



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TEMA

**INFLUENCIA EN LA PERMEABILIDAD DE BLOQUES DE CEMENTO
ELABORADOS CON MADERA PULPABLE**

TUTOR

Mg. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO

AUTORES

**ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR
ALEJANDRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE**

GUAYAQUIL

2022



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Influencia en la permeabilidad de bloques de cemento elaborados con madera pulpable.

AUTOR/ES:

Baquerizo Borbor Enrique Ruperto

Cumbicus Recalde Alejandro Israel

REVISORES O TUTORES:

Mg. Valero Fajardo Carlos Luis

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Tercer nivel de grado

FACULTAD:

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

115

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Cemento, Madera, Humedad, Impacto ambiental, Conservación ambiental.

RESUMEN:

En el Ecuador, como en distintas partes del mundo, se produce cada vez más el crecimiento poblacional, con esto va aumentando la necesidad de construir viviendas o edificios, para esto se requieren de materiales de construcción, siendo los bloques de cemento, el material más utilizado para este fin. Debido a que estas construcciones están expuestas a diversas situaciones como el clima, lluvias o cercanías a ríos o mares, se produce humedad ya sea en el

ambiente como en el subsuelo debido a la absorción capilar que tienen los terrenos, esta humedad afecta a las propiedades físico-mecánicas de los elementos en las paredes, provocando con el tiempo problemas de humedad en las paredes que se presentan como fisuras, corrosiones, erosiones, problemas estructurales, etc., así como también las afectaciones hacia la salud de los habitantes, al encontrarse en un ambiente nocivo. Por otra parte, está la contaminación al medio ambiente producto de los desechos de madera que van dejando las empresas debido al procesamiento de la madera. Esta investigación tiene como objetivo transformar la madera pulpable en un método constructivo alternativo y mejorar la calidad de vida de los habitantes, protegiendo también al medio ambiente al diseñar un prototipo de bloque de cemento con madera pulpable, ampliando también con conocimientos para futuras investigaciones en lo que respecta al desarrollo de la industria de la construcción. Para ello se estudia el comportamiento del bloque tradicional y el comportamiento de los bloques elaborados con madera pulpable, realizando 5 dosificaciones diferentes. Se evaluó las características de los bloques, haciendo ensayos para determinar resistencia, absorción de agua y absorción capilar en los bloques tradicionales y los bloques con madera pulpable con el fin de compararlos e identificar el comportamiento de los bloques frente a los problemas de humedad y verificando si cumplen con las Normas Técnicas Vigentes.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Baquerizo Borbor Enrique Ruperto Cumbicus Recalde Alejandro Israel	Teléfono: 0988181802 0986716579	E-mail: ebaquerizob@ulvr.edu.ec acumbicusr@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Milton Gabriel Andrade Laborde (Decano) Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

INFLUENCIA EN LA PERMEABILIDAD DE BLOQUES DE CEMENTO ELABORADOS CON MADERA PULPABLE

por Alejandro Israel & Enrique Ruperto Cumbicus Recalde & Baquerizo Borbor

Fecha de entrega: 07-mar-2022 06:24p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1778934012

Nombre del archivo: TRABAJO_DE_TITULACION_-BAQUERIZO_Y_CUMBICUS-20-107.pdf (4.36M)

Total de palabras: 19306

Total de caracteres: 94355

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

2

bloqueras.org

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad del Istmo de Panamá

Trabajo del estudiante

1%

4

Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes

Trabajo del estudiante

<1%

5

www.archdaily.co

Fuente de Internet

<1%

6

csustentable.minvu.gob.cl

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

Tutor:



Mg. Ing. Carlos Luis Valero Fajardo

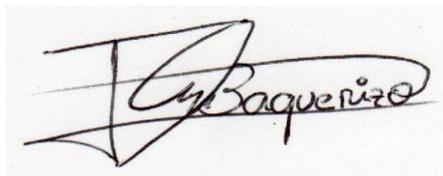
C.I. 0925766461

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR Y ALEJADRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “INFLUENCIA EN LA PERMEABILIDAD DE BLOQUES DE CEMENTO ELABORADOS CON MADERA PULPABLE”, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

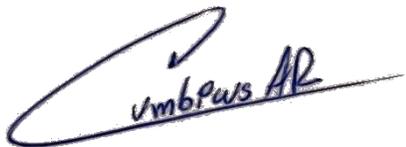
De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



Firma: _____

ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR
C.I. 0925832966



Firma: _____

ALEJADRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE
C.I. 0931589121

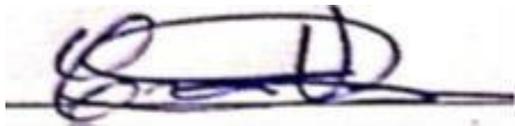
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “INFLUENCIA EN LA PERMEABILIDAD DE BLOQUES DE CEMENTO ELABORADOS CON MADERA PULPABLE”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “INFLUENCIA EN LA PERMEABILIDAD DE BLOQUES DE CEMENTO ELABORADOS CON MADERA PULPABLE”, presentado por los estudiantes ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR Y ALEJADRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: _____



Mg. CARLOS LUIS VALERO FAJARDO

C.C. 0925766461

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de culminar esta prestigiosa carrera, dándome un logro más alcanzado, por ser mi fortaleza en las situaciones más difíciles.

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no creo que sea el único legado del cual yo particularmente me siento muy agradecido, mis padres me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. Ellos son mis pilares de la vida, les dedico este trabajo de titulación. Gracias mamá Gladys Del Roció Recalde Valdez y papá Octavio Eliacer Cumbicus Condolo.

ALEJADRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE.

Mis agradecimientos van dirigidos principalmente a Dios por ser la guía en este largo camino estudiantil, por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante en los mejores y mucho más en los peores momentos, gracias a Él estoy llegando y superando las metas planteadas.

Mis agradecimientos también a mis padres Ab. Armando Enrique Baquerizo Suárez y Nelly Genoveva Borbor De la Cruz, que, con amor y sacrificios, me han educado y brindado valores que hoy en día son necesarios para tener una excelente formación personal.

Agradezco a mis hermanos Dr. Armando Enrique Baquerizo Borbor y Dra. Nelly Maricela Baquerizo Borbor, por brindarme ese apoyo en todos los planes que me he planteado, por ser mis ejemplos a seguir.

Agradezco a todos mis docentes que, a lo largo de este camino, me han impartido sus conocimientos para lograr ser un excelente profesional en mi carrera.

Mis agradecimientos para mi Tutor Mg. Carlos Luis Valero Fajardo, que fue mi docente en mi formación académica, con sus enseñanzas, orientaciones y asesorías, hemos logrado cumplir esta meta.

ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi abuela María Dolores Valdez Robles, quién me animó en este campo de estudio y, durante varios años facilitó mi investigación compartiendo su hogar conmigo cuando necesité un lugar para quedarme. La fuerza y la fe de Juan durante el último año de su vida me dieron una nueva apreciación del significado y la importancia de la amistad. Vivió su vida, actuando concienzudamente sobre sus creencias, ayudando tanto a familiares como a extraños necesitados. Se enfrentó valientemente a su muerte prematura. Su ejemplo me mantuvo soñando cuando quise rendirme.

ALEJADRO ISRAEL CUMBICUS RECALDE.

Este logro va dedicado primero para Dios, porque sin Él, no podría haber alcanzado esta meta, se lo dedico también a la memoria de mi madre Nelly Genoveva Borbor De la Cruz, que me brindo todo su amor y apoyo en todo momento, cuando tenía ganas de rendirme y abandonar mis estudios, fue la que me supo aconsejar a seguir adelante y no quedarse atrás, gracias a ella, pude alcanzar este logro y sé que donde esté, está muy orgullosa de mí.

ENRIQUE RUPERTO BAQUERIZO BORBOR

ÍNDICE GENERAL

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	ii
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema	4
1.4. Sistematización del Problema	4
1.5. Objetivo General	5
1.6. Objetivos Específicos	5
1.7. Justificación de la investigación	5
1.8. Delimitación del Problema.....	6
1.9. Hipótesis de la investigación o Idea a Defender	6
1.9.1. Variable Independiente	6
1.9.2. Variable Dependiente	6

1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Marco Teórico.....	8
2.1.1. Antecedentes	8
2.1.2. Bloque de cemento	9
2.1.2.1. Historia del bloque	9
2.1.2.2. Materiales en la fabricación de bloques de cemento.....	10
2.1.2.3. Dosificación de materiales para la elaboración de bloques de cemento.....	11
2.1.2.4. Dimensiones de bloques de cemento.....	11
2.1.2.5. Tipos de bloques de cemento	11
2.1.2.6. Clasificación de acuerdo al uso del bloque.....	12
2.1.2.7. Proceso de fabricación del bloque	13
2.1.2.8. Forma básica de construcción	14
2.1.3. La Madera	15
2.1.3.1. La madera en la historia.....	16
2.1.3.2. Usos de la madera.....	17
2.1.3.3. Estructura de la madera	17
2.1.3.4. La madera y nuevos compuestos derivados.....	18
2.1.3.5. Tipos de madera	19
2.1.3.6. Propiedades de la madera	19
2.1.3.6.1. Propiedades físicas de la madera	19
2.1.3.6.2. Propiedades mecánicas de la madera	20
2.1.3.6.3. Otras propiedades de la madera	20
2.1.3.7. Composición de la madera.....	20

2.1.3.8.	Importancia de la madera.....	21
2.1.3.9.	Obtención de la madera	21
2.1.3.10.	Reciclaje de la madera.....	22
2.1.3.11.	Madera pulpable.....	22
2.1.3.11.1.	La pulpa de celulosa	22
2.1.3.11.2.	Extracción de la pulpa de celulosa	23
2.1.3.11.3.	Celulosa de forma mecánica.....	24
2.1.3.11.4.	Celulosa de forma química	24
2.1.3.11.5.	Propiedades de la celulosa	24
2.1.4.	Mampostería.....	25
2.1.4.1.	Tipos de mampostería.....	25
2.2.	Marco Conceptual	28
2.2.1.	Definiciones generales.....	28
2.3.	Marco Legal.....	29
CAPÍTULO III.....		33
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		33
3.1.	Metodología	33
3.2.	Tipo de Investigación	33
3.2.1.	Investigación experimental	34
3.3.	Enfoque.....	34
3.4.	Técnicas e Instrumentos	35
3.5.	Población	35
3.6.	Muestra	35
3.7.	Análisis de resultados	36
CAPÍTULO IV		38

INFORME FINAL.....	38
4.1. Propuesta.....	38
4.2. Elaboración de la propuesta.....	38
4.2.1. Procedimiento para obtener la madera pulpable	38
4.2.1.1. Materiales para el tratamiento de los residuos de madera.....	40
4.2.1.2. Tratamiento de la madera para la obtención de madera pulpable	41
4.2.2. Elaboración de los bloques de cemento con madera pulpable	45
4.2.2.1. Materiales para la elaboración del bloque MP	45
4.2.2.2. Dosificación de los materiales.....	48
4.2.2.2.1. Dosificación 1.	48
4.2.2.2.2. Dosificación 2.	49
4.2.2.2.3. Dosificación 3.	50
4.2.2.2.4. Dosificación 4.	51
4.2.2.2.5. Dosificación 5.	52
4.2.2.3. Herramienta para la elaboración del bloque MP	53
4.2.2.4. Procedimiento de la elaboración del bloque MP	53
4.2.3. Evaluación de los bloques de cemento elaborados con madera pulpable	58
4.2.3.1. Ensayo de resistencia a la compresión simple.....	59
4.2.3.1.1. Resultados obtenidos del ensayo de compresión simple	62
4.2.3.1.2. Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión de bloques MP	64
4.2.3.2. Ensayo de absorción de agua, contenido de humedad y densidad.	68
4.2.3.2.1. Procedimiento	68
4.2.3.2.2. Resultados de los ensayos de absorción de agua, contenido de humedad y densidad. 73	

4.2.3.2.3. Análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de absorción de agua, contenido de humedad y densidad en bloques MP	73
4.2.3.3. Ensayo de absorción capilar	75
4.2.3.3.1. Materiales e instrumentos	76
4.2.3.3.2. Procedimiento	76
4.2.3.3.3. Resultados de los ensayos de absorción capilar	77
4.2.3.3.4. Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción capilar en bloques MP	81
4.2.4. Comparación del comportamiento del bloque tradicional conocido con respecto al comportamiento del bloque con madera pulpable, de acuerdo a los resultados obtenidos en ensayos 82	
4.2.4.1. Comparación de los ensayos de compresión de los bloques elaborados con madera pulpable con los bloques tradicionales	82
4.2.4.2. Comparación de los ensayos de absorción de agua de los bloques elaborados con madera pulpable con los bloques tradicionales.....	83
4.2.4.3. Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción capilar de bloques de cemento elaborados con madera pulpable con los valores de la absorción capilar de un bloque tradicional	84
4.2.5. Presupuesto	86
4.2.5.1. Presupuesto de bloques de dosificación 1.....	86
4.2.5.2. Presupuesto de bloques de dosificación 2.....	87
4.2.5.3. Presupuesto de bloques de dosificación 3.....	87
4.2.5.4. Presupuesto de bloques de dosificación 4.....	88
4.2.5.5. Presupuesto de bloques de dosificación 5.....	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Humedad en mampostería	4
Figura 2.	Materiales para fabricación de bloques	10
Figura 3.	Medidas del bloque de cemento.....	11
Figura 4.	Forma básica de construcción.....	15
Figura 5.	Estructura de la madera	18
Figura 6.	Composición de la celulosa	23
Figura 7.	Mampostería	25
Figura 8.	Mampostería en seco.....	26
Figura 9.	Muro de mampostería concertada.....	26
Figura 10.	Muro de mampostería concertada de piedra caliza.....	27
Figura 11.	Ubicación del aserradero	39
Figura 12.	Residuos de madera	40
Figura 13.	Cocción de residuos de madera para librarlos de impurezas.....	42
Figura 14.	Mezcla de hidróxido de sodio y agua.....	42
Figura 15.	Cocción de la mezcla de hidróxido de sodio con agua y los residuos de madera / la sustancia oscura (lignina resultante)	43
Figura 16.	Momento más flexible y elástica de la madera resultante.....	43
Figura 17.	Lavado de la madera pulpable triturada	44
Figura 18.	Secado de la madera pulpable	44
Figura 19.	Dimensiones del bloque	45
Figura 20.	Cemento Holcim.....	46
Figura 21.	Piedra chasqui.....	46
Figura 22.	Arena.....	47

Figura 23.	Madera pulpable	47
Figura 24.	Colocación de materiales en la mezcladora	54
Figura 25.	Mezclado de materiales.....	54
Figura 26.	Moldeado de bloques	55
Figura 27.	Desmolde y transporte del bloque	56
Figura 28.	Prototipos de bloques MP	56
Figura 29.	Resultados de prototipos de bloques.....	57
Figura 30.	Elaboración de 40 bloques de cemento con madera pulpable.....	57
Figura 31.	Bloquera Duran.....	58
Figura 32.	Laboratorio de SIKA S.A.....	59
Figura 33.	Colocación del bloque MP entre las 2 placas antes de su rotura.....	61
Figura 34.	Rotura del bloque MP	61
Figura 35.	Masa de la muestra como se recibe	69
Figura 36.	Masa de la muestra sumergida	70
Figura 37.	Escurrimiento y secado superficial de la muestra	70
Figura 38.	Muestra seca al horno.....	71
Figura 39.	Ensayo de absorción capilar aplicado a bloques MP.....	77
Figura 40.	Comparación de absorción capilar entre bloque MP 3% y el bloque tradicional	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Porcentajes de materiales de la dosificación 1.....	49
Gráfico 2.	Porcentajes de materiales de la dosificación 2.....	50
Gráfico 3.	Porcentajes de materiales de la dosificación 3.....	51
Gráfico 4.	Porcentajes de materiales de la dosificación 4.....	52
Gráfico 5.	Porcentajes de materiales de la dosificación 5.....	53
Gráfico 6.	Porcentaje óptimo de madera pulpable en función de la resistencia.....	66
Gráfico 7.	Porcentaje de dispersiones.....	68
Gráfico 8.	Absorción de agua en función de porcentaje de madera pulpable en bloques	74
Gráfico 9.	Contenido de humedad en función de porcentaje de madera pulpable en bloques.	75
Gráfico 10.	Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en bloques elaborados con madera pulpable	81
Gráfico 11.	Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en función de porcentajes de madera pulpable en bloques	81
Gráfico 12.	Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en bloques elaborados con madera pulpable y bloque tradicional	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	7
<i>Línea de Investigación</i>	7
Tabla 2.....	11
<i>Dosificación de Bloques de Cemento</i>	11
Tabla 3	12
<i>Clasificación de Bloques por su Uso</i>	12
Tabla 4.....	13
<i>Dimensiones de Bloques</i>	13
Tabla 5	36
<i>Muestras de Bloques de Cemento con Madera Pulpable</i>	36
Tabla 6.....	40
<i>Materiales para el Tratamiento de Residuos de Madera</i>	40
Tabla 7	45
<i>Bloques de Hormigón de acuerdo a su Uso</i>	45
Tabla 8	48
<i>Dosificaciones y Cantidad de Materiales Utilizados en ellas</i>	48
Tabla 9.....	48
<i>Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 1</i>	48
Tabla 10.....	49
<i>Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 2</i>	49
Tabla 11	50
<i>Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 3</i>	50
Tabla 12.....	51
<i>Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 4</i>	51

Tabla 13.....	52
<i>Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 5.....</i>	<i>52</i>
Tabla 14.....	62
<i>Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 7 días.....</i>	<i>62</i>
Tabla 15.....	63
<i>Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 14 días.....</i>	<i>63</i>
Tabla 16.....	64
<i>Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 28 días.....</i>	<i>64</i>
Tabla 17.....	65
<i>Resultado Preliminar de Ensayos de Resistencia a la Compresión en Bloques MP.....</i>	<i>65</i>
Tabla 18.....	65
<i>Resistencia Neta Mínima a la Compresión en Bloques de Hormigón.....</i>	<i>65</i>
Tabla 19.....	67
<i>Determinación de la Desviación Estándar.....</i>	<i>67</i>
Tabla 20.....	73
<i>Ensayo de Absorción de Agua, Contenido de Humedad y Densidad en Bloques MP.....</i>	<i>73</i>
Tabla 21.....	73
<i>Absorción Máxima de Agua en Bloques.....</i>	<i>73</i>
Tabla 22.....	78
<i>Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con 3% MP, Dosificación 1.....</i>	<i>78</i>
Tabla 23.....	78
<i>Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 11% MP, Dosificación 2.....</i>	<i>78</i>
Tabla 24.....	79
<i>Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 7% MP, Dosificación 3.....</i>	<i>79</i>
Tabla 25.....	79

<i>Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 8% MP, Dosificación 4</i>	79
Tabla 26	80
<i>Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 5% MP, Dosificación 5</i>	80
Tabla 27	82
<i>Comparación de Resistencias de Bloques MP y Bloques Tradicionales</i>	82
Tabla 28	83
<i>Comparación de Valores del Ensayo de Absorción de Agua en Bloques MP y Bloque Tradicional</i>	83
Tabla 29	84
<i>Resultado del Ensayo de Absorción Capilar en Bloque Tradicional</i>	84
Tabla 30	87
<i>Presupuesto de Bloques de Dosificación 1</i>	87
Tabla 31	87
<i>Presupuesto de Bloques de Dosificación 2</i>	87
Tabla 32	88
<i>Presupuesto de Bloques de Dosificación 3</i>	88
Tabla 33	88
<i>Presupuesto de Bloques de Dosificación 4</i>	88
Tabla 34	89
<i>Presupuesto de Bloques de Dosificación 5</i>	89

INTRODUCCIÓN

El Ecuador tiene un clima tropical que varía de acuerdo a sus regiones, por lo tanto, posee lugares en donde hay mayor presencia humedad con cercanías a ríos o mares, estos factores influyen que el porcentaje de humedad en el ambiente o en el subsuelo sea elevado, por tal motivo, el agua presente en el subsuelo, producto de la absorción capilar, ingresa por las cimentaciones a la mampostería, cuando el agua presente en las paredes se evapora, las sales se cristalizan ocasionando problemas a las paredes como fisuras, corrosiones, erosiones, provocando a su vez la pérdida de capacidad de resistencia de las paredes.

Este trabajo de titulación tiene como propósito de solucionar los distintos problemas que conlleva la presencia de humedad en las paredes de viviendas, ya sea por presencia de humedad en el subsuelo, el mismo que provoca la absorción capilar hacia los elementos de construcción como los bloques de las paredes; afectando el bienestar de los habitantes, y darle solución también a los problemas de contaminación al medio ambiente, debido a la presencia de residuos de madera que aparecen por el procesamiento del mismo. Para ello se plantea elaborar un nuevo prototipo de bloque a base de madera pulpable, que son prácticamente las fibras de la madera, creando así un nuevo bloque como una alternativa sustentable en la industria de la construcción.

Esta investigación está estructurada por cuatro capítulos, que muestran detalladamente todo el proceso de la investigación experimental, mostrando el contenido para la fabricación de bloques de cemento elaborados con madera pulpable, los que se detallan a continuación:

Capítulo I.- En este capítulo se plantea la problemática de la investigación para tener claridad del tema a investigar, formulando los objetivos a cumplir, a partir de la utilización de la materia prima que es la madera pulpable, estos objetivos son los que nos van dando la guía al resultado esperado; también se detalla la justificación de la investigación con el empleo de este nuevo agregado, generando una hipótesis de saber si el nivel de humedad será menor en los nuevos bloques elaborados.

Capítulo II.- En este capítulo se muestra el marco teórico que está formada de toda la teoría relacionada al tema a investigar, es de gran ayuda para el investigador ya que obtiene información importante para poder entender y desarrollar la investigación, también se detalla el marco referencial, que son las investigaciones nacionales y extranjeras similares al tema que se investiga; se detalla también el marco conceptual, que son básicamente conceptos de términos relacionados a la investigación y finalmente se detalla el marco legal que son todas las normas y

especificaciones que la investigación debe cumplir para que el resultado final que es el bloque de cemento elaborado con madera pulpable sea aceptado.

Capítulo III.- En este capítulo se detalla la aplicación de una metodología a seguir en la investigación, con el fin de tener una confiabilidad en los resultados finales, esta metodología se orienta hacia una investigación exploratoria y experimental, bajo un enfoque cuantitativo y cualitativo, donde se evalúa a la madera pulpable como agregado en la dosificación del bloque de cemento para su elaboración y evaluarlos con los respectivos ensayos de laboratorio.

Capítulo IV.- En este capítulo se detalla la propuesta final que está dado por la realización de los nuevos bloques de cemento elaborados con madera pulpable y los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, comparándolos con el comportamiento de los bloques tradicionales.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

Influencia en la permeabilidad de bloques de cemento elaborados con madera pulpable.

1.2. Planteamiento del Problema

El contexto actual se ha generalizado con gran preocupación de la sociedad debido al aumento de contaminación en las ciudades, siendo los sectores urbano y rural los más afectados por la excesiva disolución de la zona céntrica, sobre todo por la desmedida presencia de la humedad, aspecto con gran influencia ambiental por la contaminación y sus efectos en los patrones de movimiento y circulación de las aguas.

La investigación tiene la finalidad de profundizar en el estudio de los problemas ambientales-ecológicos relacionados con los criterios de desarrollo humano en armonía con el principio de proteger, preservar los recursos naturales, donde se trata de remediar el control de la humedad ya que esto afecta la salud y el bienestar de todos en general, aire, agua, suelo y seres vivos en su entorno.

Uno de los materiales más utilizados en el área de la construcción es el bloque de cemento fabricados a base de cemento, áridos finos (arena), áridos gruesos (piedra chasqui) y agua, empleados en la construcción de mampostería, ya sea en estructuras como viviendas y edificios.

El Ecuador tiene un clima tropical que varía de acuerdo a sus regiones, por lo tanto, posee lugares en donde hay mayor presencia humedad con cercanías a ríos o mares, estos factores influyen que el porcentaje de humedad en el ambiente o en el subsuelo sea elevado.

El efecto de la humedad que contiene el subsuelo ya sea por la absorción que tiene los terrenos debido por la absorción capilar que influyen en el comportamiento del agua son conformadas por las cargas positivas atraídas por las cargas negativas que se encuentra en el elemento construido, este proceso hace que el agua ascienda por los cimientos llegando a la mampostería, cuando el agua presente en las paredes se evapora, las sales empiezan a cristalizarse y aumentan su tamaño produciendo numerosos problemas, tales como fisuras, deterioro de pintura, deterioro de puertas y ventanas, deterioro estructural, corrosiones y erosiones, etc. (Figura 1), estos problemas pueden provocar que las paredes o muros pierdan su capacidad de resistencia de carga ya que se van debilitando debido a la cohesión de sus elementos.

Además de los daños estructurales, puede también provocar diversas afecciones a la salud de sus habitantes que se encuentran expuestos a un ambiente nocivo, el mismo que a largo plazo, puede generar problemas respiratorios que van desde una tos, bronquitis, asma, hasta llegar a producirse una neumonía con consecuencias fatales.



Figura 1. Humedad en mampostería.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Es por esto que se ha visto en la necesidad de estudiar una alternativa de bloque con un nuevo agregado debido a la alta demanda en el procesamiento de la madera, mitigando la contaminación que producen los residuos de la madera al medio ambiente, además de aportar a la industria de la construcción, pueda mejorar la impermeabilidad del bloque de cemento y solucionar estos problemas para proteger las viviendas y la salud de los habitantes del cantón Guayaquil.

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede disminuir la permeabilidad de los bloques de cemento utilizando madera pulvable como agregado del mismo?

1.4. Sistematización del Problema

¿De qué manera se puede utilizar la madera pulvable en la fabricación de un bloque?

¿Cómo será el comportamiento del bloque cuando se agrega madera pulpable en su dosificación?

¿Cuál puede ser la proporción óptima de madera pulpable para elaborar bloques que cumplan con las normas vigentes y aseguren una buena calidad?

1.5. Objetivo General

- Analizar la variación de permeabilidad utilizando madera pulpable como agregado en la dosificación de bloques de cemento para la construcción de viviendas.

1.6. Objetivos Específicos

- Realizar la dosificación de los materiales del bloque o proporción óptima de madera pulpable para elaborar bloques de cemento.
- Comprobar la resistencia, absorción de agua y humedad capilar del bloque de cemento elaborado con madera pulpable.
- Comparar el comportamiento del bloque tradicional conocido con respecto al comportamiento del bloque con madera pulpable cuando se expone a absorción de agua y humedad capilar.

1.7. Justificación de la investigación

Las construcciones están expuestas a diversas situaciones como el clima, lluvias o cercanías a ríos o mares, se produce humedad ya sea en el ambiente como en el subsuelo, debido a la absorción capilar que tienen los terrenos, esta humedad afecta a las propiedades físico-mecánicas de los elementos en las paredes, principalmente en los bloques de cemento, provocando con el tiempo problemas de humedad que se presentan como fisuras, corrosiones, erosiones, problemas estructurales, entre otros, así como también las afectaciones hacia la salud de los habitantes, estas afectaciones se producen a largo plazo, debido a que los habitantes de las viviendas con estos problemas se encuentran constantemente en un ambiente nocivo.

Además, la contaminación al medio ambiente producto de los desechos de madera que van dejando las empresas debido al procesamiento del mismo, que, en algunas ocasiones, no cuentan con un adecuado proceso para su disposición final, esto conlleva que los desperdicios de madera ocasionen contaminación al medio ambiente.

El propósito del proyecto es transformar la madera pulpable en un método constructivo alternativo para viviendas, ya que los residuos de madera son materia prima económica y accesible en cualquier lugar del mundo, materia prima que en la mayoría de veces no es

aprovechado pudiendo ser considerados como agregados en los procesos constructivos, con esta inclusión se va mitigando así la contaminación ambiental que estos residuos de madera dejan en el medio ambiente.

Este proyecto contribuye también a mejorar la calidad de vida de los habitantes, protegiéndolos de un ambiente nocivo para su salud con la elaboración de un renovado diseño de bloque fabricado con madera pulpable, para el uso en construcciones de mampostería para viviendas.

Además, se imparte un amplio conocimiento de este sistema, que contribuye al desarrollo de la industria de la construcción con el objetivo de promover el uso moderno de la madera pulpable.

1.8. Delimitación del Problema

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel de grado.
Área:	Ingeniería Civil.
Aspecto:	Investigación Experimental.
Tema:	Influencia en la permeabilidad de bloques de cemento elaborados con madera pulpable.
Delimitación Espacial:	En la República del Ecuador, en la Región Costa, en la Provincia del Guayas, en el Cantón Guayaquil.
Delimitación Temporal:	6 meses.

1.9. Hipótesis de la investigación o Idea a Defender

La fabricación de un bloque de cemento con madera pulpable tendrá una menor absorción de humedad con respecto al bloque tradicional.

1.9.1. Variable Independiente

Influencia en la permeabilidad de bloques de cemento.

1.9.2. Variable Dependiente

Elaborados con madera pulpable.

1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad

Tabla 1

Línea de Investigación

ULVR	FIIC	Sublínea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Materiales de Construcción	Materiales innovadores en la construcción

Fuente: Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Universidad Laica Vicente Rocafuerte (2020).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes

Según Chóez (2019) autor ecuatoriano de la tesis titulada -Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de cerámica y mampostería para vivienda de interés social-, tesis realizada en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, en su obtención al título de Ingeniero Civil, expresa que el bloque elaborado con residuos de cerámica y mampostería cumple con los objetivos planteados como la selección correcta de materiales, dosificación, moldeo, curado, así también, cumplió con la resistencia deseada obteniendo un valor de 2.19 Mpa cumpliendo con las respectivas normativas, esto nos da una referencia de que se puede incorporar o reemplazar parcialmente ciertos materiales, sin que pueda afectar en el cumplimiento de lo expuesto por la normativa vigente.

Según Villamarin y Pico (2019) autores ecuatorianos de la tesis titulada -Elaboración y análisis de bloques ecológicos (plástico triturado y ceniza de caña) para mampostería no estructural de una vivienda en la ciudad de Portoviejo-, tesis realizada en la Universidad San Gregorio de Portoviejo, en su obtención al título de Arquitectos, expresan que al reemplazar los áridos por plástico triturado y ceniza de caña en la elaboración de bloques se obtiene un producto que cumple con la resistencia mínima de acuerdo a la Norma INEN-3066 (2016), además de ayudar a mitigar de cierto modo los impactos ambientales, minimizando la producción de CO₂, al reducir los procesos que generan la obtención de ya sea del cemento o la explotación de los materiales pétreos, cumpliendo con las normas establecidas y con un bajo costo de producción, esto nos da una referencia para poder mitigar el impacto ambiental que dejan ciertos materiales a la naturaleza como los residuos de madera que no cuentan con una adecuada disposición final por parte de la industrias que la procesan.

Según Castillo y Lindao (2018) autores ecuatorianos de la tesis titulada -Proyecto de investigación de implementación de la cáscara de arroz triturada aplicada en bloques y mortero para viviendas populares-, tesis realizada en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, en su obtención al título de Ingenieros Civiles, expresan que para tratar de darle solución a las problemáticas de contaminación ambiental y el aumento de desechos producto de las cáscaras de arroz, incorporan este elemento (cáscara de arroz) al bloque y mortero,

transformando en una buena alternativa como aislante térmico y además obteniendo un producto con mayor resistencia en relación a los bloques tradicionales, esto nos da una referencia de que incorporando nuevos materiales se puede mejorar el comportamiento del bloque como en la resistencia.

Según Herrera (2018) autora peruana de la tesis titulada -Modelamiento numérico del comportamiento sísmico de viviendas de mampostería con bloques de tierra comprimida-, tesis realizada en Pontificia Universidad Católica del Perú, en su obtención al grado de Magister en Ingeniería Civil, expresa que la mampostería con bloques de tierra comprimidos es muy rentable presentando propiedades de durabilidad y resistencia mucho mejores que el adobe, siendo un gran aporte para la industria de la construcción, y en sus estudios, el modelo numérico desarrollado bajo el método de elementos finitos puede representar el comportamiento sísmico del prototipo.

Según Limón (2016) autor mexicano de la tesis titulada -Estudio sobre tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto hidráulico para reducir su permeabilidad al agua e incrementar su durabilidad-, tesis realizada en la Universidad Nacional Autónoma de México, en su obtención al grado de Maestro en Ingeniería, expresa que la permeabilidad en los concretos se verá favorecida agregando aditivos y como máximo una relación agua-cemento de 0.45, los aditivos fueron analizados en distintas mezclas de concreto y comparados con concretos que tenían en su composición humo de sílice.

2.1.2. Bloque de cemento

El bloque de cemento es un elemento prefabricado utilizado principalmente para la construcción de mampostería que trabaja en conjunto apilando y fusionando continuamente con mortero hecho de cemento, arena y agua. Para completar la conexión de los elementos, el bloque en su interior tiene cavidades, que permite la entrada de las varillas de acero y el relleno de mortero (Franco, 2020).

2.1.2.1. Historia del bloque.

Desde la antigüedad, los romanos comenzaron a usar mortero de cemento en el año 2000 a.C. para juntar piedras en las construcciones de sus edificios.

En la época del emperador romano, las piezas prefabricadas de hormigón se utilizaban como material de construcción, con la caída del Imperio Romano en el siglo V se perdió mucha

tecnología y no fue hasta 1824 que el inglés Joseph Aspdin desarrolló y patentó Portland cemento, cambiando uno de los principales materiales del hormigón moderno.

Retomando a la historia del primer bloque de concreto hueco fue un creado por Harmon Syvanus Plamer en 1890 en los USA. Después de años de experimentación logro patentar los bloques que tenían medidas de (20.3cm) por (25.4cm) por (76.2cm) y tenían un gran peso que implementaron una grúa para poder izar el elemento.

En 1905 se encontró que más de 1.500 empresas ya estaban trabajando en la producción de bloques de hormigón solo en los EEUU, en ese momento los primeros bloques se hacían a mano y el volumen de elaboración aproximado era de 10 piezas/bloques por hora (Bloqueras.org, 2020).

En la construcción con suelo es un método conocida hace muchos años no se utiliza hoy en la actualidad excepto para los pueblos indígenas y los que carecen de bajos recursos económicos, los bloques de cemento para suelos utilizan como materia prima suelo no fértil llamados bloques ecológicos debido a eso el suelo no se cocinara porque puede cambiar el comportamiento de sus partículas y mejorar su estabilidad al mezclarlo con cemento dándole resistencia y durabilidad al elemento (Berlingieri, 2017).

2.1.2.2. Materiales en la fabricación de bloques de cemento.

Para la elaboración del bloque de cemento se utiliza el concreto que es una mezcla de cemento portland, grava, arena y agua (Figura 2), estos elementos al unirse forman un bloque color gris con una excelente resistencia a la compresión.



Figura 2. Materiales para fabricación de bloques.

Fuente: Bloqueras.org (2020).

En la elaboración de los bloques usualmente en la mezcla existe una mayor cantidad de arena que de grava y agua en relación con la mezcla de concreto usada en construcciones en general.

2.1.2.3. Dosificación de materiales para la elaboración de bloques de cemento.

En la Tabla 2 se muestran las dosificaciones para distintas cantidades de bloques:

Tabla 2

Dosificación de Bloques de Cemento

# Bloques	Mezcla m ³	Agua Litros	Cemento	Arena Kg	Grava Kg
			Kg		
60	1	40	50	150	200
120	2	80	100	300	400
240	3	160	200	600	800
480	4	320	400	1200	1600
960	5	640	800	2400	3200

Fuente: Bloqueras.org (2020).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

2.1.2.4. Dimensiones de bloques de cemento.

La forma y tamaños de los bloques en la gran mayoría son estándares a nivel mundial para certificar una construcción paralela. Las dimensiones estandarizadas de los bloques son de 10x20x40 cm., 15x20x40 cm. y 20x20x40 cm. (Bloqueras.org, 2020).

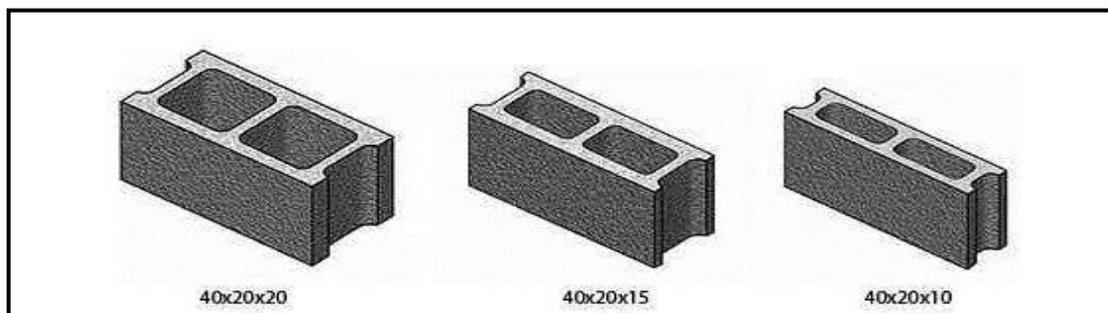


Figura 3. Medidas del bloque de cemento.

Fuente: Bloqueras.org (2020).

2.1.2.5. Tipos de bloques de cemento.

Se pueden mencionar 3 tipos de bloques que son:

- **De gafa.-** Son bloques más comunes, tiene los huecos de forma horizontal que permiten el paso del aire con el exterior.
- **Multicámara.-** Son bloques en donde sus huecos se encuentran compartimentados, son usados en paredes de una sola hoja.
- **De carga.-** Son bloques macizos, usados más para muros estructurales (Bloqueras.org, 2020).

2.1.2.6. Clasificación de acuerdo al uso del bloque.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 638 (2014), los bloques se pueden clasificar en cinco clases de acuerdo a su uso como lo expresa la siguiente tabla:

Tabla 3

Clasificación de Bloques por su Uso

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 (2014).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Además, esta norma expresa las dimensiones establecidas para los bloques (Tabla 4) e indica que los espesores de las paredes de bloques en las clases A y B, no debe ser menor a 25mm., y en los bloques de clase C, D y E, no será menor de 20mm.

La dimensión del bloque tiene que considerar también el espesor de las juntas.

Tabla 4*Dimensiones de Bloques*

Tipo	Dimensiones Nominales (cm)			Dimensiones Efectivas (cm)		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
A y B	40	20, 15, 10	20	39	19, 14, 09	19
C y D	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
E	40	10, 15, 20, 25	20	39	19, 14, 19, 24	20

Fuente: NTE INEN 638 (2014).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

2.1.2.7. Proceso de fabricación del bloque.

• **Mezcla de materiales**

1. Los materiales como la grava y la arena se almacenan al aire libre y se transfieren a través de una línea transportadora a los contenedores de almacenamiento de la planta hasta la primera etapa de su fabricación.
2. Se inicia la producción de las unidades de cemento Portland necesarias, constituidas por grava y arena, y se traslada a un dosificador de pesaje, donde se miden la proporción apropiadas de cada componente.
3. Luego inicia la combinación de los componentes seco aproximadamente 4 minutos
4. Una vez combinados los componentes áridos, se agrega una pequeña porción de agua al mezclador.
5. Se concluye con el mezclado del concreto durante un tiempo aproximado de 6 a 8 minutos.

• **Moldeo de la mezcla**

1. Culminado la etapa de mezcla del compuesto se vacía en un conductor de línea que se dirige al área de almacenamiento (tolva).
2. Desde la tolva, se conduce el hormigón a otra tolva ubicada en la parte superior de la máquina para fabricar bloques, donde se coloca en el material del bloque de hormigón que se comprime, creando los moldes y así dándole forma.
3. Con el componente vertido en el molde, el hormigón comienza a compactarse/vibrar para darle forma a los bloques.

4. Tan pronto los bloques son compactados se dirigen hacia abajo y los moldes emergen en la dirección de la plataforma de acero plana, los bloques y plataformas se transportan desde la máquina para fabricar bloques a un transportador de cadena.

• **Curado del bloque**

1. Todas las plataformas se entregan a una carretilla elevadora automática, que los coloca en un marco de curado hasta que se llena la rejilla y los transporta al horno de vapor de curado a baja presión.

2. Una vez colocados los bloques en el horno, se mantienen a temperatura ambiente de 1 a 3 horas para permitir que el material se endurezca levemente, luego se introduce vapor gradualmente para elevar la temperatura a un alto índice de 16 ° C por hora.

3. Cuando se alcanza la temperatura de curado requerida (66 a 74° C), el vapor se cierra y los bloques se sumergen en aire húmedo y caliente durante 12 a 18 horas.

4. Luego, los bloques se secan consumiendo todo el aire húmedo y aumentando aún más la temperatura del horno. Todo el proceso de curado dura 1 día aproximadamente.

• **Almacenamiento de los bloques**

1. Las pilas de bloques que pasaron por el proceso de curado se retiran del horno y las tarimas con bloques se des apilan para colocarlas en un transportador de cadena. A continuación, los boques se sacan de las paletas de acero y las paletas se llevan nuevamente a la máquina de fabricación de bloques para rellenar con un nuevo grupo de bloques moldeados.

2. Los bloques extraídos pasan por un cubo que ordena cada bloque, y luego son transportados y almacenados por una carretilla elevadora (Bloqueras.org, 2020).

2.1.2.8. Forma básica de construcción.

1. Si empleamos una cimentación superficial conformada por plintos, riostras y vigas, la riostra debe tener el doble de ancho que el bloque. Se realizan con timbrador y se alinean con el plomo para hacer una prueba de calce sin mortero.

2. Se mezcla el mortero y se coloca en el contrapiso en el ancho de un bloque. Se coloca una capa de mortero de 1 pulgada (2.5cm.) de espesor.

3. Se coloca los bloques iniciando desde una esquina, aplicando mortero en sus juntas verticales.

4. Al término de cada fila se debe comprobar que estén alineados vertical y horizontalmente, este proceso se debe realizar para toda la mampostería.
5. Las armaduras metálicas de refuerzo se pueden instalar en las cavidades continuas en vertical que van dejando la unión de los huecos de cada unidad de bloque.
6. Cuando el mortero se encuentre endurecido lo suficientemente, se igualan las juntas y se limpian los excesos (Franco, 2020).

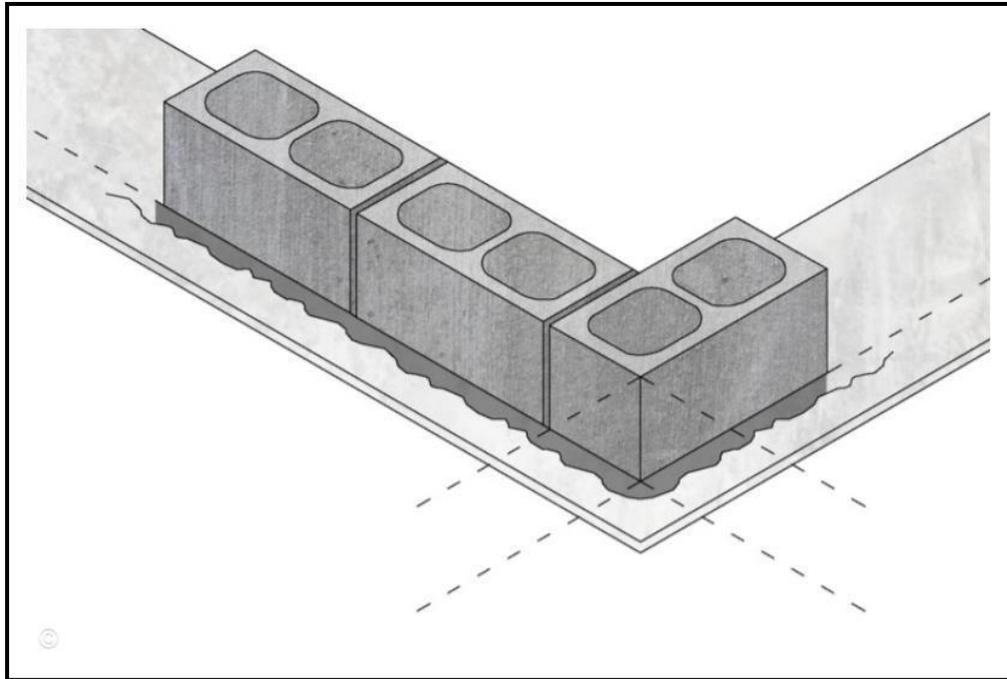


Figura 4. Forma básica de construcción.

Fuente: Plataforma Arquitectura.

Elaborado por: (Franco, 2020).

2.1.3. La Madera

Se puede definir a la madera de acuerdo a distintos criterios y puntos de vista:

La madera es uno de los materiales de construcción con más antigüedad, el uso que se le da a la madera formada por fibras de celulosas, es para diferentes propósitos debido a las distintas propiedades que posee como resistencia, durabilidad, dureza, estabilidad que permiten que la madera sea útil en donde se lo requiera emplear, como por ejemplo crear pisos, muros, cubiertas, como también en muebles, puertas, ventanas, estructuras de cocina, mesas, etc. (Emedec, 2019).

Según Tello (2017) expresa que la madera es una de las materias primas originales más utilizadas por la humanidad desde la antigüedad hasta los días actuales. La madera está

compuesta por fibras de celulosa (fibra que forma el esqueleto vegetal) y lignina (sustancia que aporta rigidez y dureza).

La madera existe en casi todos los ecosistemas del planeta. Lo vemos en la calle, en nuestros hogares, en los edificios y en la naturaleza. Tiene muchos usos: puedes hacer papel, sillas, mesas, muebles, puertas, casas, instrumentos de cocina, instrumentos musicales, decoraciones y más (González, 2020).

2.1.3.1. La madera en la historia.

Las ramas de los árboles son los elementos más antiguos que los humanos manipulaban para sobrevivir. Por su facilidad de manejo, y por estar en grandes cantidades, la madera siempre ha sido un elemento clave de nuestro desarrollo y se ha identificado como uno de los materiales imprescindibles junto con la piedra. Su etimología proviene del latín "materia". Su estructura polimérica de las fibras de celulosa es tubular y se acompaña de otras sustancias utilizables como resinas, aceites, o azúcares diversos.

La utilidad de la madera creció cuando se empezó a construir herramientas y armas para los primitivos originales, que luego se fue descubriendo la capacidad para generar fuego usando este material que es la madera. Con la aparición del fuego se mejoró las relaciones humanas, el sistema alimenticio, así como también mejorar el sistema de protección contra grandes depredadores.

El uso de la madera en la Prehistoria ha sido esencial para el desarrollo tecnológico. Las primeras ruedas macizas fueron construidas por madera, los fenicios utilizaban la madera para la construcción de sus barcos, grandes muros y magníficas construcciones medievales sobre la base de soportes de madera, la madera ha sido la base para la construcción de diversas edificaciones durante cientos de años y también para la elaboración de armas, instrumentos musicales, mobiliarios, barcos, coches y demás construcciones. Además, sus resinas siempre han sido los ingredientes básicos de aditivos y adhesivos para la elaboración de otros elementos como: pigmentos, pegamentos, fármacos, disolventes (Unidad de Cultura Científica e Innovación de la Universidad de Burgos, 2020).

Según Tello (2017) afirma que la madera tuvo mayor empleo desde el siglo XX a.C. hasta el siglo XIV d.C., cuando se descubrieron nuevos materiales de construcción tales como el hormigón armado, vidrio, hierro, fibras textiles, el uso de la madera se redujo considerablemente.

2.1.3.2. Usos de la madera.

En la actualidad la madera se la usa en construcciones domésticas ya sea para pisos, puertas, marcos de ventanas, etc.; se la usa para la elaboración de distintos tipos de muebles, todavía se la usa en forma de leña o carbón para mantener el fuego, se usa también para hacer el papel, periódico o papel higiénico, por medio de la pulpa de la madera; para elaboración de elementos de cocina como vajillas, cubiertos; es usado en carpintería, como mangos de herramientas ya que son buenos para absorber golpes y vibraciones; se usa también como medio de transporte como las embarcaciones o carruajes; para la elaboración de juguetes que son menos peligrosos que los hechos de plástico, para la elaboración de instrumentos musicales ya que la madera es muy bueno para amplificar y transmitir el sonido (Woodenson Ecuador, 2019).

2.1.3.3. Estructura de la madera.

La estructura de la madera está formada por 5 partes que son:

- **Corteza Externa.-** Es el exterior que forma la madera, está compuesto por una gran cantidad de células muertas, su función es proteger a los árboles de peligros que pueden afectarlos. La corteza externa se renueva constantemente para evitar la penetración de la lluvia o la luz del sol, protegiendo así a los árboles del calor, el frío y las variaciones de temperatura.
- **Corteza Interna.-** La corteza interna se encarga de transportar la savia hacia las zonas verdes del árbol, por eso es rica en nutrientes y puede transportar alimentos y nutrir a los árboles. Su vida útil es corta, con el pasar de los años eventualmente se convierte en corcho y luego pasa a formar parte de la corteza exterior.
- **Cámbium.-** Forma parte del tronco y es responsable del crecimiento de todo el árbol, recibe hormonas desde las hojas que le llevan alimentos para así producir corteza y madera todos los años.
- **Albura.-** Es la parte más joven del árbol, responsable de su crecimiento. Con el tiempo se forman nuevas capas o anillos, las capas internas pierden fuerza y el anillo más antiguo se convierte en duramen.
- **Duramen o Corazón.-** Esta es la parte central interior del árbol. Es la parte encargada de sostener al árbol, mientras la capa exterior del árbol siga viva, el duramen no se descompondrá y seguirá manteniendo su soporte al árbol. Es la parte más compacta y

resistente de los árboles, tiene gran resistencia que es comparada con la resistencia del titanio (Woodenson Ecuador, 2019).

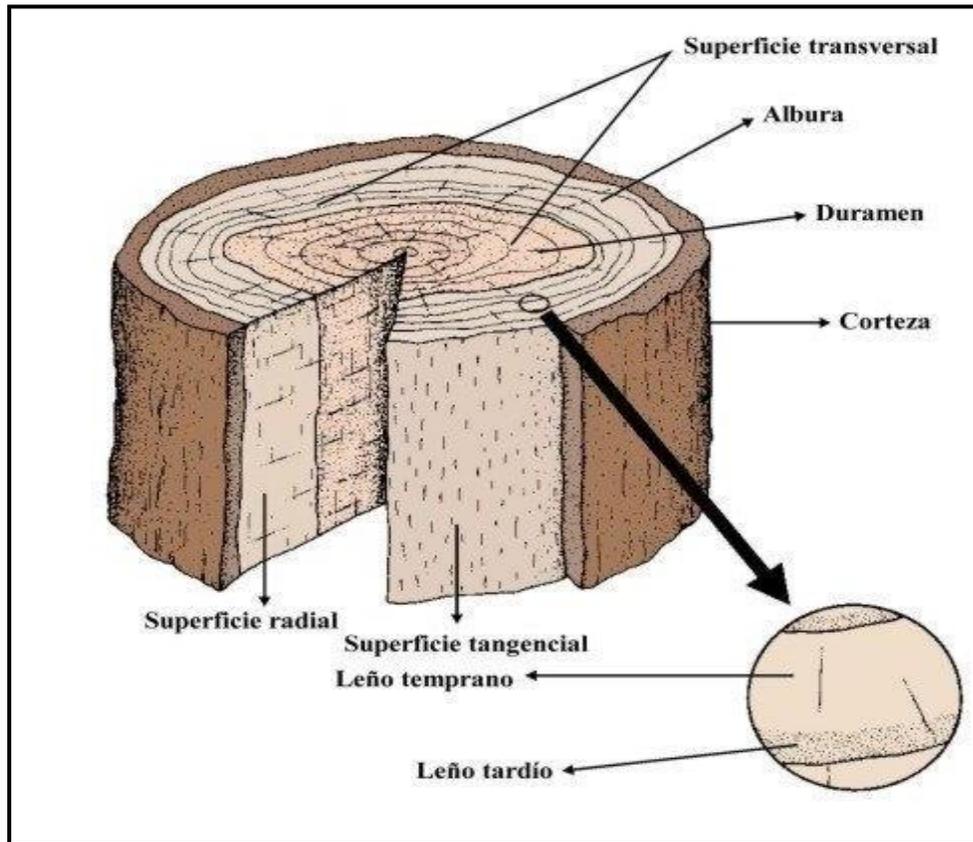


Figura 5. Estructura de la madera.

Fuente: Ecología Hoy.

Elaborado por: González (2020)

2.1.3.4. La madera y nuevos compuestos derivados.

En el proceso químico de la madera se puede obtener fibras derivadas de polímeros de celulosa mezclando madera con distintos ácidos y óxidos. El rayón nitrocelulosa es el más famoso, parecido a la seda natural, por eso es llamado también Rayón o Chardonnet en memoria de su inventora Hilarie Chardonnet (desarrollada en 1889). En 1908, Jacques E. Brandenberger inventó el celofán, buscando un tejido resistente a la humedad. Su nombre proviene de Celulosa Diáfana, que es transparente, fina y flexible. Este material es impermeable y muy resistente a la tracción y su elaboración parecida a la del papel, se cuece bajo presión para producir una pasta sin lignina, y es muy usado para el envasado de alimentos (Unidad de Cultura Científica e Innovación de la Universidad de Burgos, 2020).

2.1.3.5. Tipos de madera.

Cuando se va a construir con madera es importante tener conocimiento de los diferentes tipos de madera que existen para saber cuál va a ser el apropiado para el correcto uso que le vayamos a dar. Para ello podemos mencionar los siguientes tipos de madera:

- **Maderas Blandas.-** Se extraen de árboles de rápido crecimiento, generalmente árboles coníferos. Son fáciles de usar, flexibles y son la materia prima para la fabricación del papel. Por ejemplo: álamo, cedro, sauce, ciprés, acacia, olmo, pino, álamo, etc.
- **Maderas Duras.-** Se extraen de árboles de lento crecimiento, es más resistente al procesamiento por ello se necesita de herramientas potentes para lograr el corte necesario. Este tipo de madera son utilizadas en carpintería, mamposterías y construcciones, muebles muy resistentes. Por ejemplo: olivo, cerezo, nogal, roble, caoba, etc.
- **Maderas Artificiales.-** Este tipo de madera se obtiene por residuos de otras maderas, como virutas de restos de maderas blandas o duras, y se le agrega compuestos químicos para un mejor desempeño. Por ejemplo: aglomerado, contrachapado, tableros de fibra, etc. (González, 2020).

2.1.3.6. Propiedades de la madera.

2.1.3.6.1. Propiedades físicas de la madera.

- **Dureza.-** Es la resistencia que muestra la madera para que pueda ser penetrada por otros elementos como tornillos, clavos, etc., o herramientas de corte como taladros, sierras, etc.
- **Densidad.-** Es la relación entre el peso y el volumen, generalmente expresado en gramo por centímetro cúbico, tiene un aproximado entre $0,3 \text{ g/cm}^3$ a $0,9 \text{ g/cm}^3$. La madera es no es muy densa, algunas tienen una densidad menos que la del agua, por eso es muy empleada en barcos.

Las maderas con poca densidad se las conoce como coníferas, mientras que las maderas que tienen una mayor densidad se las conoce como latifoliadas.

- **Flexibilidad.-** Es la propiedad de ciertas maderas a doblarse en la dirección longitudinal de sus fibras sin llegar a romperse. Esta propiedad se presenta más en maderas blandas.
- **Hendibilidad.-** Es bajo grado de dificultad en las fibras de la madera para partirse longitudinalmente. Esta propiedad se presenta más en maderas secas.

2.1.3.6.2. *Propiedades mecánicas de la madera.*

- **Compresión.-** Es la resistencia que aporta la madera al aplastarse en la dirección longitudinal de sus fibras.
- **Flexión.-** Es la resistencia que proporciona la madera al doblarse sus fibras en sentido longitudinal.
- **Tracción.-** Es la resistencia que aporta la madera en el estiramiento longitudinal de sus fibras.
- **Torsión.-** Es la resistencia que proporciona la madera cuando se retuerce en la dirección longitudinal de sus fibras.
- **Cortadura.-** Es la resistencia que aporta la madera cuando se corta perpendicularmente sus fibras.
- **Pandeo.-** Es la resistencia que proporciona la madera cuando se comprime y se dobla sin romperse.

2.1.3.6.3. *Otras propiedades de la madera.*

- **Aislante térmico y aislante eléctrico.-** Es un buen aislante térmico y eléctrico, apenas deja pasar el calor y la electricidad.
- **Valor calorífico.-** Utilizando residuos de madera se puede obtener un producto de biomasa, que son partículas de madera triturada y comprimida que se pueden utilizar como combustible para calentar calderas y hornos. Tiene menos poder calorífico que la gasolina y su precio es menor.
- **Durabilidad.-** Posee una durabilidad limitada ya que es biodegradable y si no se controla su protección contra los insectos, puede descomponerse por completo (Cordero, 2017).

2.1.3.7. *Composición de la madera.*

La madera está compuesta por:

- **La Celulosa.-** Es un polisacárido estructural que representa aproximadamente la mitad de materia total de la madera, es la parte que origina el esqueleto vegetal, plantas o árboles; está compuesto de glucosa, protege a las plantas y tiene una alta resistencia a componentes químicos.
- **La Lignina.-** Es un polímero que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropiónicos que existen en las paredes celulares de los organismos del reino vegetal y

en las Dinophytas del reino Chromalveolata, este polímero aportan dureza, rigidez y protección; y es utilizado por la industria del plástico, es como el cemento de la madera.

- **Hemicelulosa.-** Son moléculas ramificadas como el ácido urónico que puede conectarse con otras moléculas a través de enlaces formando paredes rígidas, protegiendo así a la célula de la presión del resto de células circundantes.

La madera posee otros componentes secundarios como: grasas, resinas, ceras; su composición muestra también principalmente el hidrógeno, además del oxígeno, el nitrógeno, cenizas y el carbono; también en pocas cantidades se encuentra el sodio, silicio, potasio, calcio y otros elementos (StuDocu, s.f.).

2.1.3.8. Importancia de la madera.

Según González (2020) expresa que la madera ha sido importante para el ser humano desde los inicios por sus distintos usos y aplicaciones, a medida que la industria de la construcción ha venido evolucionando, ha ido dependiendo cada vez más del uso de la madera como materia prima en sus construcciones por sus excelentes propiedades de resistencia, ligera y reciclable.

Además, expresa que tiene sus desventajas ya que el consumo de madera no iguala a la cantidad de árboles que florecen causando un gran impacto ambiental, que conducirá a la pérdida o reducción de esta materia prima con el pasar del tiempo.

Uno de los más grandes problemas ambientales en nuestro planeta es la deforestación, de aquí radica la importancia de la madera para la ecología y todo nuestro planeta en general.

2.1.3.9. Obtención de la madera.

- **Tala.-** Para la tala se pueden aplicar dos técnicas, tala rasa en donde se cortan todos los árboles y la tala selectiva en donde se talan los árboles viejos seleccionados que son reemplazados por árboles jóvenes. Se utiliza un hacha o una motosierra para talar.
- **Poda.-** Después de la tala de árboles, se sacan las ramificaciones con sierras mecánicas, dejando así el tronco limpio y cortados a una longitud que permita ser transportados en los camiones.
- **Descortezado.-** Consiste en separar la corteza de la madera mediante elementos mecánicos o manualmente dependiendo del tamaño y tipo del árbol, luego se elaboran las tablas o tablones.
- **Secado y cepillado.-** Luego viene el proceso de secado al aire libre apilándolas para que queden expuestas a la atmósfera, el tiempo de secado depende del uso que se le vaya a

dar a la madera, esto se hace con el fin de que la madera no sufra deformaciones y dure más, luego se lo cepilla para eliminar irregularidades.

- **Distribución.-** Una vez lista la madera se la clasifica por tamaño, tipo y calidad, luego son distribuidas a talleres de carpinterías, industrias, etc. (Woodenson Ecuador, 2019).

2.1.3.10. *Reciclaje de la madera.*

Según Woodenson Ecuador (2019) expresa que el reciclaje de la madera es el proceso de transformar madera usada en productos que puedan utilizarse. El reciclaje de madera aparece en la década de 1990, a partir de que aparecieran problemas por la deforestación y cambios climáticos, hicieron que los consumidores de madera tomarán otros medios sostenibles en el uso de la madera.

Expresa también que el reciclaje de madera residual es muy beneficioso y la madera vieja se puede reutilizar sin cortar más árboles. Hay diferentes tipos o formas de reciclaje de madera generalmente la madera usada se la tritura, generando productos de diferentes tamaños y son clasificados para sus distintos usos, este proceso es muy eficaz y garantiza que no se desperdicie ningún producto.

2.1.3.11. *Madera pulpable.*

La madera pulpable (MP) son aquellas maderas en donde se le extrae la pulpa de celulosa, que es la materia para elaborar el papel, este tipo de maderas son blandas como el alerce, el pino, el abeto, que son maderas que crecen rápido.

2.1.3.11.1. *La pulpa de celulosa.*

Según García (2014), a partir del siglo XVIII, se empieza a utilizar la madera para obtener la pulpa, esta se la obtenía por medio de fibras vegetales como el lino, por eso se le llama madera pulpable. De esta madera pulpable se obtiene una pasta de celulosa o pulpa de celulosa que es con lo que se fabrica o elabora el papel.

Además, García (2014) en su obra indicó que el papel que se produce de la pasta de celulosa tiene la ventaja de que puede ser reutilizable de 4 a 7 veces, dependiendo de la composición de fibras en las que está formado, por lo tanto, mientras más reutilizada sea se va disminuyendo la vida útil del papel.

La celulosa es un producto orgánico natural presente en la naturaleza en grandes cantidades, es un carbohidrato, usado como materia prima. La madera está compuesta entre un 40% y un

60% de celulosa. La mayoría de la celulosa es extraída de la madera, un 90% de celulosa se extrae de la madera y el 10% restante se extrae de otras plantas.

La celulosa es una parte importante en la madera, en la madera se encuentran la celulosa combinada con una sustancia llamada lignina, la hemicelulosa que son carbohidratos más cortos, ácidos grasos y pectinas.

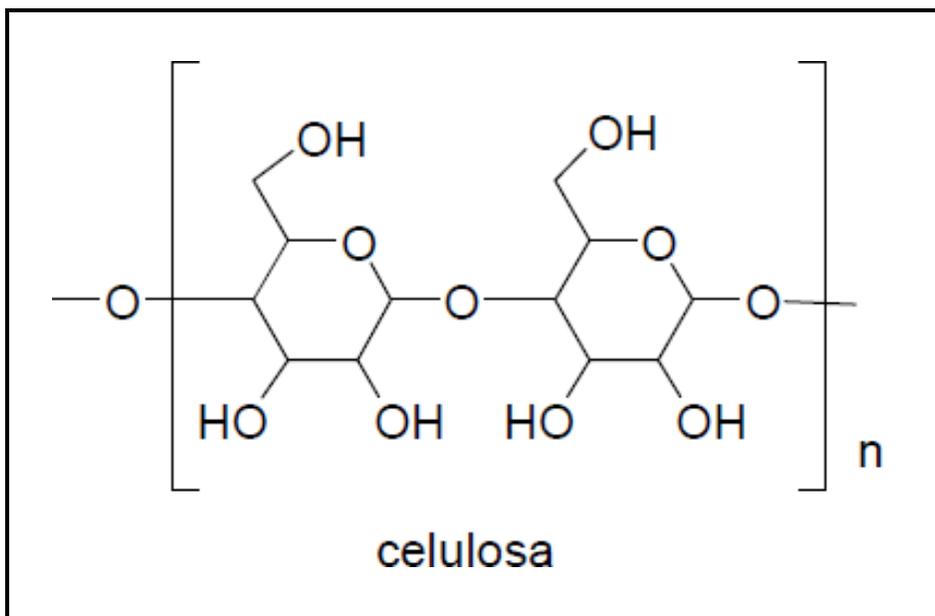


Figura 6. Composición de la celulosa.

Fuente: Química Orgánica Industrial.

Elaborado por: Sanz (s.f.)

En la elaboración del papel y el cartón es donde más se utiliza la celulosa, seguido de la obtención de fibras textiles y derivados de acetato y nitrato de celulosa, en la elaboración del papel se utiliza la fibra de celulosa que es extraída de las maderas por esta razón la madera es un recurso natural renovable y la materia prima en la industria del papel.

La producción actual del papel y el cartón en el mundo es de 300 millones de toneladas, el 43% se los utiliza para embalajes y envases, el 30% para escribir e imprimir, el 12% se utiliza para papel de periódico y el 15% se utiliza para papel higiénico y otros usos de papel.

2.1.3.11.2. Extracción de la pulpa de celulosa.

El proceso para obtener o extraer la pulpa de celulosa de la madera comienza con descortezar la madera y luego triturlarla ya sea con tambores giratorios para el desprendimiento de la corteza, la madera en trozos es tamizado para luego ser preparado para el proceso de cocción en donde las astillas se mezclen correctamente con los reactivos, el grosor de la viruta debe estar entre 3 y 4 mm, aceptable también entre 7 y 8mm.

Finalmente se elabora la pulpa de celulosa, separando la lignina que es la encargada de unir las fibras de celulosa de la madera, este proceso se lo puede realizar de diferentes métodos ya sea mecánicos o químicos, obteniendo así de acuerdo a su proceso, distintos tipos de pulpa de celulosa, aptas para la elaboración del papel.

2.1.3.11.3. Celulosa de forma mecánica.

Este tipo de celulosa se la obtiene cuando después de triturar la madera, ésta se somete a presiones altas y a una temperatura aproximada de 140° C, para la separación de la lignina, este tipo de celulosa tiene un excelente rendimiento ya que de la madera queda entre un 85 a 95% de fibra de celulosa. La desventaja que tiene este tipo de celulosa es que los restos de lignina que queda en producto final se oxidan fácilmente produciendo un color amarillo, por esta razón este tipo de celulosa es más usado para la elaboración de papel periódico.

2.1.3.11.4. Celulosa de forma química.

Este tipo de celulosa se la obtiene cuando la mayor parte de la lignina es eliminada por disolución con reactivos químicos, para esto la madera se expone a cocción con los químicos a temperaturas y presión alta. De aquí salen varios tipos de celulosa dependiendo el tipo de químico usado, así se puede tener, por ejemplo, celulosas químicas de Kraft o celulosas de sulfato, que es la más utilizada en el mundo. Este tipo de celulosa a diferencia de la celulosa mecánica, evita que se vuelva amarillo por oxidación de la lignina.

A nivel mundial, de los 300 millones de toneladas de producción total de celulosa, aproximadamente el 76% es de celulosa química y el 24% es de celulosa mecánica.

2.1.3.11.5. Propiedades de la celulosa.

Las propiedades de la celulosa están relacionadas con variables que evalúan su funcionamiento una vez que ya son convertidos en papel, así tenemos:

- **Volumen específico.-** Su volumen específico es alto ya que permite fabricar una hoja del mismo espesor con un peso menor.
- **Índice de rasgado.-** Mide la energía que se necesita para el rasgado de papel a mano.
- **Índice de tensión.-** Mide la resistencia a tracción que tiene el papel.
- **Longitud de fibra.-** Mide la longitud media de las fibras de celulosa en milímetros.
- **Contenido de finos.-** Mide el contenido de elementos no fibrosos en la celulosa.
- **Drenaje.-** Mide lo fácil que es para la celulosa vaciar el agua que contiene.

- **Viscosidad.-** Mide la fricción interna entre las fibras de celulosa y una mezcla de agua (Sanz, s.f.).

2.1.4. Mampostería

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2014) expresa que la mampostería como estructura es un conjunto ordenado de elementos conectados entre sí, que da cierta rigidez, como sistema estructural, la mampostería es un elemento resistente en la construcción.

La mampostería es un sistema de apariencia áspera y rugosa, utilizada para asegurar durabilidad y resistencia en las construcciones, su elaboración consiste en apilar materiales como bloques de hormigón, ladrillos o rocas para levantar el muro, la forma en que se juntan estos elementos es por medio de la unión de cemento o cal y agua (Ingeoexpert, 2020).



Figura 7. Mampostería.

Fuente: Cementos Cibao (2018).

2.1.4.1. Tipos de mampostería.

En la actualidad existen diferentes tipos de mampostería entre los que podemos mencionar son:

- **Mampostería Ordinaria.-** Este tipo de mampostería utiliza el mortero que es una mezcla de cemento o cal para juntar los elementos como el ladrillo, el bloque, la piedra u otros materiales y llenar los espacios que quedan entre ellos, evitando así el desperdicio por la correcta ubicación de estos elementos.

- **Mampostería en seco.**- Este tipo de mampostería no utiliza el mortero, es elaborado con ladrillos o piedras, los mismos que son bien elegidos para mantener la estabilidad de la estructura. Los espacios que quedan entre los elementos son llenados a base de piedras pequeñas llamados ripio y son encajados en los espacios (Rocas y minerales, 2018).



Figura 8. Mampostería en seco.
Fuente: Piedras Maragatas (2017).

- **Mampostería Concertada.**- Utiliza mampostería tallada en la superficie de sus juntas, los materiales se las molda de forma poligonal, ubicadas cara a cara obteniendo un apariencia regular, si la estructura es más gruesa que los mampuestos, se colocan primero en las partes visibles del muro, luego son rellenos con ripio si es necesario (Rocas y minerales, 2018).



Figura 9. Muro de mampostería concertada.
Fuente: Zona Hogar (2020).

- **Mampostería Estructural.-** Este tipo de mampostería es utilizado en construcciones de casas y edificaciones, compuesto por paredes verticales de cemento y reforzados con varillas metálicas en su interior, para tener una estructura mucho más resistente a desastres naturales se hace la mampostería estructural reforzada.
- **Mampostería Confinada.-** Este tipo de mampostería se elaboran con ladrillos unidos con mortero en forma de pilares, reforzada con vigas y hormigón desde el suelo, esto la hace resistente para soportar cargas superiores, incluidas otras edificaciones más arriba.
- **Mampostería Careada.-** Este tipo de mampostería, se tallan los ladrillos o piedras en la superficie expuesta, no necesita tener un tamaño único, los espacios entre ellos pueden ser rellenos con ripio u otros mampuestos.
- **Mampostería Decorativa.-** Este tipo de mampostería es utilizada para embellecer muros internos y externos, calles, avenidas y otros lugares públicos, son conformadas por piedras pulidas y barnizadas (Rocas y minerales, 2018).



Figura 10.Muro de mampostería concertada de piedra caliza.

Fuente: Ingeoexpert (2020).

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Definiciones generales

- **Hormigón Armado**

El hormigón armado es el resultante de la combinación del hormigón con barras de acero, el hormigón a su vez está formado por cemento, arena, grava y agua. El acero va ubicado según donde se necesite flexionar la columna, viga u otro componente (Constructora Rey, 2017).

- **Bloque de cemento**

El bloque de cemento es un material utilizado principalmente para construir paredes o muros, los bloques funcionan apilándolos y mezclándolos con el mortero formado de cemento, agua y arena (Franco, 2018).

- **Cemento Portland**

El cemento Portland es una especie de cemento hidráulico que cuando se une con los áridos, el agua, empieza una transformación que da como resultado una mezcla resistente llamada hormigón, una de las características del cemento es que fraguará y endurecerá cuando se pone en contacto con el agua (Emedia, 2017).

- **Arena**

La arena es el producto que se obtiene cuando se desintegra o se tritura natural o artificialmente las rocas, quedando en partículas cuyo tamaño está entre los 0,149 mm y los 4,76 mm aproximadamente, son muy utilizadas para elaborar el concreto en los procesos de construcciones (Cementos Cibao, 2017).

- **Mampostería**

La mampostería es la unión de rocas, bloques de hormigón o ladrillos superpuestos unos con otros, formando paredes o muros para unir sus elementos se usan la mezcla compuesta por cemento, arena y agua (Rocas y minerales, 2018).

- **Permeabilidad**

La permeabilidad es la capacidad de un material para permitir que pase un flujo a su largo y ancho sin cambiar su composición, el flujo puede ser: gas, líquido, calor, etc., si el flujo que pasa por el material es mínimo se dice que es impermeable (Bolívar, 2020).

- **Materia prima**

La materia prima es aquella que se transforma en el proceso productivo hasta llegar a ser un producto de consumo, son aquellas materias que deben modificarse y pasar por distintas etapas antes de que el usuario pueda utilizarlos, son muy importantes para la cadena productiva (García I. , 2017).

- **Capilaridad**

La capilaridad es un fenómeno natural, es una propiedad que hace que el agua suba por tubos estrechos también llamados tubos capilares, si el tubo es muy estrecho mayor es la subida del agua (Valdivielso, 2020).

- **Humedad**

La humedad es el vapor de agua presente en el aire, la cantidad de humedad depende de varios factores como la lluvia, la temperatura, el lugar donde se encuentre, si hay presencia de plantas, etc., cuando el aire está lleno de vapor de agua, ésta no puede contener tanto, por esto el agua se vuelve líquido rápidamente (Portillo, 2017).

2.3. Marco Legal

El marco legal de esta investigación está enfocado en:

- **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR:**

Derechos del buen vivir

Ambiente sano: Art. 14.

Hábitat y vivienda: Art. 30.

Derechos de libertad: Art. 66 - Literal 27.

Derechos de la naturaleza: Art. 72.

Responsabilidades: Art. 83 - Literal 6.

Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales: Art. 385 – Literal 1 y 3.

- **TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA:**

De la Misión, Visión y Objetivos del Ministerio del Ambiente: Art 3 – Literal 1, 2 y 4.

Gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos: Art. 55.

- **PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013 – 2017**

Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida de la población: Literal 3.9 – d.

Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global: Literal 7.8 – d.

- **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)**

Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Bloque:

Para la elaboración del bloque se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NORMA NTE INEN 638**
Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales.
- **NORMA NTE INEN 643**
Bloques huecos de hormigón. Requisitos.
- **NORMA NTE INEN 2619: 2012**
Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería. Refrentado para el ensayo a compresión.
- **NORMA NTE INEN 3066**
Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo.
- **NORMA ASTM C90 – 14**
Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units.
- **NORMA ASTM C129: 2014**
Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units.
- **NORMA UNE EN 771 – 3: 2011**
Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros).

Cemento:

Para la elaboración con cemento se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 152: 2012**
Cemento Portland. Requisitos.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 153**
Cemento hidráulico. Muestreo y ensayo.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 198**
Cementos. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1806**
Cemento para mampostería. Requisitos.

- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2615: 2012**
Cemento para morteros. Requisitos.
- **NORMA ASTM C 1329**
Standard Specification for Mortar Cement.

Agregado fino:

Para la fabricación con arena se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 873**
Arena normalizada. Requisitos.
- **NORMA ASTM C 778**
Standard specification for standard sand.
- **ASTM C33/C33M-18**
Standard specification for concrete aggregates.

Agregado grueso:

Para la elaboración con grava o piedra se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2017: 94**
Piedras naturales para construcción. Definiciones y clasificación.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 872**
Áridos para hormigón. Requisitos.
- **ASTM C33/C33M-18**
Standard specification for concrete aggregates.

Agua:

Para la elaboración con agua se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108**
Agua potable. Requisitos.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1882: 2013**
Agua. Definiciones.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013**
Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 6107-2**
Calidad del agua. Vocabulario. Parte 2.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 7887: 2013**

Calidad de agua – Examen y determinación de color (IDT).

Mampostería:

Para la elaboración de mampostería se tiene en consideración las siguientes normas:

- **NEC-SE-MP**
Mampostería Estructural.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2518: 2010**
Mortero para unidades de mampostería. Requisitos.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2536: 2010**
Áridos para uso en morteros para mampostería. Requisitos.
- **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2619: 2012**
Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería.
Refrentado para el ensayo a compresión.
- **NORMA ASTM C140-03**
Standard test methods for sampling and testing concrete masonry units and related units.
- **NORMA ASTM C129: 14**
Standard specification for nonloadbearing concrete masonry units.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología

La metodología que se aplicará en esta investigación será utilizando el método inductivo ya que es un método científico que va de lo particular a lo general, es decir, se obtienen datos que luego se sintetizan y establecer patrones posibles, para llegar a un enunciado general o conclusión que permita comprender y explicar los casos particulares.

La metodología tiene como fin asegurar la validez y confiabilidad de los resultados, por medio de un replanteamiento metodológico y definir que herramientas utilizar, dónde, a quiénes y qué instrucciones se utilizarán, cómo ordenar la información señalando el índice de su interpretación (Dominguez, 2016).

El presente proyecto usará una investigación experimental, llevándolo hacia un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la investigación empírica, donde se evaluará a la madera pulpable como agregado de la dosificación del bloque de cemento, para su posterior elaboración, se realizará los respectivos experimentos, ensayos y pruebas de laboratorio basados en las Normas INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización), se someterá a análisis de los resultados que se obtienen de los ensayos y pruebas, se determinará propiedades físicas y mecánicas de los bloques al agregarle la madera pulpable para así obtener los resultados que nos permita evaluar la variación de la permeabilidad en los nuevos bloques elaborados con madera pulpable (Bloques MP), relacionándolo con los ensayos de absorción de agua y absorción capilar, esperando que cumplan con las normas vigentes NTE INEN 3066 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 1585-04 (American Society for Testing and Materials), y poder compararlos con los bloques tradicionales presentes en el mercado de la construcción, y a su vez hacer una comparación de costos entre los nuevos prototipos de bloques.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación aplicable a nuestro proyecto es la investigación experimental, ya que este tipo de investigación nos permiten obtener un mejor diseño de la investigación ya que nos aportarán para el análisis de nuestros objetivos planteados con el fin de cumplirlos satisfactoriamente.

3.2.1. Investigación experimental

Nuestro proyecto será de tipo experimental ya que se incluirá madera pulvable en la dosificación para la elaboración del nuevo bloque de cemento, realizar las respectivas pruebas y obtener así los resultados que cumplan con los objetivos de la investigación que es el de tener conocimientos de como la madera pulvable influye en la permeabilidad del bloque de cemento definiendo sus características y correcta dosificación para su elaboración.

La investigación experimental es una investigación realizada haciendo uso de los métodos científicos, en donde las variables no sufren cambio alguno, mientras que el otro conjunto de variables se considera como el objeto experimental. Este tipo de investigación es considerado dentro de la investigación cuantitativa como uno de los principales. Las pruebas de laboratorio son un claro ejemplo de la investigación experimental. El éxito de este tipo de investigación viene dado cuando el investigador afirma que el cambio de la variable dependiente es causado por la variable independiente manipulada. Determinar la causa y el resultado de un fenómeno es importante para la investigación experimental, esto es, que queda claro que el efecto observado en lo que se experimenta es producto de la causa (Velazquez, 2020).

“Experimento. Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” (Hernández et al., 2014, p. 130).

3.3. Enfoque

Este proyecto de investigación aplicará el enfoque cuantitativo, ya que, este enfoque posee un proceso secuencial y probatorio, para así obtener los resultados, técnicas, análisis que se quiere obtener de los objetivos, este enfoque cuantitativo nos dará una validez y confianza con lo investigado de acuerdo a los métodos de investigación.

El enfoque cuantitativo emplea la recolección de datos para evaluar la hipótesis de nuestra investigación, basándose en la medición numérica y el análisis estadístico, con la finalidad de tener información del comportamiento y probar las teorías (Hernández et al., 2014).

“En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis)” (Hernández et al., 2014, p. 128).

3.4. Técnicas e Instrumentos

Las técnicas para la recolección de datos son los procedimientos de medición o recopilación mediante los cuales es posible recopilar datos válidos y fiables que son de utilidad científica sobre los objetivos de estudio, con el fin de resolver la pregunta planteada en la investigación.

Las técnicas de nuestro trabajo de investigación son de tipo experimental, por tanto, se emplearán pruebas y ensayos, para obtener datos medibles que luego son analizados, estas técnicas de recopilación de datos son las siguientes:

- Ensayo de resistencia a la compresión simple NTE INEN 3066.
- Ensayo de absorción NTE INEN 3066.
- Ensayo de contenido de humedad NTE INEN 3066.
- Ensayo de densidad NTE INEN 3066.
- Ensayo de absorción capilar ASTM C1585-04.

Los instrumentos a utilizar en esta investigación son aquellos que registran datos observables que representan a las variables de la investigación que son los siguientes:

- Equipos.
- Prensa hidráulica rotura de bloques.
- Balanza.
- Horno.
- Mezcladora de materiales
- Moldeadora de bloques

Los instrumentos de recolección de datos deben reunir tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad.

3.5. Población

La población está constituida por toda la producción de bloques de cemento que se emplean en los distintos procesos de construcción.

La población de estudio está constituida por todos los bloques de cemento utilizados para elaborar muros de mampostería no estructural.

3.6. Muestra

La muestra empleada es una muestra no probabilística, ya que los bloques de cemento provienen de distintas empresas que se dedican a su fabricación, para ello se seleccionó la empresa más destacada en su producción. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014),

determinaron que, en una muestra no probabilística, la selección de elementos no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. En esta investigación el procedimiento no se basa en fórmulas probabilísticas, sino que depende del proceso de toma de decisiones del investigador o grupo de investigadores. Por lo tanto, se toma como características aquellos bloques de cemento que según la Norma NTE INEN 3066 (Norma Técnica Ecuatoriana), sean de Clase B, que son bloques de cemento para muros de mampostería no estructural; y cuyas dimensiones sean de 0.39m de largo x 0.09m de ancho x 0.20m de altura.

Para determinar el tamaño de la muestra de la investigación se tomó como referencia las unidades de ensayo que establece la Norma NTE INEN 3066 (Norma Técnica Ecuatoriana), que permite realizar los ensayos de compresión simple y ensayos de absorción de agua, para ello se establecerá una muestra de 8 unidades para cada dosificación, que son 5 dosificaciones, dando un total de 40 bloques de cemento, como se demuestra en la (Tabla 5).

Tabla 5

Muestras de Bloques de Cemento con Madera Pulpable

Bloques (MP)	Ensayo Compresión Simple			Ensayos Absorción	Cantidad
	7 días	14 días	28 días		
Dosificación 1	2	2	2	2	8
Dosificación 2	2	2	2	2	8
Dosificación 3	2	2	2	2	8
Dosificación 4	2	2	2	2	8
Dosificación 5	2	2	2	2	8
Total					40

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

3.7. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se plantea una vez realizado la recolección de datos a través de los distintos ensayos aplicados a los bloques como ensayo de compresión simple, ensayo de absorción de agua, contenido de humedad, densidad y ensayo de absorción capilar, se hace un

análisis comparativo de los resultados obtenidos con los resultados expuesto por las normativas vigentes para verificar el correcto funcionamiento y aceptación del mismo y verificar cual dosificación cumple con la normativa, a su vez se hace el análisis comparativo de los resultados obtenidos entre los nuevos bloques elaborados con madera pulpable y los bloques tradicionales, para determinar la diferencia en el comportamiento entre ellos en relación a la permeabilidad que presentan.

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

4.1. Propuesta

La finalidad de este proyecto de investigación es tratar de encontrar una solución a aquellos problemas que afectan en la actualidad como son los daños en los elementos constructivos producto de la humedad presente en los bloques de cemento; además de la problemática que causan los desechos o residuos de madera que producen las empresas por la alta demanda en el procesamiento de la madera que afectan al medio ambiente; para ello se trabajó en una propuesta con la posibilidad de mitigar estas problemáticas por medio de la elaboración de un bloque, cuyo agregado es la madera pulpable, que pueda mejorar la impermeabilidad del bloque y además disminuir el uso de materia prima aportando al proceso de asimilación del medio ambiente frente a los desperdicios o contaminantes que generan las industrias.

En este capítulo se muestran los resultados experimentales obtenidos de los ensayos a los bloques elaborados con madera pulpable, para evaluarlos y tener un conocimiento de cómo puede influenciar este nuevo agregado que es la madera pulpable en la permeabilidad de los bloques de cemento, relacionándolo con los distintos ensayos de absorción de agua y absorción capilar en los bloques, para ello primero se analizan los residuos de la madera, que pasan primero por un proceso para obtener la madera pulpable para luego ser mezclada con los demás elementos para ser utilizados en la dosificación, con la madera pulpable se define 5 tipos de dosificaciones con porcentajes distintos de madera pulpable en ellos y variando los porcentajes de los demás elementos que conforman el bloque, para su posterior elaboración.

En Ecuador no existe una normativa que evalúe este tipo de bloques elaborados con madera pulpable, pero se tomó como referencia y comparación la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066 (2016), evaluando las pruebas de compresión simple a 7, 14 y 28 días; absorción, densidad; y referencia de la norma ASTM C1585-04, evaluando ensayos de absorción capilar, aplicado a bloques de cemento.

4.2. Elaboración de la propuesta

4.2.1. Procedimiento para obtener la madera pulpable

Dentro del estudio realizado observamos que las grandes empresas de mobiliarios luego de fabricar productos a base de madera para su comercialización, almacenan una gran parte del desperdicio de la madera, que se genera debido al proceso de su fabricación, a causa de los cortes

que se le realiza a la madera, van generando residuos, la mayoría de veces son desechados a la basura causando la contaminación al medio ambiente.

Los residuos de la madera se los obtuvo del aserradero “Alicia Mobiliario” ubicado en las calles Tungurahua 611 entre Hurtado y Vélez, en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas (Figura 11).

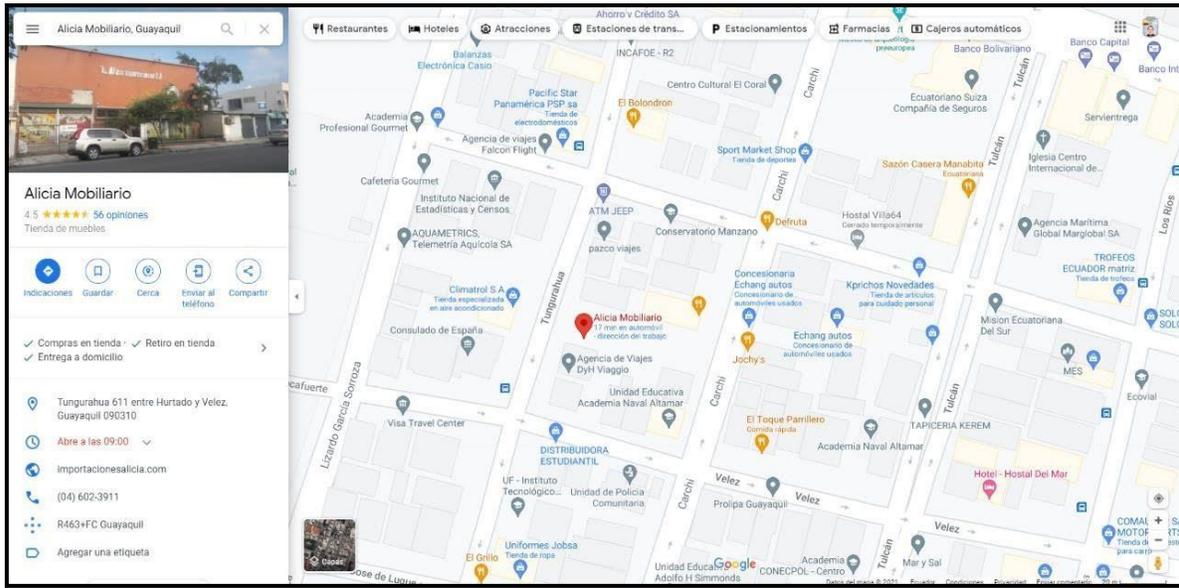


Figura 11.Ubicación del aserradero.

Fuente: Google Maps (2021-a).

La madera está compuesta principalmente por pulpa de celulosa y una sustancia llamada lignina que es la encargada de unir las fibras de celulosa de la madera, para obtener un mejor resultado en el desarrollo del proyecto, se hizo un tratamiento a los residuos de la maderas blandas, para separar la pulpa de celulosa de la lignina, la pulpa de celulosa es lo que llamamos madera pulpable que es la fibra de la madera sin lignina, se realizó este proceso ya que según estudios, la pulpa de celulosa puede ser utilizado como material impermeable.



Figura 12.Residuos de madera.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.1.1. Materiales para el tratamiento de los residuos de madera.

Los materiales que se utilizaron para el tratamiento de los residuos de madera pulpable se muestran en la Tabla 6:

Tabla 6

Materiales para el Tratamiento de Residuos de Madera

Materiales	Cantidad	Detalle
Residuos de madera	12,34 kg	Trozos de residuos
Hidróxido de Sodio	750 gr	Eliminación de lignina
Hipoclorito de Cloro	2 lt	Eliminación de lignina
Agua	30 lt	Mezclas y lavado
Cocina a gas	1	Cocción de mezclas
Licadora industrial	1	Triturar la madera resultante
Guantes	1	Precaución-manipulación de químico
Mascarilla	1	Protección contra vapores químicos
Gafas protectoras	1	Protección para ojos
Olla	1	Contenedor de mezclas
Recipiente de vidrio	1	Mezcla de químico
Cuchara de palo	1	Mezclar

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus; (2021)

4.2.1.2. Tratamiento de la madera para la obtención de madera pulpable.

Para este tratamiento se aplicó la extracción de pulpa de celulosa de forma química. Este proceso se lo realizó en 5 partes debido a la cantidad de residuos de madera que se tenía, primero en una olla grande con 3 litros de agua y con los residuos de madera, se procede a un proceso de cocción a fuego lento por unos 15 min (figura 13), este proceso se realiza para que los residuos de madera eliminen impurezas, luego se prepara una mezcla con el compuesto químico que es Hidróxido de Sodio que cumple la función de la separación entre la pulpa de celulosa y la lignina, esta mezcla se la realiza en un recipiente de vidrio con 500 ml de agua, se le agrega 25g de hidróxido de sodio y se lo mezcla cuidadosamente, cabe recalcar que como es un producto químico se recomienda tomar las medidas de precaución, como usar gafas protectoras, mascarillas y guantes (figura 14).

Una vez mezclado el químico con el agua, se procede a un proceso de cocción de la mezcla junto con los residuos de madera sin impurezas por aproximadamente 2 horas, durante este proceso la mayor parte de lignina se va removiendo de la pulpa de celulosa en forma de una sustancia oscura (figura 15).

La pulpa de madera resultante es más flexible y elástica y con facilidad a romperse debido a la ausencia de lignina, que es la que mantenía esas fibras unidas (figura 16).

La pulpa de madera se la tritura, se la lava con agua y para una mayor eficacia, se le agrega hipoclorito de cloro, que cumple con la función de retirar la lignina restante (figura 17), se lava con agua y finalmente se lo deja secar para obtener así la pulpa de celulosa llamada madera pulpable (figura 18).



Figura 13.Cocción de residuos de madera para librarlos de impurezas.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 14.Mezcla de hidróxido de sodio y agua.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 15.Cocción de la mezcla de hidróxido de sodio con agua y los residuos de madera / la sustancia oscura (lignina resultante).
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 16.Momento más flexible y elástica de la madera resultante.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 17. Lavado de la madera pulpable triturada.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 18. Secado de la madera pulpable.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2. Elaboración de los bloques de cemento con madera pulpable

Para dar inicio a la elaboración del bloque MP, debemos elegir el tipo de bloque a usar, según la norma NTE INEN 3066 (2016), establece la clasificación de los bloques de acuerdo a su uso, para nuestro proyecto de investigación trabajamos con los bloques de Clase “B” (Tabla 7), que son para mamposterías no estructurales. Este tipo de bloques cuenta con las siguientes dimensiones: 0.39m de largo x 0.09m de ancho x 0.20m de altura (Figura 19) y luego se dejó definidas las dosificaciones tanto como los materiales ya listos para su elaboración.

Tabla 7

Bloques de Hormigón de acuerdo a su Uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: NTE INEN 3066 (2016).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus; (2021)

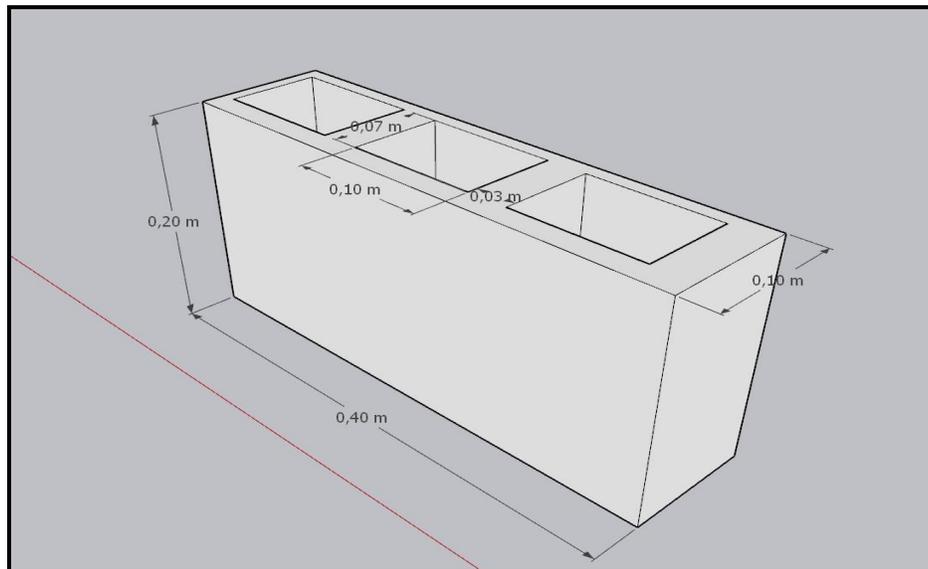


Figura 19. Dimensiones del bloque.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.1. Materiales para la elaboración del bloque MP.

- Cemento Holcim, que cumpla con las Normas NTE INEN 152 “Cemento Portland. Requisitos”.

- Piedra chasqui, que cumpla con las Normas NTE INEN 872 “Áridos para hormigón. Requisitos”.
- Arena, que cumpla con las Normas NTE INEN 873 “Arena normalizada. Requisitos”.
- Madera pulpable.
- Agua, que cumpla con las Normas NTE INEN 1108 “Agua potable. Requisitos”.



Figura 20.Cemento Holcim.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 21.Piedra chasqui.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 22.Arena.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 23.Madera pulpable.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2. Dosificación de los materiales.

Antes de la elaboración de los bloques se definió la adecuada dosificación de los materiales que componen la mezcla, se realizó 5 dosificaciones variando en cada uno los porcentajes de madera pulpable en la mezcla (3%, 5%, 7%, 8%, 11%), el agregado fino y el agua. En la Tabla 8 se muestra la cantidad total de materiales utilizados en las 5 dosificaciones.

Tabla 8

Dosificaciones y Cantidad de Materiales Utilizados en ellas

Dosificación	Piedra chasqui (Kg)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Madera pulpable (Kg)	Agua (lt)
#1	14,06	4,53	11,34	1,12	4,00
#2	14,06	4,53	10,88	4,11	4,00
#3	14,06	4,53	8,16	2,26	5,00
#4	14,06	4,53	7,26	2,72	6,00
#5	14,06	4,53	9,14	1,75	5,00
Total	70,30	22,65	46,78	11,96	24,00

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2.1. Dosificación 1.

En la dosificación 1, se añadió un 3 % de madera pulpable variando las cantidades de arena y agua, esta dosificación tiene la mayor parte de arena y la menor parte de madera pulpable con respecto a las otras dosificaciones, en la Tabla 9 se puede observar las cantidades, así como los porcentajes de cada material utilizado en la mezcla:

Tabla 9

Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 1

Materiales	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Piedra chasqui	14,06	40
Cemento	4,53	13
Arena	11,34	32
Madera P.	1,12	3
Agua	4,00	11

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

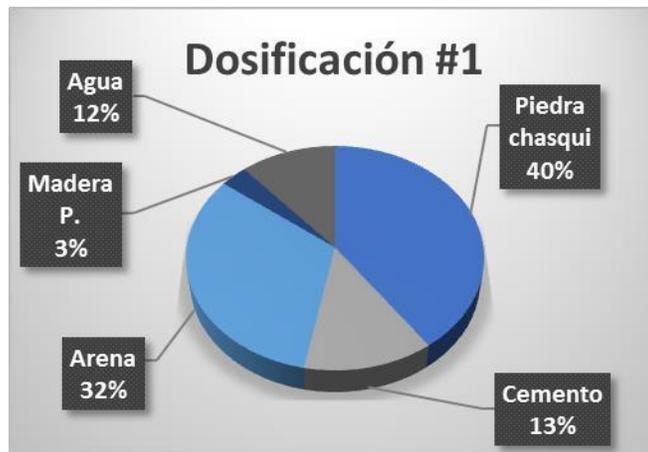


Gráfico 1. Porcentajes de materiales de la dosificación 1.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2.2. Dosificación 2.

En la dosificación 2, se añadió el 11% de madera pulpable variando las cantidades de arena y agua, en esta dosificación se redujo la cantidad de arena y se aumentó la cantidad de madera pulpable, siendo esta dosificación la que tiene mayor porcentaje de madera pulpable de todas las dosificaciones, en la Tabla 10 se puede observar las cantidades, así como los porcentajes de cada material utilizado en la mezcla:

Tabla 10

Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 2

Materiales	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Piedra chasqui	14,06	37
Cemento	4,53	12
Arena	10,88	29
Madera P.	4,11	11
Agua	4,00	11

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

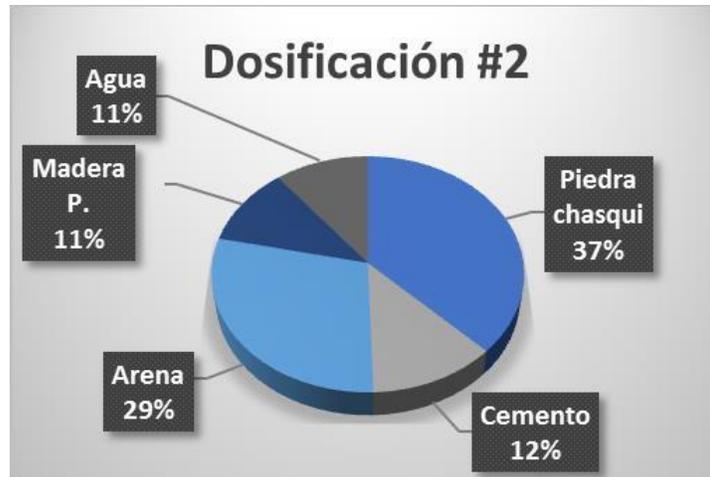


Gráfico 2. Porcentajes de materiales de la dosificación 2.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2.3. Dosificación 3.

En la dosificación 3, se añadió el 7% de madera pulpable variando las cantidades de arena y agua, en esta dosificación se redujo la cantidad de arena y la cantidad de madera pulpable en la mezcla, en la Tabla 11 se puede observar las cantidades, así como los porcentajes de cada material utilizado en la mezcla:

Tabla 11

Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 3

Materiales	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Piedra chasqui	14,06	41
Cemento	4,53	13
Arena	8,16	24
Madera P.	2,26	7
Agua	5,00	15

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

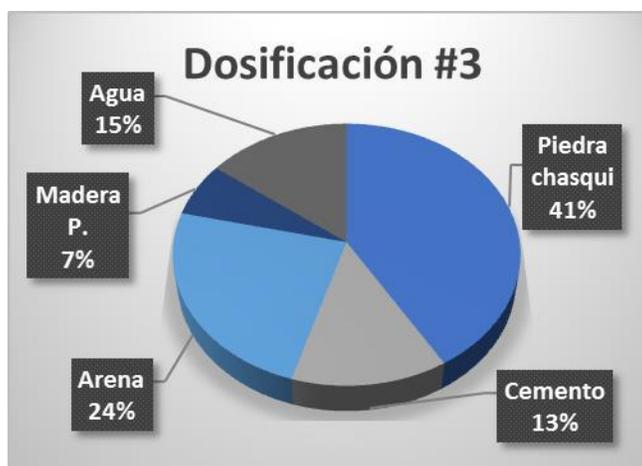


Gráfico 3. Porcentajes de materiales de la dosificación 3.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2.4. Dosificación 4.

En la dosificación 4, se añadió el 8% de madera pulpable variando las cantidades de arena y agua, en esta dosificación se redujo la cantidad de arena, siendo esta dosificación la que menor cantidad de arena tiene de todas y se aumentó la cantidad de madera pulpable en la mezcla, en la Tabla 12 se puede observar las cantidades, así como los porcentajes de cada material utilizado en la mezcla:

Tabla 12

Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 4

Materiales	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Piedra chasqui	14,06	41
Cemento	4,53	13
Arena	7,26	21
Madera P.	2,72	8
Agua	6,00	17

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

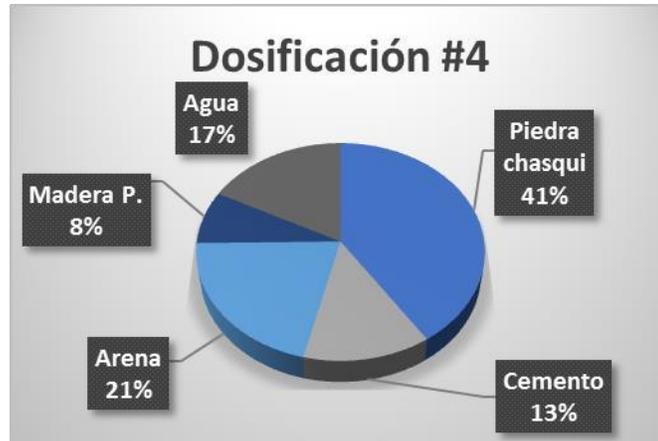


Gráfico 4. Porcentajes de materiales de la dosificación 4.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.2.2.5. Dosificación 5.

En la dosificación 5, se añadió el 5% de madera pulpable variando las cantidades de arena y agua, en esta dosificación se aumentó la cantidad de arena y se disminuyó la cantidad de madera pulpable en la mezcla, en la Tabla 13 se puede observar las cantidades, así como los porcentajes de cada material utilizado en la mezcla:

Tabla 13

Cantidad de Materiales y Porcentajes de la Dosificación 5

Materiales	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Piedra chasqui	14,06	41
Cemento	4,53	13
Arena	9,14	27
Madera P.	1,75	5
Agua	5,00	15

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

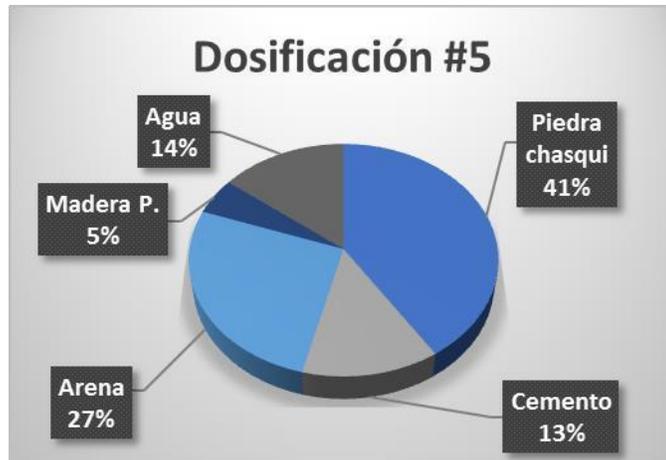


Gráfico 5. Porcentajes de materiales de la dosificación 5.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Con esto se da el cumplimiento del primer objetivo específico, se realizó y experimentó las dosificaciones con el nuevo agregado que es la madera pulpable, elaborando 5 tipos de dosificaciones con distintos porcentajes de madera pulpable: dosificación #1 con 3% de madera pulpable, dosificación #2 con 11% de madera pulpable, dosificación #3 con 7% de madera pulpable, dosificación #4 con 8% de madera pulpable y dosificación #5 con 5% de madera pulpable; con el fin de obtener la proporción óptima de madera pulpable, que a su vez cumpla con los requisitos establecidos en las Normas NTE INEN 3066 (2016).

4.2.2.3. Herramienta para la elaboración del bloque MP.

- Balanza
- Balde
- Mezcladora de materiales
- Moldeadora de bloques
- Carrito transportador

4.2.2.4. Procedimiento de la elaboración del bloque MP.

Para la fabricación de bloques MP, se pesaron los materiales de acuerdo a cada dosificación, se utilizó la piedra chasqui como elemento principal, que luego fue mezclada con arena fina, cemento, la madera pulpable y el agua, tomando en cuenta que se realizaron diferentes dosificaciones, variando el porcentaje de arena y madera pulpable (3%, 5%, 7%, 8%, 11%) en cada dosificación y poder evaluar luego que prototipo óptimo cumple con las normativas establecidas.

Como se observa en la Figura 24 y 25, vertimos la materia prima como la piedra chasqui, cemento, arena y madera pulpable en la mezcladora para mezclar todos los materiales y obtener una consistencia necesaria para la elaboración del bloque MP.



Figura 24. Colocación de materiales en la mezcladora.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 25. Mezclado de materiales.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Ya culminado con el proceso de mezcla de los elementos se procede a darle forma a los bloques con el material obtenido del mismo, llenando la mezcla con una pala en la moldeadora de bloques, cuya máxima capacidad es de 8 bloques (Figura 26), este tipo de máquinas produce

vibraciones de aproximadamente 30 segundos a 1 minuto, para lograr compactar y moldear los bloques.



Figura 26. Moldeado de bloques.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Una vez moldeados los bloques se los retira de la moldeadora en el carrito transportador para ser ubicados al área de fraguado (Figura 27), que debe ser un sitio fresco y libre de sol para asegurar de que su fraguado sea el correcto evitando así la pérdida de agua en el bloque, ya que, si esto pasa, habría una disminución en la resistencia de los bloques, este proceso de fraguado duró alrededor de 24 horas.



Figura 27.Desmolde y transporte del bloque.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

El siguiente es el proceso del curado de los bloques, para que estos se mantengan húmedos a fin de que la reacción química del cemento siga su proceso normal para obtener bloques con la resistencia deseada, para ello se riega constantemente agua a los bloques por lo menos 3 veces al día, durante un tiempo de 5 días, hasta que se puedan manipular los bloques sin que sufran daño alguno.

En la Figura 28, 29 y 30 se observan los bloques elaborados en su totalidad, se obtuvo 8 bloques por cada dosificación, haciendo un total de 40 bloques de cemento con madera pulpable, los bloques mostraron una buena adherencia, dureza y consistencia, luego se procedió a realizar los ensayos requeridos.



Figura 28.Prototipos de bloques MP.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 29.Resultados de prototipos de bloques.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 30.Elaboración de 40 bloques de cemento con madera pulpable.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

El proceso de la elaboración de los bloques con madera pulpable se lo realizó en la Bloquera ubicada en el Recreo 3 Etapa Duran, Durán (Figura 31).

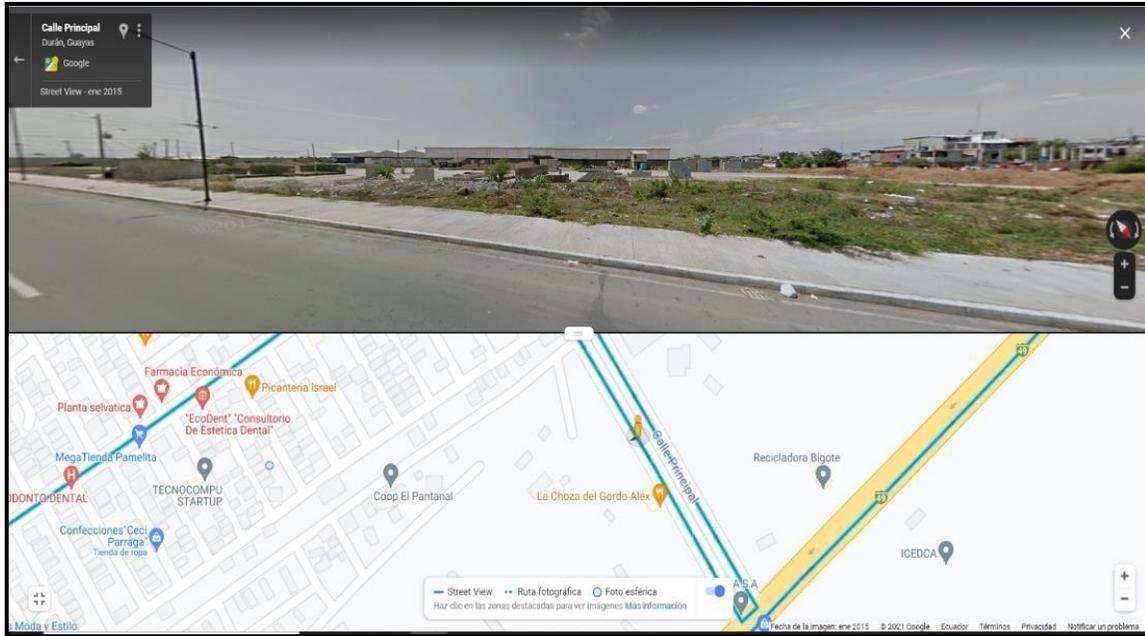


Figura 31. Bloquera Duran.
Fuente: (Google Maps, 2021-b).

4.2.3. Evaluación de los bloques de cemento elaborados con madera pulpable

Los bloques de cemento elaborados con madera pulpable fueron evaluados por medio de los ensayos de resistencia a la compresión simple a 7, 14 y 28 días, absorción de agua y densidad de acuerdo a la Norma NTE INEN 3066 (2016), (Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayos) y ensayo de absorción capilar de acuerdo a la Norma ASTM C1585-04 (Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes), aplicado a bloques de cemento.

Los ensayos se lo realizaron en los laboratorios de SIKA S.A. Ecuador ubicado en el km. 3.5 vía Durán-Tambo en Durán (Figura 32).

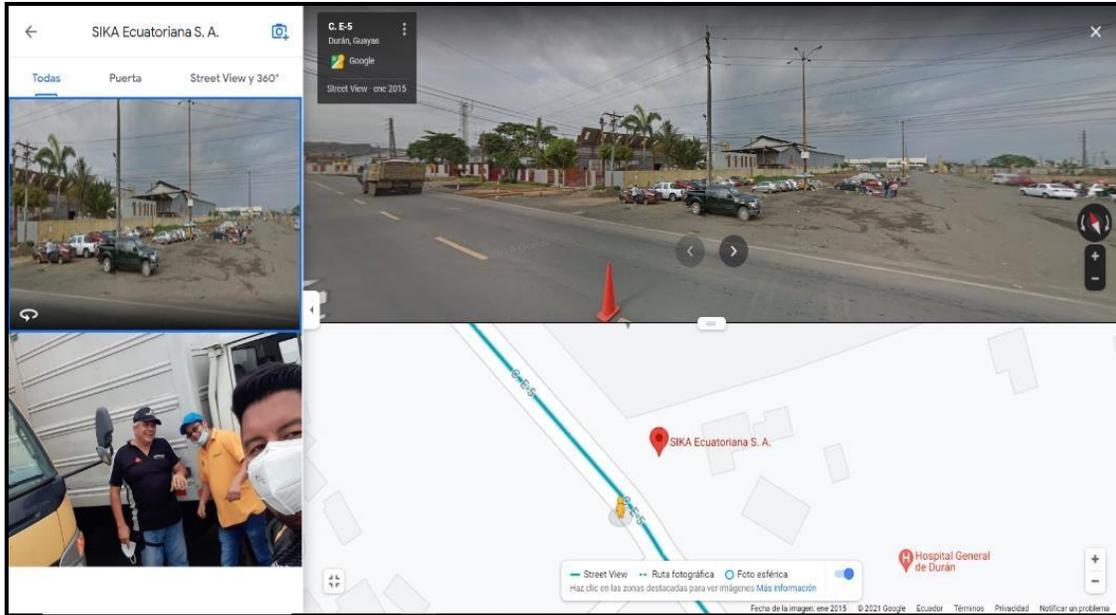


Figura 32.Laboratorio de SIK A S.A.
Fuente: (Google Maps, 2021-c).

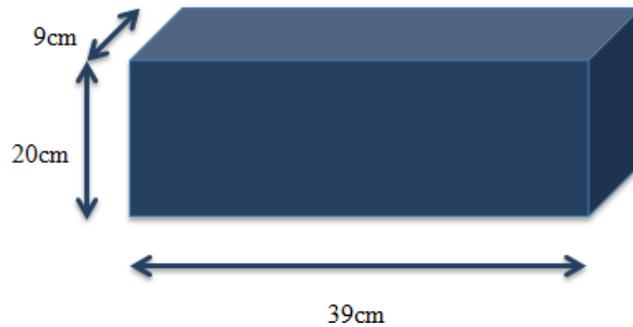
4.2.3.1. Ensayo de resistencia a la compresión simple.

En estas pruebas se tomó como referencia los procedimientos de la Norma NTE INEN 3066 (Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo).

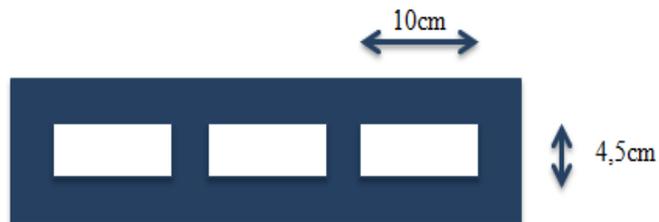
Este tipo de ensayo se lo aplicó para evaluar la resistencia de los bloques MP cuando es sometida a una carga de compresión hasta su deformación, alteración o ruptura, esta resistencia es medida como la resistencia mecánica entre el área de la sección donde se aplica la carga.

El ensayo se lo realizó con una prensa electro-hidráulica adaptada con 2 placas de acero, colocadas en la parte superior e inferior en los bloques MP y cuyas dimensiones son de acuerdo a lo establecido en la norma, este ensayo se lo aplicó en distintos tiempos de 7, 14 y 28 días después de elaborados los bloques MP, para esto se les hizo pruebas a 2 bloques de cada dosificación y promediado para obtener un solo valor de resistencia por cada dosificación.

Antes de realizar el ensayo se calculó el área de la sección en contacto o el área de compresión real, para esto se utilizó las siguientes fórmulas:



$$\text{Área de compresión} = 39 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} = 351 \text{ cm}^2$$



$$\text{Área de oquedades} = 10 \text{ cm} \times 4,5 \text{ cm} \times 3 = 135 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de compresión real} = 351 \text{ cm}^2 - 135 \text{ cm}^2 = 216 \text{ cm}^2$$

Después se determinó el peso de cada bloque, y se procedió a colocarlo en la prensa electrohidráulica entre las 2 placas en la parte superior e inferior del bloque MP (Figura 33), se aplicó la carga respectiva para evaluarlo en su momento de ruptura o falla del bloque MP (Figura 34), el mismo que dio un valor de resistencia alcanzada por cada bloque MP, este valor se lo dividió para el área de sección de contacto para obtener el valor real de resistencia a la compresión simple.

$$\text{Resistencia alcanzada} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área de compresión real}}$$



Figura 33.Colocación del bloque MP entre las 2 placas antes de su rotura.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 34.Rotura del bloque MP.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.3.1.1. Resultados obtenidos del ensayo de compresión simple.

Tabla 14

Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 7 días

Madera rupapie	Dosificación	Muestra	Fecha de ensayo		Edad (años)	Peso (kg)	Área de contacto (cm ²)	Resistencia		
			Elaboracion	Cotura				(Kn)	(Kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
Adición 3%	#1	A	09/04/2021	16/04/2021	7	6,47	216	64,20	30,32	33,03
		B	09/04/2021	16/04/2021	7	6,07	216	75,7	35,74	
Adición 11%	#2	A	09/04/2021	16/04/2021	7	5,97	216	46,10	21,77	23,35
		B	09/04/2021	16/04/2021	7	6,05	216	52,80	24,93	
Adición 7%	#3	A	09/04/2021	16/04/2021	7	5,76	216	31,63	14,94	15,81
		B	09/04/2021	16/04/2021	7	5,74	216	35,31	16,67	
Adición 8%	#4	A	09/04/2021	16/04/2021	7	5,57	216	28,80	13,60	13,40
		B	09/04/2021	16/04/2021	7	5,66	216	27,94	13,19	
Adición 5%	#5	A	09/04/2021	16/04/2021	7	5,78	216	28,57	13,49	12,98
		B	09/04/2021	16/04/2021	7	5,47	216	26,41	12,47	

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Tabla 15*Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 14 días*

Madera Pulpable	Dosificación	Muestra	Fecha de ensayo		Edad (días)	Peso (kg)	Área de contacto (cm ²)	Resistencia		
			Elaboración	Rotura				(Kn)	(Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
Adición 3%	#1	A	09/04/2021	23/04/2021	14	6,28	216	86,57	40,88	39,64
		B	09/04/2021	23/04/2021	14	5,90	216	81,30	38,39	
Adición 11%	#2	A	09/04/2021	23/04/2021	14	6,00	216	45,56	21,51	23,08
		B	09/04/2021	23/04/2021	14	5,95	216	52,21	24,65	
Adición 7%	#3	A	09/04/2021	23/04/2021	14	5,57	216	58,29	27,53	27,43
		B	09/04/2021	23/04/2021	14	5,71	216	57,89	27,34	
Adición 8%	#4	A	09/04/2021	23/04/2021	14	5,50	216	43,90	20,73	19,28
		B	09/04/2021	23/04/2021	14	5,77	216	37,74	17,82	
Adición 5%	#5	A	09/04/2021	23/04/2021	14	5,85	216	52,15	24,63	25,34
		B	09/04/2021	23/04/2021	14	5,47	216	55,18	26,06	

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Tabla 16*Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Bloques MP a los 28 días*

Madera Pulpable	Dosificación	Muestra	Fecha de ensayo		Edad (días)	Peso (kg)	Área de contacto (cm ²)	Resistencia		
			Elaboración	Cotura				(Kn)	(Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
Adición 3%	#1	A	09/04/2021	07/05/2021	28	5,99	216	95,20	44,96	44 10
		B	09/04/2021	07/05/2021	28	5,82	216	91,58	43,25	
Adición 11%	#2	A	09/04/2021	07/05/2021	28	5,96	216	60,80	28,71	30 10
		B	09/04/2021	07/05/2021	28	5,88	216	68,33	32,27	
Adición 7%	#3	A	09/04/2021	07/05/2021	28	5,6	216	77,36	36,53	36 10
		B	09/04/2021	07/05/2021	28	5,68	216	75,92	35,85	
Adición 8%	#4	A	09/04/2021	07/05/2021	28	5,63	216	74,97	35,40	35 14
		B	09/04/2021	07/05/2021	28	5,75	216	73,85	34,87	
Adición 5%	#5	A	09/04/2021	07/05/2021	28	5,82	216	85,24	40,25	39 78
		B	09/04/2021	07/05/2021	28	5,50	216	83,26	39,32	

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)*4.2.3.1.2. Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión de bloques MP.*

Para realizar el análisis tomamos en cuenta los resultados obtenidos en la Tabla 16 que es donde nos muestran los valores de resistencia a la compresión simple obtenidos con una edad de 28 días, para ello se detallan los resultados preliminares en la Tabla 17.

Tabla 17*Resultado Preliminar de Ensayos de Resistencia a la Compresión en Bloques MP*

Dosificación	Resultado Preliminar
# 1	Esta dosificación alcanzó la resistencia más alta de 44,10 Kg/cm ² con un porcentaje de madera pulpable del 3%
# 2	Esta dosificación no llegó a dar la resistencia mínima requerida, obtuvo una resistencia del 30,49 Kg/cm ²
# 3	Esta dosificación obtuvo una gran resistencia de 36,19 Kg/cm ² con un porcentaje de madera pulpable del 7%
# 4	Esta dosificación no llegó a dar la resistencia mínima requerida, obtuvo una resistencia del 35,14 Kg/cm ²
# 5	Esta dosificación obtuvo una gran resistencia de 39,78 Kg/cm ² con un porcentaje de madera pulpable del 5%

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Según la norma NTE INEN 3066 (2016), la resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón de cada clase es de:

Tabla 18*Resistencia Neta Mínima a la Compresión en Bloques de Hormigón*

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (Mpa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4

*1 Mpa = 10,2 Kg/cm²

Fuente: NTE INEN 3066 (2016).**Elaborado por:** Baquerizo y Cumbicus (2021)

Según los resultados obtenidos en los ensayos de compresión simple a la edad de 28 días después de su elaboración de los bloques elaborados con madera pulpable (Tabla 16), comparándolos con la normativa (Tabla 18), los bloques de cemento elaborados con madera

pulpable se ubican en la clasificación como bloques de Clase B y Clase C, que son para mampostería no estructural y alivianamientos de losas respectivamente, de los cuales todos los bloques cumplen con la resistencia mínima de compresión de la Clase C, y sólo cumplen con la resistencia mínima de compresión de la Clase B las dosificaciones #1, la dosificación # 3 y la dosificación # 5, que son superiores a 3,5 MPa o 35,70 Kg/cm² si se toma en relación a los valores por bloque en la normativa.

Los resultados del ensayo de compresión a los 28 días nos demuestran que la resistencia máxima obtenida es de 44,10 Kg/cm², para bloques de cemento con el 3% de madera pulpable (dosificación #1), que es la más favorable, se observa que los valores de resistencia van disminuyendo a medida que la adición de madera pulpable va aumentando como se lo observa en el Grafico 6.

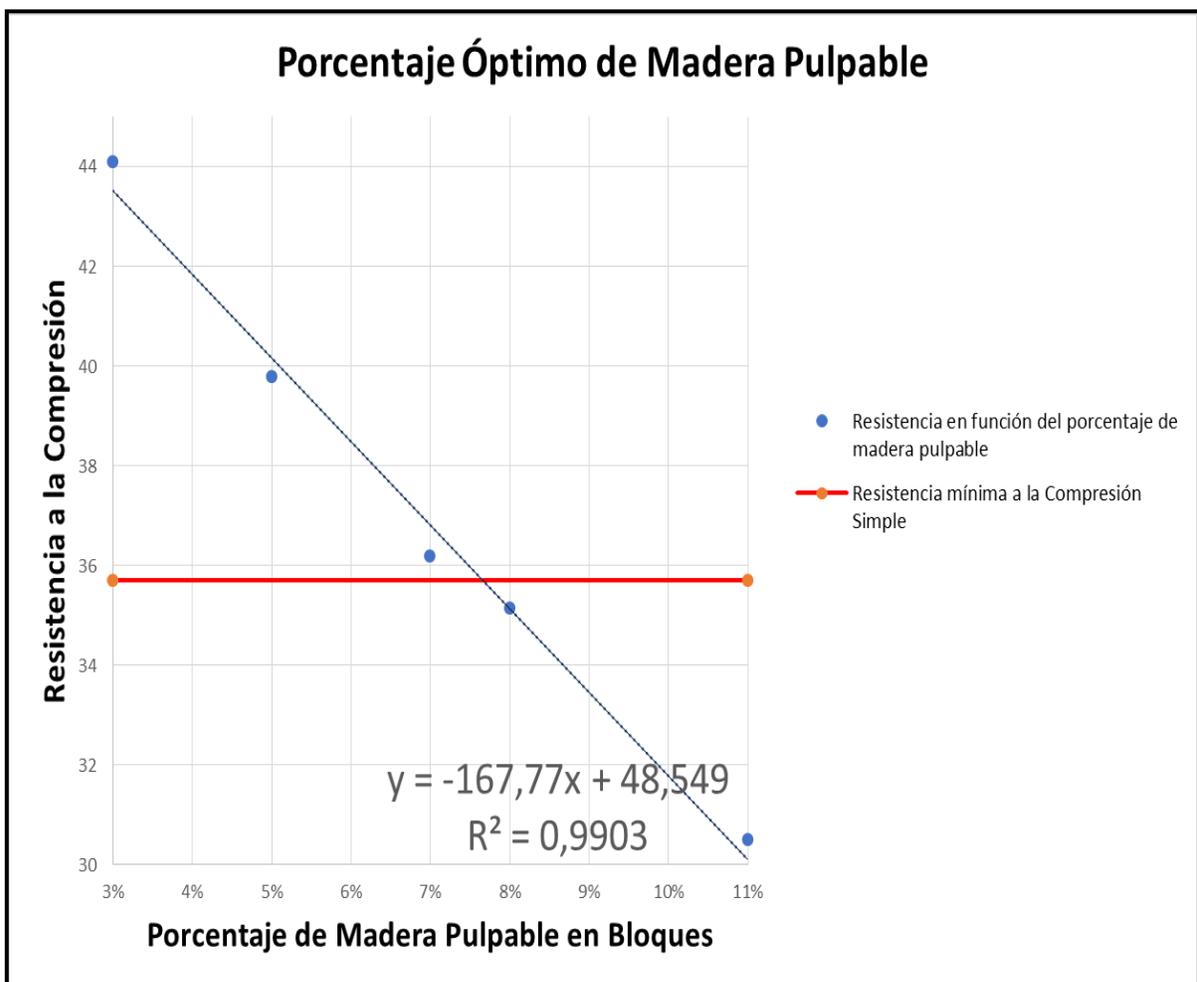


Gráfico 6. Porcentaje óptimo de madera pulpable en función de la resistencia.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Los porcentajes óptimos de adición de madera pulpable en bloques de cemento están entre el 3% y el 7,7%, pasado de estos valores se produce una pérdida de resistencia, lo cual no cumple con los valores establecidos en la norma.

Se observa el modelo matemático Y, el cual modela el comportamiento de la relación entre resistencias obtenidas con los porcentajes de adición de madera pulpable, cuyo valor negativo hace referencia a una pendiente negativa, es decir, se confirma lo antes expuesto que, a mayor porcentaje de adición de madera pulpable en el bloque de cemento, la resistencia disminuye. El factor de correlación R nos muestra un valor de 0,99 equivalente al 99% que es considerada excelente.

Al realizarse 2 ensayos por cada dosificación, a fin de reducir error, se obtuvo la desviación estándar, para ello se identificó la dispersión entre los 2 ensayos de cada dosificación para obtener sus porcentajes y poder determinar la desviación estándar con un promedio de todos los porcentajes de las dispersiones (Tabla 19).

Tabla 19

Determinación de la Desviación Estándar

Dosificación	Muestra	Madera Pulpable	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Dispersión	Porcentajes de Dispersión (%)	Desviación Estándar (%)
1	A	3%	44,96	1,71	3,80	
	B		43,25			
2	A	11%	28,71	3,56	11,02	
	B		32,27			
3	A	7%	36,53	0,68	1,86	4,10
	B		35,85			
4	A	8%	35,40	0,53	1,49	
	B		34,87			
5	A	5%	40,25	0,93	2,32	
	B		39,32			

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Estos cálculos nos permiten de alguna manera garantizar que los datos obtenidos en el ensayo de compresión tienen márgenes de errores que están comprendidos dentro de la dispersión del $\pm 4,10\%$ (Gráfico 7).

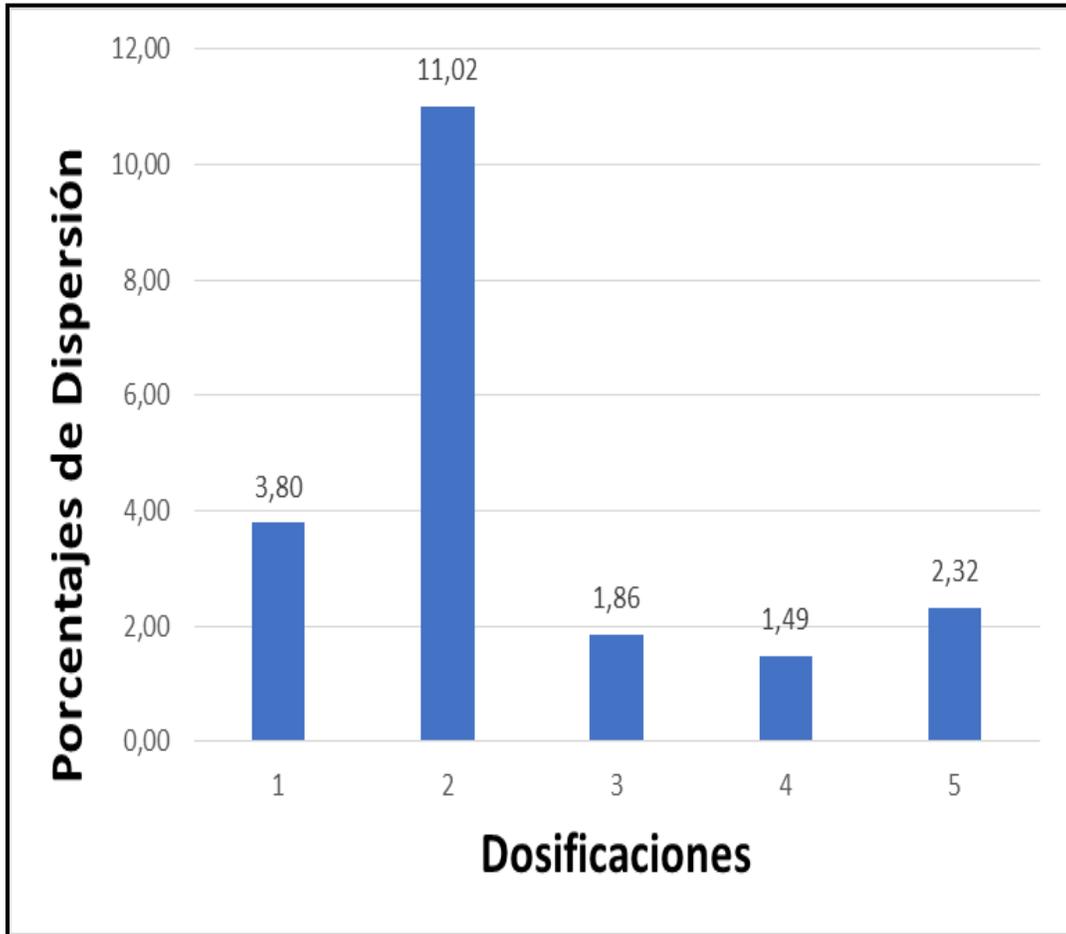


Gráfico 7. Porcentaje de dispersiones.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.3.2. Ensayo de absorción de agua, contenido de humedad y densidad.

Estos ensayos se realizaron tomando como referencia la Norma NTE INEN 3066 (2016), para realizar estos ensayos se tomó una muestra de cada dosificación obteniendo así 5 muestras para realizar el ensayo, las mismas que estaban en unidades enteras y sin defecto alguno como lo expresa la norma.

4.2.3.2.1. Procedimiento.

Se obtiene primero el peso del bloque tal como se la recibió (Figura 35), luego pasa por el proceso de saturación que consiste en sumergir en agua los bloques MP en una temperatura

aproximada entre 16°C y 27°C por un tiempo de 24 a 28 horas, después de este tiempo se obtiene la masa de los bloques MP completamente sumergidos, mientras se suspenden en un alambre como lo establece la norma, este valor será la masa de la muestra sumergida (Figura 36), después se saca los bloques MP y se deja escurrir por aproximadamente 1 minuto sobre una malla metálica y secar la superficie del bloque MP con un trapo húmedo, luego registrar su masa, el valor registrado será la masa de la muestra saturada (Figura 37).

Finalmente, los bloques pasan por un proceso de secado que consiste en secar los bloques MP en un horno ventilado entre 100°C y 115°C de temperatura por 24 horas (Figura 38), luego se registra su masa, este valor será la masa de la muestra seca al horno.



Figura 35.Masa de la muestra como se recibe.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 36. Masa de la muestra sumergida.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 37. Ecurrimiento y secado superficial de la muestra.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)



Figura 38. Muestra seca al horno.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Para el cálculo de la absorción de agua, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Absorción \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1000$$

$$Absorción (\%) = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Dónde:

M_s es la masa de la muestra saturada (Kg),

M_i es la masa de la muestra sumergida (Kg),

M_d es la masa de la muestra seca al horno (Kg).

Para calcular el contenido de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Contenido \ de \ humedad \ (%) = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100$$

Dónde:

M_r es la masa de la muestra tal como se recibe (Kg),

M_d es la masa de la muestra seca al horno (Kg),

M_s es la masa de la muestra saturada (Kg).

Para el cálculo de la densidad de la muestra seca al horno se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{Md}{M_s - M_i} \times 1000$$

Dónde:

Md es la masa de la muestra seca al horno (Kg),

Ms es la masa de la muestra saturada (Kg),

Mi es la masa de la muestra sumergida (Kg).

4.2.3.2.2. Resultados de los ensayos de absorción de agua, contenido de humedad y densidad.

Tabla 20

Ensayo de Absorción de Agua, Contenido de Humedad y Densidad en Bloques MP

Dosificación	Masa Muestra Mr (Kg)	Masa Sumergida Mi (Kg)	Masa Saturada Ms (Kg)	Masa Seca Horno Md (Kg)	Absorción (Kg/m ³)	Absorción %	Contenido Humedad %	Densidad (Kg/m ³)
1	6,29	2,04	7,48	6,17	240,94	21,23	9,16	1134,82
2	5,98	2,20	7,30	5,60	333,01	30,36	22,06	1096,96
3	5,64	1,94	6,91	5,42	299,80	27,49	14,77	1090,54
4	5,85	1,99	7,18	5,56	311,84	29,14	17,90	1070,26
5	6,18	2,01	7,50	5,98	276,87	25,42	13,16	1089,25

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.3.2.3. Análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de absorción de agua, contenido de humedad y densidad en bloques MP.

Según la norma NTE INEN 3066 (2016), la absorción máxima de agua en los bloques es de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 21

Absorción Máxima de Agua en Bloques

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

Fuente: Norma NTE INEN 3066 (2016).

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Según los resultados obtenidos y comparándolos con los valores dados en la Norma NTE INEN 3066, los bloques de cemento fabricados con madera pulpable de las 5 dosificaciones, se encuentran en una clasificación de bloques de tipo liviano ya que todos cuentan con una densidad menor a 1680 Kg/m³ (Tabla 21), y por lo tanto, la absorción de agua máxima por unidad es de 320 Kg/m³, de acuerdo con los datos obtenidos en las pruebas (Tabla 20), Las dosificaciones #1, #3, #4 y #5 con madera pulpable cumplen, ya que sus valores son inferiores a los valores máximos de absorción de agua que es de máximo 320 Kg/m³ como lo establece la norma, mientras que la dosificación #2 excede este valor.

A continuación, se muestran los gráficos de porcentajes de Absorción de agua y el contenido de humedad en relación con los porcentajes de madera pulpable añadido a los bloques de cemento (Gráficos 8 y 9).

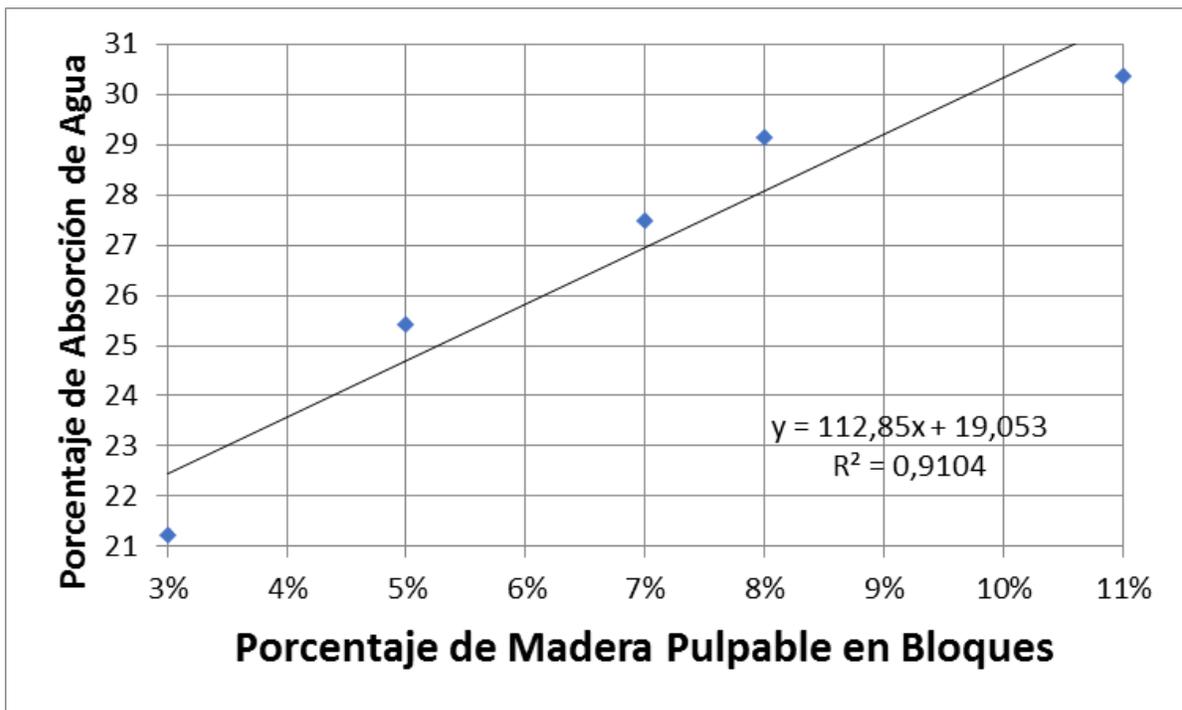


Gráfico 8. Absorción de agua en función de porcentaje de madera pulpable en bloques.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

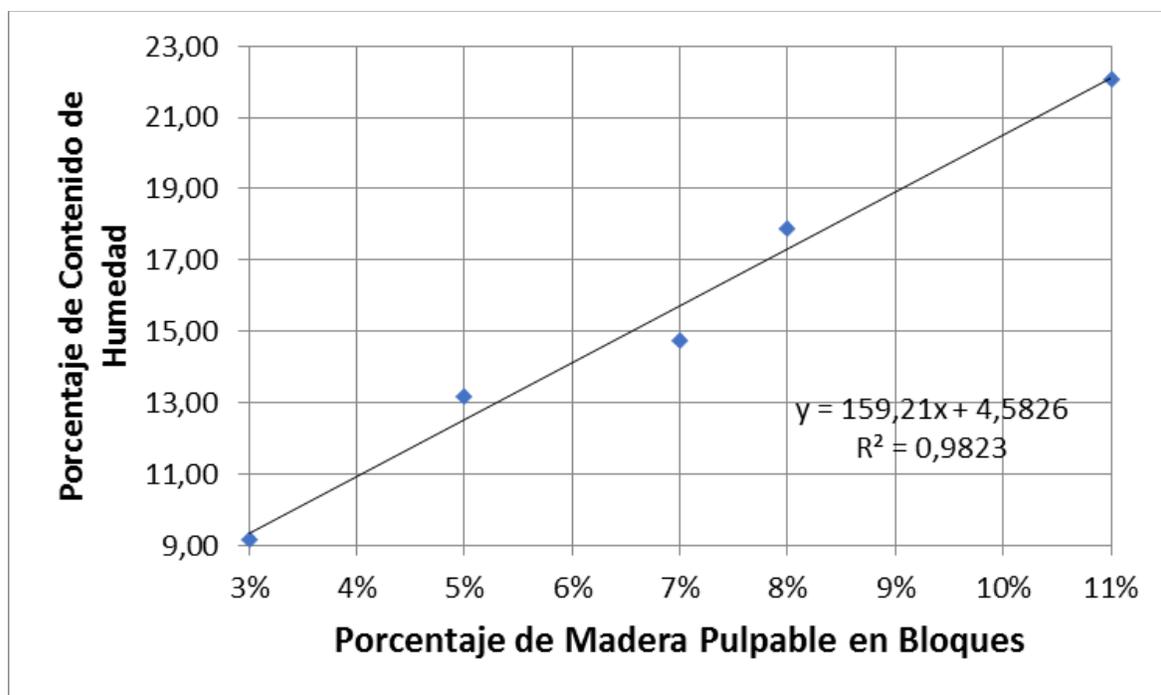


Gráfico 9. Contenido de humedad en función de porcentaje de madera pulpable en bloques.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Como se puede observar en las gráficas, el porcentaje de absorción y el contenido de humedad van aumentando cuando aumenta el porcentaje de madera pulpable, lo que nos indica que a mayor presencia de madera pulpable en el bloque, se presentará una mayor humedad y absorción en ellos.

En los Gráficos 8 y 9 se determinó el modelo matemático Y, el cual modela el comportamiento de la relación entre los porcentajes de absorción y contenido de humedad obtenidas con los porcentajes de adición de madera pulpable, en este caso la ecuación nos muestra un valor positivo que hace referencia a una pendiente positiva, es decir, se confirma lo antes expuesto que, a mayor porcentaje de adición de madera pulpable en el bloque de cemento, la absorción de agua y el contenido de humedad aumenta, influyendo en la permeabilidad de los bloques de cemento elaborados con madera pulpable.

4.2.3.3. Ensayo de absorción capilar.

Debido a que no existe una norma en el Ecuador ni internacional que evalúe la absorción capilar en bloques de cemento, los ensayos se realizaron tomando como referencia la Norma ASTM C1585-04 (s.f.), que mide el ritmo de absorción de agua de los hormigones hidráulicos, en este caso aplicándolo a los bloques de cemento elaborados con madera pulpable.

Este método mide el aumento de la masa de la muestra causado por la absorción de agua en función del tiempo cuando una superficie de la muestra está en contacto con el agua, el agua ingresa a la muestra por la acción de la succión capilar desde el momento de contacto con el agua. (Adams, 2016)

Para realizar estos ensayos se tomó una muestra de cada dosificación obteniendo así 5 unidades de muestras para realizar el ensayo.

4.2.3.3.1. Materiales e instrumentos.

- Recipiente, impermeable al agua, resistente a la corrosión, amplio para acomodar los bloques para su ensayo.
- Elemento de apoyo, barras resistentes a la corrosión al agua de, que permita el ingreso del agua a la superficie de contacto del bloque.
- Cronómetro, medición de los distintos tiempos de absorción.
- Balanza, determinación de la masa en los distintos tiempos.
- Flexómetro, o cualquier aparato de medición que pueda medir la altura de agua en la superficie expuesta del bloque.

4.2.3.3.2. Procedimiento.

Siguiendo el procedimiento de la Norma ASTM C1585-04 (s.f.), aplicada a los bloques de concreto, se determina la masa del bloque de cemento como se lo recibe, registrándola como masa inicial.

Colocar el elemento de apoyo en el fondo del recipiente y llenarlo de agua hasta que el agua este por encima de la parte superior del elemento de apoyo entre 1 y 3 mm durante el proceso del ensayo.

Preparar el cronómetro para registrar el tiempo desde el primer contacto del bloque con el agua, activarlo y seguidamente colocar el bloque de cemento sobre la superficie del elemento de apoyo colocada en la bandeja con el agua.

Registrar la masa del bloque de acuerdo a los intervalos de tiempo como lo expresa en la Tabla 24, para cada registro de la masa, se debe sacar el bloque de cemento del recipiente, pausar el cronómetro, secar la superficie expuesta al agua con un paño o toalla, registrar la masa, y colocar el bloque nuevamente en el recipiente con agua y activar el cronómetro, este proceso se lo hace en cada registro de la masa de acuerdo a los intervalos de tiempo (Figura 39).



Figura 39.Ensayo de absorción capilar aplicado a bloques MP.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Para el cálculo de la absorción capilar se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{mt}{a * d}$$

Dónde:

I es la absorción (mm), el cambio en la masa dividida por el producto del área de la sección del bloque y la densidad del agua,

mt es el cambio de la masa del bloque en determinado tiempo (g),

a es el área expuesta del bloque (mm²),

d es la densidad del agua, valor constante de 0,001 g/mm³.

4.2.3.3.3. Resultados de los ensayos de absorción capilar.

Los resultados se muestran en las Tablas 22, 23, 24, 25 y 26 tomando en cuenta cada dosificación:

Tabla 22*Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con 3% MP, Dosificación 1*

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	5545	0	0,00
60	7,75	5605	60	2,78
300	17,32	5630	85	3,94
600	24,49	5650	105	4,86
1200	34,64	5675	130	6,02
1800	42,43	5705	160	7,41
3000	54,77	5730	185	8,56
4200	64,81	5745	200	9,26
5400	73,48	5755	210	9,72
6600	81,24	5780	235	10,88
7800	88,32	5800	255	11,81
9000	94,87	5820	275	12,73
10200	101,00	5825	280	12,96
11400	106,77	5830	285	13,19
12600	112,25	5850	305	14,12

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)**Tabla 23***Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 11% MP, Dosificación 2*

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	5510	0	0
60	7,75	5590	80	3,70
300	17,32	5655	145	6,71
600	24,49	5675	165	7,64
1200	34,64	5710	200	9,26
1800	42,43	5740	230	10,65
3000	54,77	5790	280	12,96
4200	64,81	5830	320	14,81
5400	73,48	5860	350	16,20

6600	81,24	5885	375	17,36
7800	88,32	5915	405	18,75
9000	94,87	5925	415	19,21
10200	101,00	5935	425	19,68
11400	106,77	5955	445	20,60
12600	112,25	5975	465	21,53

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Tabla 24

Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 7% MP, Dosificación 3

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s ^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	5550	0	0,00
60	7,75	5625	75	3,47
300	17,32	5670	120	5,56
600	24,49	5695	145	6,71
1200	34,64	5720	170	7,87
1800	42,43	5745	195	9,03
3000	54,77	5785	235	10,88
4200	64,81	5820	270	12,50
5400	73,48	5855	305	14,12
6600	81,24	5870	320	14,81
7800	88,32	5890	340	15,74
9000	94,87	5910	360	16,67
10200	101,00	5925	375	17,36
11400	106,77	5935	385	17,82
12600	112,25	5945	395	18,29

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Tabla 25

Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 8% MP, Dosificación 4

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s ^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	5450	0	0,00
60	7,75	5525	75	3,47

300	17,32	5580	130	6,02
600	24,49	5620	170	7,87
1200	34,64	5645	195	9,03
1800	42,43	5675	225	10,42
3000	54,77	5735	285	13,19
4200	64,81	5755	305	14,12
5400	73,48	5790	340	15,74
6600	81,24	5810	360	16,67
7800	88,32	5830	380	17,59
9000	94,87	5845	395	18,29
10200	101,00	5855	405	18,75
11400	106,77	5870	420	19,44
12600	112,25	5895	445	20,60

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Tabla 26

Absorción Capilar en Bloques de Cemento Elaborados con el 5% MP, Dosificación 5

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	5325	0	0,00
60	7,75	5400	75	3,47
300	17,32	5465	140	6,48
600	24,49	5490	165	7,64
1200	34,64	5520	195	9,03
1800	42,43	5530	205	9,49
3000	54,77	5555	230	10,65
4200	64,81	5590	265	12,27
5400	73,48	5605	280	12,96
6600	81,24	5615	290	13,43
7800	88,32	5640	315	14,58
9000	94,87	5650	325	15,05
10200	101,00	5665	340	15,74
11400	106,77	5680	355	16,44
12600	112,25	5695	370	17,13

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.3.3.4. *Análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción capilar en bloques MP.*

Con los datos resultantes en los ensayos realizados, se evaluó el ritmo de absorción capilar que tiene cada dosificación (Gráfico 10).

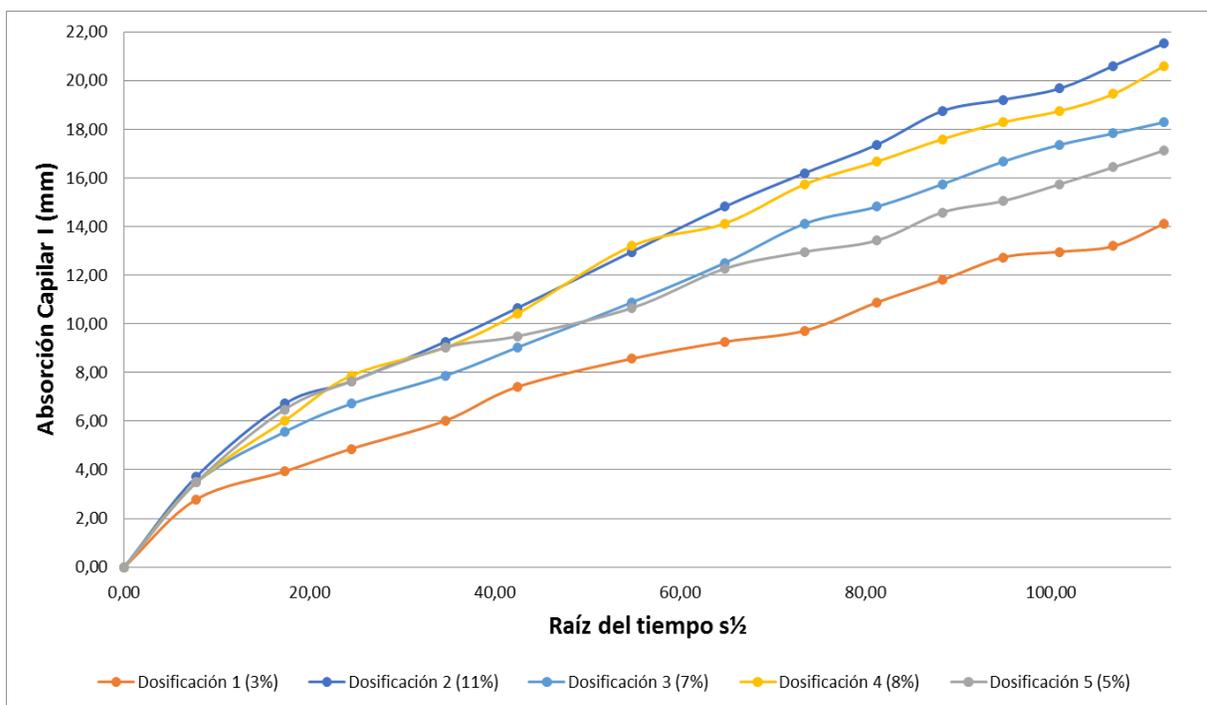


Gráfico 10. Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en bloques elaborados con madera pulpable.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

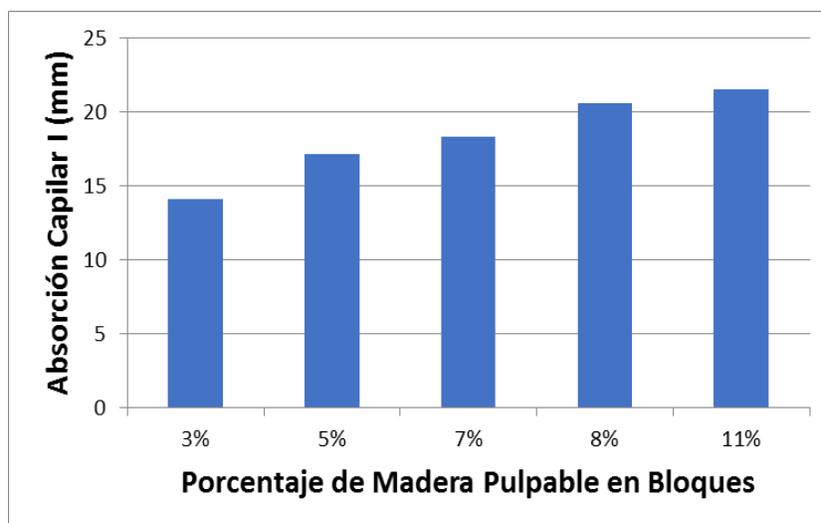


Gráfico 11. Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en función de porcentajes de madera pulpable en bloques.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

En los Gráficos 10 y 11 se puede observar el aumento de los valores de absorción capilar a medida que va aumentando el tiempo, a su vez se puede apreciar que para bloques con el 3% de adición de madera pulpable (dosificación 1), el valor de la absorción capilar es menor en relación a las otras dosificaciones, así mismo, para los bloques con el 11% de adición de madera pulpable (dosificación 2), el valor de absorción se incrementa en relación a las otras dosificaciones, lo que quiere decir que mientras mayor adición de madera pulpable exista en el bloque de cemento, mayor será el valor de su absorción capilar.

Se da el cumplimiento del segundo objetivo específico, realizando los ensayos establecidos de acuerdo a la Norma INEN 3066, comprobando la resistencia a la compresión simple, la absorción de agua y humedad capilar en los bloques elaborados con madera pulpable.

4.2.4. Comparación del comportamiento del bloque tradicional conocido con respecto al comportamiento del bloque con madera pulpable, de acuerdo a los resultados obtenidos en ensayos

4.2.4.1. Comparación de los ensayos de compresión de los bloques elaborados con madera pulpable con los bloques tradicionales.

En la Tabla 27 se muestra la comparación de los valores de resistencia obtenidos en el ensayo de compresión de los bloques de madera pulpable con los valores de resistencia de un bloque tradicional en relación a la norma NTE INEN 3066 (2016).

Tabla 27

Comparación de Resistencias de Bloques MP y Bloques Tradicionales

Tipo de Bloques	Descripción	Resistencia a la	NTE INEN 3066	Valoración
		Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia mínima (Kg/cm ²)	
Tradicional	Normal	35,70	35,70	Cumple
	Adición (3%)	44,10		Cumple
Con Madera Pulpable	Adición (11%)	30,49		No cumple
	Adición (7%)	36,19		Cumple
	Adición (8%)	35,14		No cumple
	Adición (5%)	39,78		Cumple

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Se puede apreciar en la Tabla 27 que los bloques de cemento con el 3%, 5% y 7% de madera pulpable obtuvieron valores de resistencia a la compresión simple mayor que la resistencia de un bloque tradicional, a su vez que cumplen con la resistencia mínima requerida por la Norma NTE INEN 3066 que es de 35,70 Kg/cm², mientras que los bloques con adición del 8% y 11% de madera pulpable no cumplen con la normativa.

4.2.4.2. Comparación de los ensayos de absorción de agua de los bloques elaborados con madera pulpable con los bloques tradicionales.

En la Tabla 28 se muestra la comparación de los valores de absorción de agua obtenidos de los bloques de madera pulpable con los valores de absorción de un bloque tradicional en relación a la norma NTE INEN 3066 (2016).

Tabla 28

Comparación de Valores del Ensayo de Absorción de Agua en Bloques MP y Bloque Tradicional

Tipo de Bloques	Descripción	Absorción de agua (Kg/m ³)	NTE INEN 3066	Valoración
			Absorción de agua máxima (Kg/m ³)	
Tradicional	Normal	292,39	320	Cumple
	Adición (3%)	240,94		Cumple
Con Madera Pulpable	Adición (11%)	333,01		No cumple
	Adición (7%)	299,80		Cumple
	Adición (8%)	311,84		Cumple
	Adición (5%)	276,87		Cumple

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Al comparar los bloques se puede apreciar que los bloques con adición de madera del 3% (dosificación 1) y el 5% (dosificación 5), tienen una menor absorción capilar en comparación con un bloque tradicional normal, lo cual se puede decir que es favorable, a su vez que cumplen con los valores de absorción de agua máxima que es de 320 Kg/m³, donde los bloques con adición del 7% y 8% de madera pulpable también cumplen con la normativa.

4.2.4.3. Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción capilar de bloques de cemento elaborados con madera pulpable con los valores de la absorción capilar de un bloque tradicional.

Para realizar esta comparación se muestra en la Tabla 29, los valores obtenidos en el ensayo de absorción capilar aplicado al bloque tradicional.

Tabla 20

Resultado del Ensayo de Absorción Capilar en Bloque Tradicional

Tiempo (s)	Raíz del Tiempo (s^{1/2})	Masa (g)	Δ Masa (g)	I (mm)
0	0,00	6430	0	0,00
60	7,75	6480	50	2,31
300	17,32	6505	75	3,47
600	24,49	6540	110	5,09
1200	34,64	6565	135	6,25
1800	42,43	6600	170	7,87
3000	54,77	6635	205	9,49
4200	64,81	6645	215	9,95
5400	73,48	6670	240	11,11
6600	81,24	6695	265	12,27
7800	88,32	6720	290	13,43
9000	94,87	6750	320	14,81
10200	101,00	6775	345	15,97
11400	106,77	6805	375	17,36
12600	112,25	6815	385	17,82

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Con los valores del ensayo de la absorción capilar del bloque tradicional, comparamos con los valores de los ensayos en bloques MP (Gráfico 12).

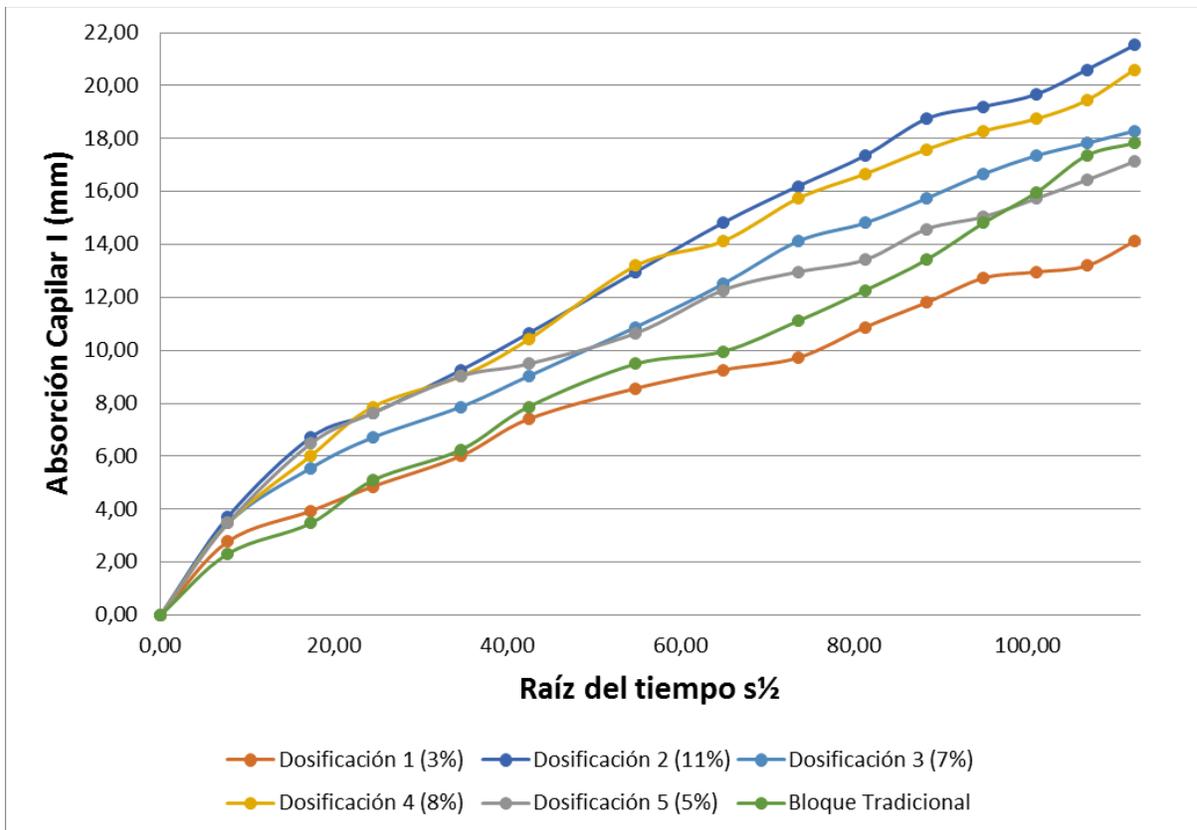


Gráfico 12. Ensayo de determinación del ritmo de absorción capilar en bloques elaborados con madera pulpable y bloque tradicional.

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

En el Gráfico 12 se puede observar la ubicación de la absorción capilar de bloque tradicional en relación con la absorción capilar de los bloques MP, el mismo que se encuentra entre los bloques con adición de madera del 3% (dosificación 1) y el 5% (dosificación 5), esto nos indica que los bloques de cemento elaborados con madera pulpable en un 3% de adición tiene una absorción capilar menor que un bloque tradicional.

La comparación de estos ensayos se los puede apreciar en la Figura 40, donde después de realizarse el ensayo de absorción capilar, se dejó por 24 horas las muestras expuestas al agua tal como se hizo en el ensayo, tanto los bloques con madera pulpable y el bloque tradicional, en la figura se muestra la comparación del bloque MP con el 3% de madera pulpable y un bloque tradicional.



Figura 40. Comparación de absorción capilar entre bloque MP 3% y el bloque tradicional.
Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

Con estos análisis se da el cumplimiento del tercer objetivo específico, realizando la comparación del comportamiento del bloque tradicional conocido con el comportamiento del bloque con madera pulpable tomando en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos cuando el bloque es expuesto a la absorción de agua y humedad capilar, además tomando en cuenta los resultados de los ensayos de compresión simple.

4.2.5. Presupuesto

El presupuesto se lo analizó teniendo en cuenta los precios de los materiales en el mercado y el precio de bloques tradicionales cuyos valores varían de acuerdo al sitio donde se consigan, este valor está en un promedio de 0,40 centavos de dólar por bloque de iguales dimensiones a las realizadas en el proyecto de investigación.

4.2.5.1. Presupuesto de bloques de dosificación 1.

Este tipo de bloques a pesar de tener una mínima cantidad de madera pulpable de 1,12 Kg, obtuvo la mayor resistencia a la compresión simple, superando la resistencia del bloque tradicional, así también obtuvo valores mínimos de absorción de agua y absorción capilar, por debajo de los valores de absorción del bloque tradicional, además con un precio más económico que el del bloque tradicional.

Tabla 21*Presupuesto de Bloques de Dosificación 1*

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Piedra chasqui	14,06 Kg	1,41
Cemento	4,53 Kg	0,68
Arena	11,34 Kg	0,68
Madera Pulpable	1,12 Kg	0,02
Agua	4 lt	0,04
Total		2,83
Dividido para 8 bloques elaborados		0,35

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.5.2. Presupuesto de bloques de dosificación 2.

Este tipo de bloques con 4,11 Kg de madera pulpable, fue el menos favorable de todos, ya que presento una resistencia a la compresión simple inferior a la esperada y los niveles de absorción no cumplen con la normativa.

Tabla 22*Presupuesto de Bloques de Dosificación 2*

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Piedra chasqui	14,06 Kg	1,41
Cemento	4,53 Kg	0,68
Arena	10,88 Kg	0,65
Madera Pulpable	4,11 Kg	0,08
Agua	4 lt	0,04
Total		2,86
Dividido para 8 bloques elaborados		0,36

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

4.2.5.3. Presupuesto de bloques de dosificación 3.

Este tipo de bloques con 2,26 Kg de madera pulpable, obtuvo una aceptable resistencia a la compresión mayor a la resistencia del bloque tradicional, niveles de absorción dentro de lo establecido en la norma y un precio mucha más económico.

Tabla 23*Presupuesto de Bloques de Dosificación 3*

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Piedra chasqui	14,06	1,41
Cemento	4,53	0,68
Arena	8,16	0,49
Madera Pulpable	2,26	0,05
Agua	5,00	0,05
Total		2,67
Dividido para 8 bloques elaborados		0,33

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)**4.2.5.4. Presupuesto de bloques de dosificación 4.**

Este tipo de bloques con 2,72 Kg de madera pulpable, no obtuvo la resistencia a la compresión esperada, pero si cumple con la resistencia de bloques de Clase C, con niveles de absorción dentro de lo establecido en la norma y un precio muy económico.

Tabla 24*Presupuesto de Bloques de Dosificación 4*

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Piedra chasqui	14,06	1,41
Cemento	4,53	0,68
Arena	7,26	0,44
Madera Pulpable	2,72	0,05
Agua	6,00	0,06
Total		2,64
Dividido para 8 bloques elaborados		0,33

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)**4.2.5.5. Presupuesto de bloques de dosificación 5.**

Este tipo de bloques con 1,75 Kg de madera pulpable, obtuvo una resistencia a la compresión mayor que la resistencia de un bloque tradicional, así también obtuvo valores mínimos de absorción de agua y absorción capilar, por debajo de los valores de absorción del bloque tradicional, además con un precio más económico.

Tabla 25*Presupuesto de Bloques de Dosificación 5*

Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Piedra chasqui	14,06	1,41
Cemento	4,53	0,68
Arena	9,14	0,55
Madera Pulpable	1,75	0,04
Agua	5,00	0,05
Total		2,72
Dividido para 8 bloques elaborados		0,34

Elaborado por: Baquerizo y Cumbicus (2021)

CONCLUSIONES

- En relación al primer objetivo específico, se realizó y experimentó las dosificaciones con el nuevo agregado que es la madera pulpable, elaborando 5 tipos de dosificaciones con distintos porcentajes de madera pulpable: dosificación #1 con 3% de madera pulpable, dosificación #2 con 11% de madera pulpable, dosificación #3 con 7% de madera pulpable, dosificación #4 con 8% de madera pulpable y dosificación #5 con 5% de madera pulpable; con el fin de obtener la proporción óptima de madera pulpable, que a su vez cumpla con los requisitos establecidos en las Normas NTE INEN 3066 (2016).
- En base al segundo objetivo específico, se determinó por medio de los diferentes ensayos expuestos en normativas, los ensayos a la resistencia a la compresión simple tomando como referencia a la Norma NTE INEN 3066 (2016), se concluyó que las resistencias obtenidas de las dosificaciones #1 con 44,10 Kg/cm², la dosificación #3 con 36,19 Kg/cm² y la dosificación #5 con 39,78 Kg/cm², cumplen con los parámetros establecidos en la norma para bloques de Clase B, superando la resistencia mínima a la compresión de 3,5 Mpa o 35,70 Kg/cm², siendo los bloques de la dosificación #1 la que alcanzó la mayor resistencia, se concluyó también que los valores de resistencia van disminuyendo a medida que la adición de madera pulpable va aumentando y que los porcentajes óptimos de adición de madera pulpable en bloques están entre el 3% y el 7,7%, pasado estos valores se produce una pérdida de resistencia.
- En relación a los ensayos de absorción de agua tomando como referencia a la Norma NTE INEN 3066 (2016), se concluyó que los valores de absorción de agua de las dosificaciones #1 con 240,94 Kg/cm³, la dosificación #3 con 299,80 Kg/cm³, la dosificación #4 con 311,84 Kg/cm³ y la dosificación #5 con 276,87 Kg/cm³, cumplen con los valores establecidos en norma ya que sus valores son inferiores a los valores máximos de absorción de agua que es de 320 Kg/cm³, siendo los bloques de la dosificación #1 la que menos absorción de agua presenta, se concluye también que el porcentaje de absorción de agua crece a medida que la adición de madera pulpable va aumentando.
- En relación a los ensayos de absorción capilar tomando como referencia la Norma ASTM C1585-04, los valores de la dosificación # 1 con el menor porcentaje de madera pulpable (3%) fueron menores en relación a las otras dosificaciones, a su vez los valores de la dosificación #2 que tiene el mayor porcentaje de madera pulpable (11%), fueron mayores

que el de las otras dosificaciones, se concluyó que mientras mayor adición de madera pulpable exista en el bloque, mayor será el valor de absorción capilar.

- En base al tercer objetivo específico, se realizó una comparación del comportamiento entre bloques con madera pulpable y bloques tradicionales, se concluyó que las dosificaciones #1, #3 y #5 alcanzaron una mayor resistencia a la compresión que el bloque tradicional, los bloques con dosificaciones #1 y #5 tienen una menor absorción de agua en comparación con el bloque tradicional y los bloques con dosificación #1 presentaron una menor absorción capilar que un bloque tradicional.
- Se concluye que al analizar la permeabilidad de los bloques con madera pulpable relacionando la absorción de agua y absorción capilar, al añadir la madera pulpable a la dosificación del bloque de cemento, no es favorable a la impermeabilidad para solucionar los problemas expuestos, ya que, mientras mayor sea la cantidad de madera pulpable, los niveles de absorción de agua, contenido de humedad y absorción capilar aumentan también, sin embargo, la dosificación #1 con un porcentaje mínimo de madera pulpable del 3% equivalente a 1,12 Kg, obtuvo una mayor resistencia a la compresión, menor absorción de agua y menor absorción capilar en relación a un bloque tradicional.
- En relación a la hipótesis planteada: “La fabricación de un bloque de cemento con madera pulpable tendrá una menor absorción de humedad con respecto al bloque tradicional”, se puede concluir que se cumple de acuerdo a los resultados obtenidos, los bloques de cemento de la dosificación 1 con adición del 3% de madera pulpable, tienen una menor absorción de agua y menor absorción capilar que un bloque tradicional.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de este tipo de bloques con madera pulpable al 3% para trabajos en mampostería no estructural o para alivianamiento de losas según la Norma NTE INEN 3066, debido a su buena resistencia y su menor capacidad de absorción en relación a un bloque tradicional.
- Tener mucho cuidado al momento de realizar la dosificación, ya que por descuidos involuntarios se puede cometer errores como el momento del peso de materiales, podría haber una variación de cantidades, lo que afectaría los resultados que se espera obtener cuando el producto esté terminado.
- Tener muy en cuenta los correctos procesos a seguir al momento de terminar la elaboración de los bloques, como el fraguado y curado de los bloques, ya que un mal procedimiento en ellos, afectaría considerablemente los resultados finales como en la resistencia que se desea.
- Se recomienda el uso de este tipo de bloques con madera pulpable debido a su bajo costo en relación con los bloques tradicionales que se venden en el mercado de la construcción.
- Se recomienda analizar el bloque con madera pulpable bajo el enfoque de características térmicas que se encierra en el uso eficiente de energías no renovables, si es favorable, ejemplo, el uso del bloque podría disminuir el uso del aire acondicionado y por ende el uso de energía no renovable.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, N. (24 de Noviembre de 2016). *KUPDF*. Obtenido de https://kupdf.net/download/norma-astm-c-1585-04-enespaol_5d0c2524e2b6f5d92203443f_pdf
- ASTM INTERNACIONAL. (s.f.). *ASTM C1585 - 04*. Obtenido de Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C1585-04.htm>
- Berlingieri, R. (10 de Marzo de 2017). *Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto*. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Córdoba: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5485/RRB1-6pdf.pdf?sequence=1>
- Bloqueras.org. (16 de Diciembre de 2020). *Bloques de concreto | Todo sobre los bloques de hormigón*. Obtenido de Bloqueras.org: <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>
- Bolívar, G. (17 de Junio de 2020). *Permeabilidad: concepto, unidades, factores, ejemplos*. Obtenido de Liferder: <https://www.liferder.com/permeabilidad/>
- Castillo, W., & Lindao, R. (2018). *Proyecto de investigación de implementación de la cáscara de arroz triturada aplicada en bloques y mortero para viviendas populares*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2073/1/T-ULVR-1874.pdf>
- Cementos Cibao. (08 de Septiembre de 2017). *Arena, sus tipos y sus clasificaciones*. Obtenido de Cementos Cibao: <https://www.cementoscibao.com/arena-sus-tipos-y-sus-clasificaciones/>
- Cementos Cibao. (09 de Mayo de 2018). *Mampostería y sus usos en la construcción*. Obtenido de Cementos Cibao: <https://www.cementoscibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/>
- Chóez, R. (2019). *Elaboración de un bloque de construcción con reciclaje de residuos de cerámica y mampostería para viviendas de interés social*. Obtenido de Repositorio ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2913/1/T-ULVR-2625.pdf>
- Constructora Rey. (21 de Julio de 2017). *Hormigón armado (Estructuras): Conceptos básicos*. Obtenido de Constructora REy: <https://constructorarey.com/hormigon-armado-estructuras-conceptos-basicos/>
- Cordero, C. (19 de Agosto de 2017). *Propiedades físicas de la madera*. Obtenido de Slideplayer: <https://slideplayer.es/slide/4336808/>

- Dominguez, J. (2016). *Manual de metodología de la Investigación Científica*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/ULAD_c936b82aca025c0bd821633955f1d954
- Emedia. (28 de Marzo de 2017). *¿Qué es el cemento Portland?* Obtenido de Umacon: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-cemento-portland-tipos-y-caracteristicas/413>
- Franco, J. (27 de Febrero de 2018). *Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo?* Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-como-construir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo#:~:text=El%20bloque%20de%20cemento%20es,por%20cemento%2C%20arena%20y%20agua>.
- Franco, J. (10 de Octubre de 2020). *Arquitectura con bloques de cemento: ¿cómo construir con este material modular y de bajo costo?* Obtenido de Plataforma Arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/889483/arquitectura-con-bloques-de-cemento-como-construir-con-este-material-modular-y-de-bajo-costo>
- García, I. (07 de Noviembre de 2017). *¿Qué es la materia prima? Concepto materia prima*. Obtenido de Economía Simple: <https://www.economiasimple.net/glosario/materia-prim>
- García, L. (2014). *Conozca el proceso de obtención de la pulpa de celulosa*. Obtenido de Leonardo-gr.com: <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/conozca-el-proceso-de-obtencion-de-la-pulpa-de-celulosa>
- González, R. (07 de Agosto de 2020). *¿Qué es la madera? Estructura, Usos y Tipos de madera*. Obtenido de EcologíaHoy: <https://www.ecologiahoy.com/madera>
- Google Maps. (2021-a). *Ubicación del Aserradero "Alicia Mobiliario"*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Alicia+Mobiliario/@-2.1886994,-79.8975108,18z/data=!4m5!3m4!1s0x902d6ddffc9a449b:0x72e6d688106c36fb!8m2!3d-2.18876!4d-79.89649?hl=es>
- Google Maps. (2021-b). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/@-2.1768834,-79.804335,17.33z?hl=es>
- Google Maps. (2021-c). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/SIKA/@-2.1833255,->

79.8332415,16.5z/data=!4m5!3m4!1s0x902d6c07487db4d1:0xba7cc150159c5f0c!8m2!3d-2.1833464!4d-79.8309106?hl=es

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mexicana.
- Herrera, J. (2018). *Modelamiento numérico del comportamiento sísmico de viviendas de mampostería con bloques de tierra comprimida*. Obtenido de PUCP: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12059/HERRERA_J_HOMAYRA_MODELAMIENTO_NUM%C3%89RICO_COMPORTAMIENTO_S%C3%80SMICO_VIVIENDAS_MAMPOSTERIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ingeoexpert. (13 de Noviembre de 2020). *Qué tipos de mampostería se emplean en la construcción*. Obtenido de Ingeoexpert: <https://ingeoexpert.com/articulo/tipos-de-mamposteria-en-la-construccion/>
- Limón, J. (2016). *Estudio sobre tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto hidráulico para reducir su permeabilidad al agua e incrementar su durabilidad*. Obtenido de Ptolomeo.unam.mx: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/11335/tesis.pdf?sequence=1>
- Norma Ecuatoria de la Construcción. (Diciembre de 2014). *Mampostería Estructural*. Obtenido de Hábitat y Vivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-MP-Mamposteria-Estructural.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*. Obtenido de Vipresa: https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/n-te_inen_3066.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 638. (2014). *Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificación y condiciones generales*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/638.pdf>
- Piedras Maragatas. (03 de Julio de 2017). *¿Qué es la mampostería en seco?* Obtenido de Piedras Maragatas: <https://piedrasmaragatas.com/blog-piedras-maragatas/que-es-la-mamposteria-en-seco>
- Portillo, G. (05 de Mayo de 2017). *La importancia de la humedad en meteorología*. Obtenido de Meteorología en Red: <https://www.meteorologiaenred.com/la-humedad.html>

Rocas y minerales. (11 de Junio de 2018). *Mampostería*. Obtenido de Rocas y minerales:
<https://www.rocasym minerales.net/mamposteria/>

Sanz, A. (s.f.). *Tecnología de la celulosa. La industria papelera*. Obtenido de Química Orgánica Industrial: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>

StuDocu. (s.f.). *Propiedades de la madera - UNAN Recinto Universitario Facultad de Ciencias*. Obtenido de StuDocu: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-managua/analisis-estructural-avanzado/otros/propiedades-de-la-madera/5361781/view>

Tello, E. (01 de Agosto de 2017). *La madera en la historia del hombre*. Obtenido de Maderera Nueva Era: <https://www.madereranuevaera.com/blog/75-la-madera-en-la-historia-del-hombre.html#:~:text=La%20madera%20fue%20uno%20de,%2C%20fabricaci%C3%B3n%20de%20utensilios%2C%20etc.&text=En%20la%20actualidad%20la%20madera,materia%20prima%20para%20hacer%20papel>.

Unidad de Cultura Científica e Innovación de la Universidad de Burgos. (22 de 09 de 2020). *Historia y evolución de la madera*. Obtenido de Historia de los Materiales: <https://historiamateriales.ubuinvestiga.es/madera/>

Valdivielso, A. (06 de Octubre de 2020). *¿Qué es la capilaridad del agua?* Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/capilaridad-agua>

Velazquez, A. (4 de Noviembre de 2020). *¿Qué es la investigación experimental?* Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/>

Villamarin, N., & Pico, Y. (2019). *Elaboración y análisis de bloques ecológicos (plástico triturado y ceniza de caña) para mampostería no estructural de una vivienda en la ciudad de Portoviejo*. Obtenido de Universidad San Gregorio de Portoviejo: <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/handle/123456789/1603>

Woodenson Ecuador. (29 de Octubre de 2019). *Guía definitiva de la madera*. Obtenido de Woodenson Ecuador: <https://www.woodenson.com/ec/blog/guia-definitiva-de-la-madera>

Zona Hogar. (06 de Octubre de 2020). *Muro de mampostería concertada de piedra caliza*. Obtenido de Zona Hogar: <https://www.zonahogar.es/muro-de-mamposteria-concertada-de-piedra-caliza/>