueba	Volumen m ³	Medidas	Peso	Resistencia	Uso	Fecha de creación
Bloque A	Compresión	0.0078	40x20x15	10.20	27.87	C	03/01/25
Bloque B	Compresión	0.0078	40x20x15	10.70	23.62	C	01/01/25
Bloque C	Absorción	0.0078	40x20x15	13.31	-----	C	01/01/25

Fuente. (Autor, 2024).

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Ariel Sebastián Campos Castro portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106650260. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Reducción del impacto ambiental de los bloques de hormigón a partir de residuos plásticos” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 31 de marzo de 2025

F:.....
Ariel Sebastián Campos Castro
0106650260