



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE PLACAS DE
HORMIÓN TRANSLÚCIDO CON RETÍCULAS DE VIDRIO Y DIFERENTES
PORCENTAJES DE FIBRA DE POLIPROPILENO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: EDWIN ISMAEL PAUTA NOVILLO

DIRECTOR: ING. MSC. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE PLACAS
DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON RETÍCULAS DE VIDRIO Y
DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE POLIPROPILENO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

EDWIN ISMAEL PAUTA NOVILLO

DIRECTOR:

ING. MSC. CARLOS JULIO CORDERO CABRERA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

EDWIN ISMAEL PAUTA NOVILLO portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106558059. Declaro ser el autor de la obra: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE PLACAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON RETÍCULAS DE VIDRIO Y DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE POLIPROPILENO", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que la obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

F: Edwin Pauta V.

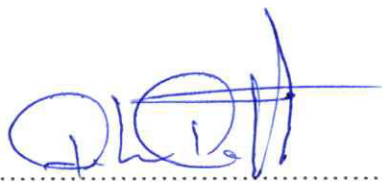
Edwin Ismael Pauta Novillo

0106558059

www.ucacue.edu.ec

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edwin Ismael Pauta Novillo,
bajo mi supervisión.

F: 

Ing. Msc. Carlos Julio Cordero Cabrera

DIRECTOR DEL PROYECTO

0103382958

www.ucacue.edu.ec

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia y amigos por haberme brindado todo el apoyo necesario durante mi día a día, en especial a mis padres que me han sabido dar todo el amor y soporte necesario para llevar a cabo el proyecto investigativo.

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a todos que estuvieron presentes en este tiempo de estudio, en especial al Ing. Carlos Cordero mi tutor de trabajo de titulación quien me ha guiado con mucho profesionalismo; también al Ing. Marcos Gonzales y al Ing. David Vallejo por brindarme todo su apoyo y conocimientos durante todo el proceso práctico de investigación.

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad desarrollar una alternativa sostenible e innovadora para reducir el impacto ambiental debido al uso de luz artificial en espacios grandes. El hormigón translúcido se encuentra dentro de estos materiales innovadores, con la característica principal de permitir el paso de luz. Por esta razón, el principal objetivo es diseñar un hormigón translúcido con materiales de nuestro medio que permitan el paso de luz por medio de retículas de vidrio, con el propósito de utilizarse en sistemas no estructurales y principalmente en fachadas exteriores. Dicho hormigón debe cumplir con la resistencia a compresión simple de 180 kg/cm². Para lograr esto, se utilizó cemento blanco, cuarzo como agregado fino, aditivo para mortero, fibra de polipropileno y retículas de vidrio. Los resultados indican que el mejor porcentaje de fibra añadido es de 1.5% en relación al peso del cemento, con una relación agua/cemento de 0.4 y un módulo de finura de 4.02, logrando así una resistencia del 99% de la deseada, finalmente, con ese diseño elaborar una placa translúcida con las retículas de vidrio colocadas correctamente y así logrando una translucidez del 8.08% para luz natural y 12.75% para luz artificial.

Palabras clave: hormigón translúcido, vidrio, fibra de polipropileno, mortero, alternativas sostenibles

Abstract

This research aims to develop an innovative and sustainable option to reduce the environmental impact by using artificial lighting in large spaces. Translucent concrete is one of these innovative materials, with a main characteristic that allows light to pass through. Therefore, the main objective is to design a translucent concrete with materials from our environment that will enable the light to pass through glass grids to be used in non-structural systems and mainly in outdoor facades. This concrete must comply with a simple compressive strength of 180 kg/cm². For this reason, white cement, quartz as fine aggregate, mortar additive, polypropylene fiber, and glass grids were used. The results show that the best percentage of fiber added is 1.5% concerning the weight of the concrete, with a water/cement ratio of 0.4 and a fineness modulus of 4.02, obtaining a resistance of 99% as desired. Finally, with this design, a translucent plate is produced with the glass gratings placed correctly and therefore, a translucency of 8.08% for natural light and 12.75% for artificial light is obtained.

Keywords: translucent concrete, glass, polypropylene fiber, mortar, sustainable options

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.4. Hipótesis de estudio.....	3
1.5. Delimitación del problema.....	3
1.6. Justificación.....	4
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Estado del arte	5
2.1.1. Reseña histórica.....	5
2.1.2. Hormigón translucido	7
2.1.3. LiTraCon.....	8
2.1.4. Luccon	10
2.1.5. Ilum	11
2.1.6. I-light.....	13
2.2. Materiales que aportan características translucidas al hormigón	14
2.2.1. Agregados para el hormigón	15
2.2.2. Agua	16
2.2.3. Cemento.....	17
2.2.4. Aditivo.....	17
2.2.5. Fibras	18
2.2.6. Vidrio.....	20
2.2.7. Resinas.....	21
2.3. Conceptos de la óptica	21
2.3.1. Fotometría.....	23
2.3.2. Transmisión óptica	24
2.4. Mortero	26
2.4.1. Tipos y usos de morteros	26
2.5. Normas a utilizar	32
2.6. Materiales a utilizar	34
2.6.1. Cemento Huascarán.....	35
2.6.2. Cuarzo.....	35

2.6.3.	Aditivo.....	36
2.6.4.	Fibra de polipropileno.....	36
2.6.5.	Vidrio.....	37
2.7.	Caracterización del agregado.....	37
2.7.1.	Granulometría del agregado.....	37
2.7.2.	Módulo de finura.....	38
2.7.3.	Tamaño máximo.....	39
2.7.4.	Densidad.....	39
2.7.5.	Densidad relativa y absorción de los agregados.....	39
2.7.6.	Contenido de humedad.....	41
2.8.	Diseño de mezcla de mortero.....	42
2.8.1.	Procedimiento del diseño.....	43
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....		46
3.1.	Metodología.....	46
3.2.	Método de la investigación.....	46
3.2.1.	Método analítico-exploratorio.....	46
3.3.	Tipo de investigación.....	46
3.4.	Delimitación.....	47
3.5.	Técnica de investigación.....	49
3.6.	Análisis de ensayos.....	49
3.7.	Variables de estudio.....	49
3.8.	Muestra y Población.....	50
3.9.	Metodología para el análisis de la información recopilada.....	50
3.10.	Procedimiento.....	51
3.11.	Materiales y equipos para la investigación.....	52
3.12.	Proceso de elaboración del mortero.....	54
3.12.1.	Ensayo granulométrico del agregado.....	55
3.12.2.	Ensayo para obtener el porcentaje de humedad de la muestra.....	56
3.12.3.	Ensayo para obtener el peso específico del cuarzo.....	57
3.12.4.	Dosificación para los ensayos a compresión del mortero.....	59
3.12.5.	Dosificación los ensayos a flexión y desgarre en placas de mortero.....	65
3.12.6.	Elaboración de la placa translúcida.....	73
3.12.7.	Ensayo de absorción de agua.....	77
3.12.8.	Ensayo del paso de luz.....	78
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS.....		82
4.1.	Hormigón translucido.....	82
4.1.1.	Densidad del cemento.....	82

4.1.2.	Resultados del ensayo granulométrico.....	82
4.1.3.	Resultado del porcentaje de humedad.....	83
4.1.4.	Resultado del peso específico del cuarzo.....	84
4.1.5.	Resultados de los ensayos a compresión.....	84
4.1.6.	Resultados de los ensayos a flexión.....	91
4.1.7.	Resultados de los ensayos a desgarre.....	92
4.1.8.	Resultados del ensayo de absorción de agua.....	92
4.1.9.	Resultados del ensayo del paso de luz.....	93
4.1.10.	Análisis económico.....	96
4.1.11.	Resultado general de las características y propiedades de la placa.....	101
4.2.	Discusión de resultados.....	102
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		105
5.1.	Conclusiones.....	105
5.2.	Recomendaciones.....	108
BIBLIOGRAFÍA		110
ANEXOS 1: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN, RELACION A/C: 0.72.....		116
ANEXOS 2: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN, RELACION A/C: 0.3.....		119
ANEXOS 3: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN, RELACION A/C: 0.4.....		122
ANEXOS 4: DOSIFICACIÓN PARA PLACAS DE 50X30 cm Y 20X5 cm.....		125
ANEXOS 5: RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN		129
ANEXOS 6: ANEXO FOTOGRÁFICO		131
ANEXOS 5: LÁMINAS		142

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

1.1. Introducción

El presente proyecto tiene como finalidad desarrollar un panel de hormigón prefabricado capaz de transmitir luz natural o artificial, implementando materiales de nuestro medio capaces de permitir el paso de luz. De esta manera se reduciría el uso de luz artificial, dando como resultado la disminución de costos y a su vez ser edificaciones sostenibles.

El hormigón es uno de los materiales más empleados en la construcción de edificaciones, sin embargo, este no incluye la propiedad de ser translucido por sus componentes. Con el uso de placas de hormigón translucido se pretende permitir el paso de luz natural y artificial sin perder las propiedades mecánicas del hormigón.

La primera muestra realizada por el arquitecto estadounidense Bill Price, en 1999, en el cual, junto a Rem Koolhaas determinaron que, para alcanzar la translucidez, sin perder la composición básica del hormigón, realizaron el primero hormigón translucido a base de pedazos de vidrio y plástico translucido (Florshein, 2015).

Es importante tener en cuenta que las características de alta durabilidad y resistencia no hacen a un hormigón especial, esto abarca innumerables tipos, que debido a sus propiedades físico-mecánicas de sus componentes, permite mejorar su uso de acuerdo al requerimiento que necesite, entre el cual podemos destacar, hormigón translucido, autocompactante, liviano, con fibras, entre otros (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

Actualmente en el auge de las construcciones sostenibles, la utilización de placas de hormigón translucido permite una disminución significativa en el consumo de luz artificial en grandes edificaciones sin la utilización de ventanas, de esta manera desarrollar una nueva manera de emplear el hormigón y aumentar los límites en el diseño (FYM, 2016).

Con el paso de los años en el sector de la construcción, surge la necesidad de crear estructuras más resistentes, amigables con el medio ambiente y seguras tanto para los ocupantes como los encargados de la obra, por lo tanto, la utilidad de la fibra para el concreto aumenta (Linares-Durand Jhosmer, 2021).

Las fibras de polipropileno se encuentran dentro de las fibras sintéticas, una de sus características más importantes es la resistencia, además de un buen rango entre impacto y rigidez; las fibras SikaFiber que se utilizaran en este proyecto reducen la fisuración por retracción e impide su propagación, aumenta la tenacidad, mejora la resistencia al impacto y a la flexión.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Analizar las propiedades físico-mecánicas de placas de hormigón translucido con vidrio y diferentes porcentajes de fibra de polipropileno.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del árido fino mediante ensayos de laboratorio para un diseño óptimo de mortero.
- Someter los prototipos a ensayos de laboratorio para conocer su resistencia a la compresión, flexión y desgarre de acuerdo a las variaciones en el diseño.
- Conocer la transmisión óptica del mortero escogido para realizar la placa

1.3. Formulación del problema

En las edificaciones existentes de nuestro medio, se puede apreciar que para dejar entrar la luz en un edificio se emplea mayormente vidrio (ventanas), el cual es un material que no mantiene el calor en un lugar cerrado y pueden ser peligrosos en caso de que uno de ellos se rompa e incluso inseguro en casos de delincuencia.

El uso excesivo de luz artificial provoca en alto costo para los propietarios de amplios edificios, quienes no disponen de una alternativa para el ingreso de luz natural, por lo que generan impactos negativos sobre el medio ambiente.

Al momento de construir una pared de manera tradicional, con ladrillo o bloque, mayormente necesitan un recubrimiento, el cual, si no se realiza con el debido cuidado puede generar malos acabados, además el proceso de construcción es lento y tedioso, ya que, las mezclas de mortero y cemento toman tiempo, y pasar la mezcla de un lugar a otro provocan una obra desordenada y un incremento de costos en el sistema constructivo.

1.4.Hipótesis de estudio

Influencia que tiene la fibra de polipropileno, el comportamiento del aditivo para acelerar la resistencia y el cuarzo como agregado fino para obtener la resistencia a la compresión simple de 180 kg/cm², que sea económico y brinde una alternativa para el paso de luz natural y artificial.

1.5. Delimitación del problema.

El proyecto de tesis se centrará en evaluar el comportamiento de placas fabricadas manualmente de hormigón (mortero), utilizando, cemento blanco, fibra de polipropileno, aditivo, arena de cuarzo y vidrio de 4 milímetros, de esta manera, se evaluarán diferentes prototipos de pasta para determinar las más óptima en el diseño de la placa.

La implementación de placas de hormigón translucido busca ser una alternativa sostenible para una fachada externa o interna sin propósitos estructurales, de esta manera disminuir el tiempo de construcción y brindando acabados estéticos que permitan el paso de luz natural y artificial.

1.6. Justificación.

El trabajo de investigación se efectúa con la finalidad de aplicar conceptos y conocimientos básicos para un diseño óptimo de placas de hormigón translucido, buscando que la experimentación sea aplicada a tecnologías con un diseño ecológico, económico y resistente. En cuando al desarrollo sostenible ambiental, la investigación beneficiará con soluciones (Sánchez Hernández, 2019).

Los beneficios que traen las placas de hormigón translucido poseen características capaces de permitir el paso de luz natural, conservando los parámetros de resistencia, por lo que es importante determinar las propiedades físico-mecánicas del mismo, al igual que una correcta dosificación de mezcla (FYM, 2016).

El trabajo de grado está enfocado en el uso de materiales de construcción basados en la experimentación el cual podría ayudar en diseños estéticos y arquitectónicos que cumplan los requerimientos de la ingeniería, desarrollando nuevas aplicaciones y usos para el hogar, turismo o empresarial con mayor iluminación, espacios de mejor calidad, entra más opciones (Rojas, 2019).

Se busca determinar una mezcla capas de permitir el paso de luz y con una resistencia a la compresión optima con materiales no convencionales y así determinar sus propiedades mecánicas y que permitan el paso de luz, ahorrando en materiales para acabados y en energía eléctrica, brindando un diseño moderno a la vista (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La norma ecuatoriana (NTE INEN 1762, 2015) define al hormigón como un “Material compuesto que consiste esencialmente de un medio aglutinante en el que están embebidos partículas y fragmentos de áridos; en el hormigón de cemento hidráulico, el aglutinante está formado por una mezcla de cemento hidráulico y agua” (p.3).

El hormigón comenzó como la necesidad del hombre para poder unir materiales de sus edificaciones, creando construcciones más resistentes, proviene del latín “Concretus”, que significa “unir”.

De acuerdo a la norma (NTE INEN 1762, 2015) al mortero se le considera como hormigón lanzado el cual es proyectado sobre una superficie, y en la norma (NTE INEN 151, 2010) describe específicamente al mortero como la mezcla de material cementante hidráulico finamente dividido, con árido fino y agua.

2.1. Estado del arte

2.1.1. Reseña histórica

El hormigón se obtiene de una mezcla adecuada entre cemento, agregados (fino y grueso) y agua. El mismo se puede adaptar a las necesidades estructurales que se pretendan realizar, de igual forma, a la mezcla se le puede añadir otros materiales que mejoren las propiedades mecánicas y físicas, ya sea en estado fresco o endurecido (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

En el año 1999, el arquitecto y profesor de la Universidad de Houston Bill Price, desarrollo el primer hormigón translucido como se conoce hoy en día, presentando una propuesta innovadora que cambio el espectro académico y profesional del área de la arquitectura y la construcción. En

las primeras muestra se realizaron ensayos de compresión y resistencia a la flexión, sin embargo, no se dispone de datos de los resultados obtenidos experimentales por Price .(Shulman, 2001).

Según Price, surgieron algunos problemas que situaban en duda la obtención de un material con dichas características, el precio era cinco veces mayor que el precio del hormigón convencional. Inicialmente Price utilizo polímeros y vidrio molido para el paso de la luz, creando diversos productos, tales como, ladrillos, bloques y paneles (Buchelli, 2020).

Will Witting, profesor y arquitecto de la Universidad Detroit Mercy en Michigan – EEUU, luego de Bill Price, desarrollo un panel de hormigón translucido utilizando cemento blanco, arena blanca y hebras cortas de vidrio, sin embargo, debido a su espesor de 1 cm, se determinaron que eran demasiado frágiles para el viento y la lluvia (Buchelli, 2020).

Áron Losonczy, en el año 2001, arquitecto húngaro, realizo una mezcla de hormigón convencional con fibra óptica, generando un nuevo material que permitiera el paso de luz obteniendo excelentes resultados. Las fibras no tienen ningún efecto en la resistencia a la compresión, siendo igual que el hormigón tradicional. Este hormigón translucido fue el primero en comercializarse y se lo conoce actualmente como LitraCon (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

En el año 2005, dos estudiantes mexicanos de ingeniería civil, Joel Sosa Gutiérrez y Sergio Galván Cáceres, crearon un nuevo aditivo llamado ILUM, el cual lo añadieron a la mezcla de hormigón translucido como un hormigón tradicional: cemento blanco, agua, agregado grueso y fino y fibras, permitiendo el paso de luz en mayor porcentaje que los prototipos anteriormente mencionados (Vélez, 2019).

Años más tarde, debido al desarrollo tecnológico por parte de los estudiantes, pudieron formar la empresa conocida como Concretos Translucidos S.L.R., y debido a la acogida internacional, comercializan bloques prefabricados de concreto translucido o únicamente el aditivo ILUM, de esta forma cualquiera puede utilizar dicho aditivo (Vélez, 2019).

En el año 2006, una empresa alemana, Heidelberg Cement A.G., el arquitecto y diseñados Juergen Frei desarrollo y ofreció al mercado LUCCON, lo cual es hormigón prefabricado con líneas de luz utilizando fibras ópticas gruesas (HeidlbergCement., 2010).

2.1.2. Hormigón translucido

El hormigón translucido se encuentra dentro de los hormigones especiales, siendo así un material innovador, por lo tanto, se encuentra en desarrollo y aun no se comercializa alrededor del mundo, debido a que son pocos los países que lo incorporan y estudian.

Este tipo de hormigón es usado exclusivamente como elemento arquitectónico, ya que no está normado como hormigón estructural, por lo tanto, se utiliza en ambientes donde se requiera gran cantidad de luz (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

Actualmente existen empresas que fabrican este tipo de material, las cuales son:

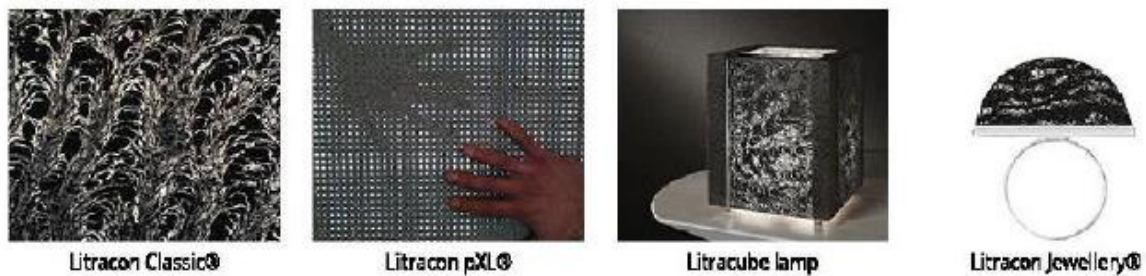
- **LiTraCon**, empresa de Hungría, desarrolla paneles y bloques
- **LUCCON**, empresa de Austria.
- **Concretos Translucidos S.L.R.**, empresa de México, desarrolla concreto prefabricado y el aditivo Ilum.
- **Italcementi Group**, empresa de Italia, desarrolla paneles prefabricados (I-light).

2.1.3. LiTraCon

El primer producto disponible dentro del Hormigón Translucido es LiTraCon (Light Transmitting Concrete), el mismo que desarrolla LiTraCon Classic (bloques) y pXL con resinas plásticas (paneles), de igual forma lámparas y joyería (Buchelli, 2020).

Figura 1

Productos LiTraCon



Fuente: (Buchelli, 2020).

Si se utiliza hormigón LiTraCon para realizar una mampostería, esta logra una resistencia igual o mayor a la de un hormigón tradicional, sin embargo, no se la considera como un hormigón estructural. Se le colocan fibras ópticas reticularmente formando un tejido las cuales no producen efectos perjudiciales en cuanto a su resistencia o durabilidad (Vélez, 2019).

Las características físicas, forma, tamaño, colores y tamaños de cada producto se aprecian en la tabla 1 de acuerdo a la página oficial de LiTraCon.

Tabla 1
Características físicas de LiTraCon
(www.litracon.com)

LiTraCon classic		LiTraCon pXL		LiTracube lamp	
Forma	Bloques prefabricados	Forma	Paneles reforzados prefabricados	Forma	Lampara para ambientes internos
Componentes	Hormigón y fibras ópticas de vidrio	Componentes	Hormigón y fibras plásticas transparentes	Componentes	Litracon, vidrio, acero inoxidable
Tamaño máximo	1200 x 400 mm	Tamaño máximo (40)	1200 x 600 mm	Tamaño	175 x 175 x 221 mm
Espesor	25 – 500 mm	Tamaño máximo (60)	3600 x 1200 mm	Iluminación	E14 / 220V / máx. 60 W
Terminación	Pulido	Colores	Blanco, gris, negro		
		Terminación	Moldeado, lavado y pulido		

Figura 2
Muro de hormigón translucido LiTraCon



Fuente: (Vélez, 2019).

2.1.4. Lucon

Patentado en Alemania e internacionalmente en el 2007 con sede en Austria, es un material prefabricado formado por: arena de cuarzo, cemento, agua, aditivo y fibra óptica, logrando un hormigón de alta densidad. Dependiendo del corte, se obtienen paneles de diferentes dimensiones.

En la dosificación se agrega un aislante térmico a la mitad del bloque, aumentando el uso en elementos estructurales brindando muchas aplicaciones, tanto comerciales como residenciales, desde baños hasta escaleras, en discotecas, entre otros (Buchelli, 2020).

Figura 3
Diseño de interiores con Lucon



Fuente: (Buchelli, 2020).

Las características y propiedades de esta empresa se pueden apreciar en la tabla 2.

Tabla 2
LUCCON propiedades y características (Buchelli, 2020).

Componentes	Fibra óptica, arena de cuarzo, cemento, agua y aditivos
Tamaño	1500 x 1000 mm y 2000 x 1000 mm
Espesor	20 a 30 mm
Colores	Blanco, negro y gris (más bajo pedido)

Superficie	Molida, cepillada, pulida, etc.
Hormigón	Alta resistencia
Fibras	300.000 fibras por m2 y ϕ 0.4 mm
Resistencia a la Compresión	Mayor a 100 N/mm2
Resistencia a la Tracción	Mayor a 10 N/mm2
Densidad	2.300 a 2.400 kg/m3
Resistencia a temperatura	K = 0,18 W/m2 k
Resistencia al agua	Clase XC4
Norma	Requisitos y pruebas de métodos bajo normas alemanas

2.1.5. Ilum

Actualmente la empresa que comercializa es Duro Concretos, la cual promueve y comercializa el denominado concreto translucido, el cual se realiza con base de polímeros permitiendo así el paso de luz en un 70 % aproximadamente. Para la dosificación del mismo se utiliza agregado grueso y fino, fibras y aditivo llamado Ilum, el cual proporciona la translucidez.

Dentro de este hormigón se pueden colocar objetos, ya que es translucido hasta dos metros de espesor, con lo cual aumentan sus ventajas en cuanto al nivel estético, permitiendo una gran variedad de acabados y decoración en la construcción (Buchelli, 2020).

El aditivo Ilum es una invención para la producción de un hormigón el cual permite el paso de luz, ya sea artificial o natural, mejorando considerablemente sus características mecánicas para un uso estructural y arquitectónico.

Figura 4
Diseños con Ilum para hormigón translucido



Fuente: (Buchelli, 2020).

Tabla 3
LUCCON propiedades y características

Componentes	Cemento blanco, fibra de vidrio, agregados de sílice, pigmentos y aditivo Ilum
Tamaño y espesor	Debido al aditivo y a la pasta, estas se pueden acoplar a grandes volúmenes
Resistencia a la compresión	Varia desde 2500 a 4500 kg/cm ²
Densidad aparente	Varia desde 1900 a 2100 kg/m ³
Transmisión de luz	Es superior al 70 %
Superficie	Pulida
Color	Se puede realizar cualquier color bajo pedido

2.1.6. I-light

Presentado en el pabellón italiano la Exposición de Shanghái, en el 2010 por el grupo internacional Italcementi, formado por resinas especiales en una mezcla innovadora, la cual no solo permite el paso de luz, sino también la apreciación de objetos ubicados detrás del panel, creando un efecto transparente (FYM, 2016).

El uso que se le puede dar a los paneles, debido a sus componentes, es en cubiertas de techo, decoraciones, mampostería, escaleras y diseños de interiores, ya que estos elementos no soportan carga. En cada panel existen aproximadamente 50 pequeños agujeros, brindando un 20 % de paso de luz artificial y natural (FYM, 2016).

Figura 5
Aplicación de hormigón translucido con I-light



Fuente: (FYM, 2016).

En la siguiente tabla se aprecian las propiedades mecánicas, composición y características de acuerdo a la incorporación de resinas por parte de I-light.

Tabla 4
Características y propiedades de I-light

Agregados	Arena / grava con tamaño adecuado de silicio / calcárea
Cemento	Tipo I 52.5 R, asegurando alta resistencia y rápido endurecimiento
Fibras	Alta ductilidad (fibras de acero inoxidable), minimizar fisuras a edad temprana y atenuar fenómenos lentos de deformación (fibra de polipropileno)
Resistencia a la compresión	65 MPa
Resistencia a la flexión	10 MPa
Resistencia a la tracción	65 MPa
Módulo de elasticidad	39000 MPa
Módulo de tracción	3200 MPa
Transmisión óptica	18 al 20 %

2.2. Materiales que aportan características translucidas al hormigón

Tradicionalmente para desarrollar la mezcla de agregados y hormigón se utiliza hormigón gris, arena gris y agregado grueso gris sin permitir el paso de luz, por lo que, para el presente proyecto se utilizarán agregados claros, con el objetivo de permitir el paso de luz y a su vez obtener la resistencia más alta posible.

El hormigón tradicional es una mezcla de componentes que permiten construir mamposterías internas y externas, fundición de losas, entre otras, mediante la mezcla homogénea

de cemento, agregado grueso y fino, logrando la resistencia deseada en un cierto tiempo, la cual puede soportar altos esfuerzos de compresión, siendo actualmente, uno de los materiales más utilizados dentro de la construcción.

De acuerdo a la recopilación de información obtenida, se pueden agregar distintos tipos de materiales al hormigón tradicional que pueden aportar significativas características de translucidez, por lo que se utilizaran de base para la fase experimental del presente proyecto.

2.2.1. Agregados para el hormigón

Entendemos por agregado al material granular, natural o artificial que al mezclarse con cemento más agua (pasta) se genera el hormigón. El agregado fino y grueso son una parte fundamental del hormigón, entre un 70% y 80% para la elaboración del mismo (Bardales & Bagner, 2018).

2.2.1.1. Cuarzo

El cuarzo está compuesto por dióxido de silicio, es un mineral duro, 7 de acuerdo a la escala de Mohs. Siendo un material cristalino que presenta una variedad de colores con un peso específico aproximado de 2.65 g/cm³ (Bardales & Bagner, 2018).

Debido a su clasificación, en nuestro medio muy pocas personas tienen conocimiento de este, y debido al propósito del material se requiere que su diámetro máximo sea de 3/8 de pulgada. Debido a su color y características, permite la translucidez, gracias a este ayuda a que el paso de luz sea más accesible.

Propiedades físicas del cuarzo:

- **Color:** blanco con propiedad translúcida
- **Dureza:** 7 en la escala de Mohs

- **Forma:** trapezoédrico
- **Densidad:** 2.6 g/cm³
- **Punto de fusión:** 1713 °C
- **Índice de refracción:** 1544 y 1553

2.2.1.2. Arena de sílice

Denominado también como óxido de silicio, resultado de la combinación de silicio con oxígeno, siendo así de la misma composición que el cuarzo. Según la norma (NTE INEN 872, 2011), para el agregado fino y grueso, se debe cumplir con lo siguiente: análisis de granulometría, impurezas orgánicas, sustancias perjudiciales y solidez.

2.2.2. Agua

El agua es un componente fundamental para la elaboración del hormigón, debido a que al entrar en contacto con el cemento genera una reacción química y se convierte en pasta. Este influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas, en estado plástico, fraguado y endurecido del hormigón (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

La norma (NTE INEN 2617, 2012) define los requisitos que tiene que cumplir el agua para la fabricación de hormigón hidráulico, el agua potable se puede utilizar sin necesidad de hacer ensayos previos.

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua por volumen unitario de hormigón que requiere el cemento para hidratarse.
- **Agua de curado:** Es la cantidad de agua que se requiere para la evolución de hidratación sin interrupción hasta que el cemento se hidrata completamente y alcance sus propiedades potenciales.

2.2.3. Cemento

A diferencia de la construcción con cemento gris normal, el cemento blanco se utiliza de preferencia en edificios de hormigón visto por sus terminados, elementos arquitectónicos, decorativos, entre otros, ya sea para interiores o exteriores (NTE INEN 152, 2012). El cemento que se utilice debe cumplir con la norma NTE INEN 152.

2.2.3.1. Densidad del cemento

La densidad del cemento es la propiedad más importante, la cual se define como la relación entre la masa y unidad de volumen, por lo tanto, varía entre 2.90 g/cm³ y 3.20 g/cm³. De igual forma, la resistencia está en relación con su finura, mientras más fino, mayor es la cantidad de cemento que se usara en contacto con el agua, de esta manera aumenta su resistencia.

2.2.3.2. Consistencia del cemento

Mediante la norma (NTE INEN 157, 2009), se determina el contenido de agua necesaria que requiere el cemento para producir una pasta normal, logrando una consistencia normal.

2.2.4. Aditivo

Se considera a los aditivos como los productos que se introducen en el concreto de manera que modifiquen las propiedades en estado fresco o endurecido de forma controlada. La empresa que lidera soluciones de sellado, amortiguación, refuerzo, protección y unión, implementando técnicas novedosas constantemente, es Sika, con lo cual, fortalece su posición de líder mundial en productos químicos para la construcción (Sika Ecuador, 2019).

Para el uso del aditivo en la mezcla del hormigón debe cumplir con la norma ASTM C494, y dependiendo del aditivo a usar, mayormente es un reductor de agua y acelerante de resistencias. Su dosificación varía entre en porcentaje del peso del cemento según el fabricante. Se utiliza para

llegar a la resistencia deseada a temprana edad, aumentar la manejabilidad, disminuir el uso de agua en la mezcla, disminuir el contenido de cemento y mantener la relación A/C (ASTM C494, 2017).

2.2.4.1. Aditivo Ilum

La fórmula de este aditivo es conocida únicamente por sus creadores. Una de las principales características atribuidas a este aditivo, son las mejoras en las propiedades mecánicas del hormigón, llegando a 4500 kg/cm², además no absorbe el agua que se le agrega y el peso es 30 % menos que el tradicional, pero lo más importante, es la translucidez que le brinda a los hormigones, llegando hasta un 80 %, convirtiéndolo en uno de los mejores materiales que existen actualmente para la transmisión de luz en un hormigón (Vélez, 2019).

2.2.5. Fibras

Es importante conocer la variedad de tipos de fibras, donde podemos encontrar las macro y microfibras.

Las macrofibras se utilizan principalmente para reducir el ancho de la grieta en caso de rotura y prevenir el agrietamiento cuando el concreto este endurecido. Comúnmente se utiliza en porcentajes del 0.2% al 0.8% del volumen de hormigón (Linares-Durand Jhosmer, 2021).

Las microfibras se utilizan en estado fresco o en 24 horas para evitar su agrietamiento. La adición en porcentaje según Mindess S recomienda de 0.03% a 0.15%. A pesar de ser una adición baja de fibras, son muy efectivas ya que evita el agrietamiento del concreto por la contracción plástica (Linares-Durand Jhosmer, 2021).

2.2.5.1. Fibra de vidrio

Un material compuesto por varios hilos de vidrio finos, obtenidos por medio un proceso industrial, cortando vidrio y fundiéndolo a 1250 °C, posteriormente enfriándolos de manera que se obtengas las fibras. Existen distintos tipos de fibras de vidrio dependiendo de su uso: eléctrico (E), alcalino (A), corrosivo (C), dieléctrico (D), resistente (R) y de alta resistencia (S).

Dentro de sus propiedades se pueden destacar, la conductividad de 0.05 W/(m*k), mejor resistencia a la compresión y desgarre, buena manejabilidad, resistencia a alta fricción y tracción, resiste bajas temperaturas y muy buena estabilidad a químicos (Vélez, 2019).

2.2.5.2.Fibra óptica

Uno de los principales componentes para transmitir luz en el hormigón, debido al confinamiento de luz, brindando mejores resultados si se usa un diámetro de 0.10 mm a 1 mm, dispuestos de forma paralela y entre un 2 y 10 % en relación al volumen de la mezcla, además mejora la resistencia mecánica a la compresión del concreto (Buchelli, 2020).

2.2.5.3.Fibra de polipropileno

De acuerdo a diversos ensayos de refuerzos de fibra en concreto (FRC) de polipropileno, se puede agregar la fibra en volumen de porcentaje que van desde 0.1% al 10%. Para la resistencia a compresión el porcentaje de fibras de polipropileno oscilan entre 0.1% y 2% del volumen, sin embargo, la adición de diferentes cantidades de fibras no tiene efecto sobre la resistencia a la compresión (544.1R-96, 2009).

Según (Linares-Durand Jhosmer, 2021) “con respecto a la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto se incrementó significativamente con el uso de fibras de Polipropileno, observándose que su mejoría esta entre 3.6% y el 14%” (p.9).

Es importante tomar en cuenta que el fallo de prototipos de hormigón con fibras falla de un modo más dúctil. Las muestras de hormigón con fibras pueden soportar la carga y soportar grandes deformaciones sin romperse en pedazos (544.1R-96, 2009).

2.2.6. Vidrio

El vidrio ha evolucionado constantemente con nuevos productos y soluciones que nos hacen olvidar el concepto tradicional del vidrio y brindan nuevas aplicaciones que años atrás eran inimaginables (Ortega, 2017).

El vidrio es un material que está en constante evolución por las capacidades de transformación que posee, siendo así, un elemento necesario en cualquier edificación, convirtiéndose en el material más empleado para el paso de luz de cualquier lugar. Dentro de la construcción, posee diversas aplicaciones, estos son: vidrios de seguridad, vidrios opacos, vidrios anti reflexivos, vidrios para UV, vidrios anti acústicos, entre otros (Rocha, Pérez, & Villanueva, 2020).

El vidrio se produce por la fusión de aditivos y sílice a altas temperaturas, considerándolo un material amorfo por no ser sólido ni líquido, de esta manera, se puede clasificar según su compuesto químico, tales como:

- **Sodocálcico**, vidrio usado para envases o ventanas.
- **Plomado**, vidrio usado para tallados de decoración y pulido en superficies.
- **Borosilicato**, vidrio para utensilios de laboratorio.
- **Especiales**, vidrios de acuerdo al uso que se vaya a dar.

2.2.7. Resinas

Las resinas contienen principalmente un polímero termoestable el cual se endurece al mezclarse con un catalizador, por lo tanto, existe una amplia cantidad de formulaciones con grandes características con el empleo de las mismas. Inicialmente son transparentes, sin embargo, se le puede aplicar colores claros ya que no afectan en su funcionalidad.

Cuando se usan las resinas, esto mejora las propiedades del hormigón, tanto en su resistencia, tenacidad, dureza y resistencia al impacto, de igual forma baja la retracción durante el curado, excelente comportamiento en variaciones de temperatura, resistente y estable frente a agentes químicos y con buenas propiedades eléctricas (Vélez, 2019).

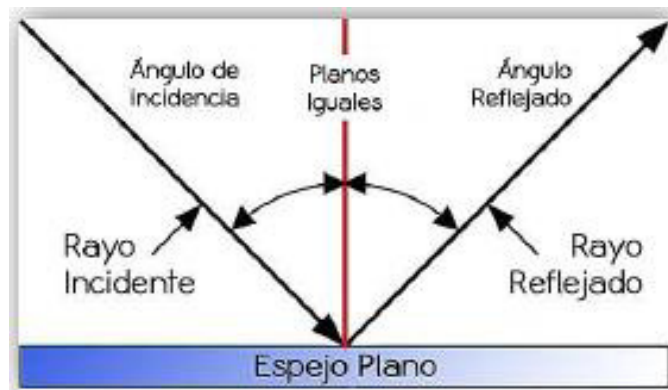
2.3. Conceptos de la óptica

La óptica es la encargada de estudiar el comportamiento de la luz, ya que esta se relaciona con las ondas electromagnéticas, denominada la óptica física, por lo tanto, la longitud de onda que posee la luz, oscila entre 400 nm y 700 nm.

- **Reflexión**

La reflexión se conoce como la relación que hay entre la intensidad de luz incidente (rayo de luz que incide en una superficie) y luz reflejada (rayo de luz que sale de la superficie)

Figura 6
Reflexión de luz

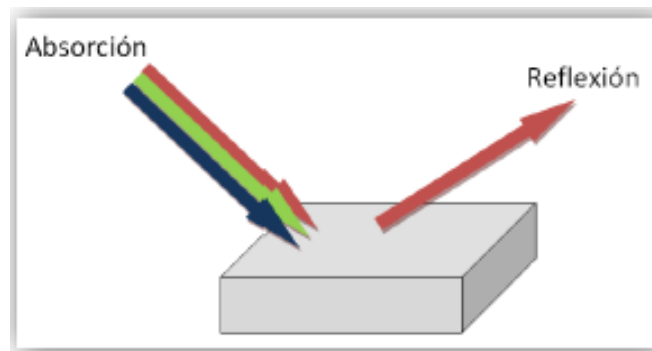


Fuente: (Vélez, 2019).

- **Absorción**

Es la capacidad que posee un cuerpo para absorber la luz y reflejarla en otra dirección.

Figura 7
Absorción de luz



Fuente: (Vélez, 2019).

2.3.1. Fotometría

La transferencia de energía por unidad de tiempo del emisor al detector es normalizada a la respuesta espectral del ojo del observador a lo largo de un tubo de rayos se denomina fotometría (Gonzales, 2006).

El objetivo principal de la fotométrica es medir la cantidad de luz correspondiente con la percepción visual de un observador humano, para lograrlo se utiliza una unidad de intensidad luminosa denominada el lumen.

- **Intensidad luminosa**

Es la relación entre el flujo luminoso ($d\phi_v$) emitido por la fuente de luz y propagado a través del elemento de ángulo sólido ($d\Omega$) de la dirección dada y dicho elemento, es decir, la cantidad de flujo luminoso de cada rayo desde la fuente emitida en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido.

- **Flujo luminoso**

Es la cantidad de luz que se emite por una fuente luminosa en cualquier dirección por unidad de tiempo, denominada lumen y representado por la letra Φ .

- **Iluminancia**

Se utiliza para medir el nivel de iluminación en un lugar determinado, es decir, la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, se representa con la letra E y está dado por la siguiente ecuación.

$$E(lx) = \frac{\Phi(lm)}{S(m^2)}$$

Ecuación 2: Resistencia a la compresión

2.3.2. Transmisión óptica

Hablamos de transmisión óptica cuando los haces de luz inciden en un cuerpo, un porcentaje es absorbido y otro atraviesa el mismo, de esta manera se mide la cantidad de luz que pasa sobre la cantidad total de luz que ingresa en el cuerpo, finalmente obtener un porcentaje de transmisión óptica, por lo tanto, dicha superficie debe contar la propiedad de paso de luz (Vélez, 2019).

- **Directa**

A este medio se lo conoce como transparentes, debido a que el haz de luz pasa se desplaza íntegramente y de manera lineal.

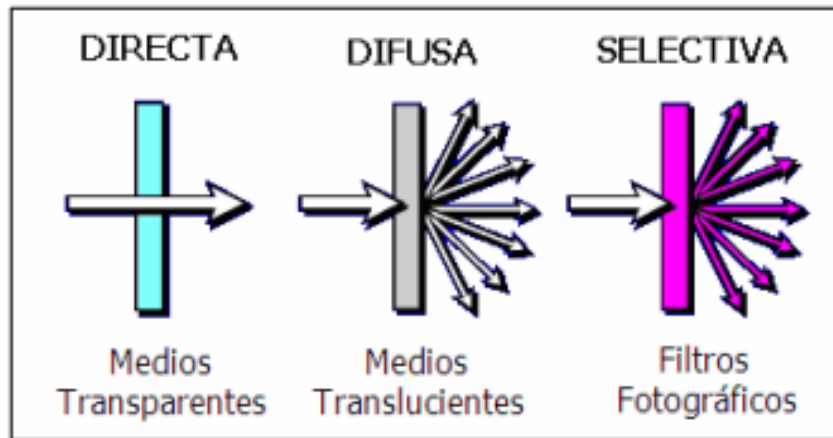
- **Difusa**

A este medio se lo conoce como translucientes, debido a que el haz de luz se desplaza de forma dispersa.

- **Selectiva**

A este medio se lo conoce como filtros, debido a que el haz de luz se desplaza por un filtro y este deja pasar solo el color seleccionado.

Figura 8
Transmisión de luz



Fuente: (León Arroba, 2007).

Para realizar el ensayo del paso de luz, se emplea el luxómetro, un dispositivo con la capacidad de medir la iluminación de un ambiente, la unidad de medida de este es el lux (lx), la cual equivale a lumen / m². Se conoce también que un lux es igual a la cantidad de energía producida por una fuente de luz para el ojo del hombre (Florshein, 2015).

$$T\% = \frac{I}{I_0} * 100$$

Donde:

I = Cantidad de luz que atraviesa una superficie

I₀ = Luz total que incide en una superficie

2.3.2.1. Luxómetro

Dispositivo capaz de determinar la cantidad de luz existente en un área de estudio, su unidad es el lux (lx). El mismo cuenta con celdas fotovoltaicas y un circuito integrado que es capaz de

transformarlo en electricidad al momento de recibir cierta cantidad de luz, a esto se lo conoce como lux.

La forma adecuada de usar un luxómetro es:

1. Colocar el fotorreceptor, frente a la cara que recibirá la luz que se desea medir
2. Colocar la escala adecuada de acuerdo a la luz que se va a recibir
3. Encender el dispositivo y esperar hasta la lectura
4. Al obtener los resultados, verificar la escala que se aplicó anteriormente para obtener el valor final

2.4. Mortero

Se define como mortero a la mezcla de un material aglutinante, cemento portland u otros, un agregado de relleno, arena o agregado fino, agua y en ciertos casos aditivos, de esta forma, al endurecerse, el mortero puede alcanzar propiedades físicas, químicas y mecánicas similares a las del concreto tradicional. Principalmente se utiliza para pegar piezas de mampostería en muros, para recubrimientos, para enlucidos, para pisos, entre otros.

Es importante conocer ciertos conceptos, propiedades y parámetros previos sobre los morteros para lograr un adecuado procedimiento de diseño del mismo.

2.4.1. Tipos y usos de morteros

Principalmente se encuentran de dos tipos, los que se endurecen bajo los efectos del aire al perder agua según las condiciones climáticas, fraguando lentamente por un proceso denominado carbonatación, y los que se endurecen gracias al efecto del agua, ya que, al igual que el cemento

tradicional, logra resistencias iniciales relativamente altas. Generalmente se los conoce como aéreos e hidráulicos respectivamente (Sánchez de Guzmán, 1993).

2.4.1.1. Morteros calcáreos

El uso de cal en morteros permite una mayor manejabilidad en comparación a los otros, siendo usado desde la antigüedad como plastificante y ligador, sin embargo, debido a su lentitud en endurecerse, no se pueden esperar altas resistencias.

El material de relleno a utilizar con este aglutinante se recomienda ser libre de materia orgánica y limpio, y de forma angular para evitar el agrietamiento y construcción del mortero. Dentro de la familia de morteros aéreos, se usan principalmente dosificaciones 1:2 para revoques y 1:3 para mampostería simple.

2.4.1.2. Morteros de cemento y cal

Este tipo de morteros es una mezcla de cal y cemento, con cal en mayor porcentaje, con dosificaciones más utilizadas como 1:2:6 y 1:2:10 (cemento:cal:arena), el agua requerida depende de factores deseados de acuerdo a la composición y consistencia, buscando una buena trabajabilidad, buena retención de agua y altas resistencias.

Existen condiciones a tener cuenta previamente para una dosificación adecuada de manera que se aprovechen correctamente las propiedades adhesivas de la cal, cohesivas del cemento y la cantidad de agua, ya que, si el contenido del cemento es alto, la resistencia será alta pero el tiempo entre amasado y colocación disminuye, si el contenido de cal es alto, la resistencia será menor pero el tiempo entre amasado y colocación aumenta, si el contenido de arena es alto, la trabajabilidad será baja y la resistencia bajara considerablemente (Sánchez de Guzmán, 1993).

2.4.1.3. Morteros de cemento

Se utiliza cuando se requieren altas resistencias al endurecerse el mortero, de acuerdo a la cantidad de cemento que se use, la trabajabilidad es variable. Pertenecen a la familia de morteros hidráulicos, se acostumbra a mezclar en obra debido a su rápido tiempo de fraguado. El modo de mezcla es, cemento y arena, y finalmente agua.

El material de relleno es mayormente granos de arena tangentes entre sí y el cemento como aglutinante y de esta manera, cubrir la arena con el cemento creando una soldadura debido a la película de cemento. Este tipo de morteros depende mucho del tipo de agregado que se use, su granulometría, módulo de finura, forma y tortura para lograr un adecuado acomodo de partículas para mejorar su capacidad y un menor uso de cemento.

Es importante tener en cuenta el propósito de la mezcla, ya que, morteros muy resistentes y con alta retracción al secado, son susceptibles al agrietamiento en usos normales, sin embargo, su uso es muy común en muros de contención o cimentación cuando se requieren altas resistencias debido a su resistencia a la acción del agua.

Tabla 5

Uso de los morteros de cemento (Sánchez de Guzmán, 1993).

Dosificación	Uso
1:1	Rellenos e impermeabilizaciones
1:2	Rellenos e impermeabilizaciones
1:3	Impermeabilizaciones menores y pisos
1:4	Mampostería para ladrillos en muros
1:5	Mampostería en general, baldosas
1:6 y 1:7	Mampostería en general, baldosas
1:8 y 1:9	Construcciones que no necesitan resistencia

En dosificaciones 1:1 a 1:3 el agregado debe ser limpio, en 1:4 a 1:6 el agregado debe ser semilavado y de 1:7 a 1:9 el agregado puede ser sucio. De esta manera podemos resumir el mortero en cuatro grandes categorías.

- Morteros de alta resistencia para alta resistencia a la compresión y abrasión.
- Morteros para mampostería de muros.
- Morteros para revestimientos.
- Mortero para rellenos constructivos.

Por esta razón, es importante tener en cuenta una correcta dosificación y diseño de mortero de acuerdo a las condiciones, propiedades y características que se requieran, siguiendo un método claro y preciso, por esta razón, a continuación, se describen conceptos básicos a tener en cuenta:

- **Manejabilidad**

Se refiere a la facilidad de colocación de la mezcla, ya sea en mampostería o revestimiento, es decir, el estado de fluidez de la mezcla, ya que, la manejabilidad está relacionada con la consistencia del mortero. En la tabla 6 podemos apreciar una guía básica de acuerdo al propósito de la mezcla y al tipo de construcción, definiendo tres tipos de consistencias.

Tabla 6

Consistencia de morteros recomendados (Sánchez de Guzmán, 1993).

Consistencia	Fluidez (%)	Condiciones	Uso	Colocación
Seca	80 – 100	Con vibración	Recibimientos, pisos, reparaciones, pantalla de cimentación	Vibración de formaleta con proyección neumática
Plástica	100 – 120	Sin vibración	Para mampostería, baldosas, revestimientos	Manual
Húmeda	120 – 150	Sin vibración	Relleno de mampostería, autonivelantes para pisos	Manual con bombeo

- **Retención de agua**

Es la capacidad que posee el mortero para mantener su plasticidad cuando entra en contacto con mampostería o una superficie absorbente, esto se puede mejorar con el uso de cal, mayor contenido de finos, aditivos, plastificante y cemento puzolánico. La resistencia final y la velocidad de su endurecimiento es altamente influido por la capacidad de retención de agua.

- **Endurecimiento**

Normalmente la velocidad entre el fraguado inicial y final del mortero debe estar entre 2 y 24 horas, pero el clima y la composición de la mezcla influyen en el tiempo, sin embargo, esto se puede controlar con el uso de aditivos.

- **Retracción**

La reacción química producida por la hidratación del mortero genera la retracción en el mismo, siendo esta mayor en pastas con alta relación agua/cemento. Si se desea reducir la retracción

es recomendable usar cementos puzolánicos de baja retracción al secado y arenas bien graduadas.

- **Adherencia**

Cuando hablamos de adherencia, nos referimos a la capacidad que posee el mortero para absorber tensiones tangenciales y normales que unen al mortero con la estructura, siendo una propiedad principal del mismo, permitiendo la resistencia al pandeo, cargas transversales y excéntricas.

También influye la retención de agua y la resistencia del mortero, ya que, no se logra una adherencia adecuada. En el caso de mamposterías, la superficie del material utilizado en el muro debe ser lo suficientemente rugosa para una buena adherencia, así como también un mortero plástico de buena adherencia y buena capacidad de retención de agua, no requieren superficies húmedas para su colocación, por lo tanto, son los más utilizados en mampostería.

- **Resistencia**

Si el propósito del mortero es resistir altas cargas y sucesivas debe cumplir dos consideraciones importantes: si el porcentaje de cemento utilizado es mayor que el mismo agregado, el mortero es más resistente e impermeable y, aquel que contenga un mayor volumen de materiales sólidos o que tenga mayor densidad con el mismo porcentaje de cemento es más resistente e impermeable (Sánchez de Guzmán, 1993).

El uso de arenas finas influye considerablemente en la resistencia del mortero, ya que al agregar agua esta separa los granos debido a la tensión superficial, por lo tanto, si se busca una resistencia alta, se busca utilizar arenas gruesas, sin importar el cemento a utilizar, ya que influye directamente en la densidad del mortero.

- **Durabilidad**

Los agentes externos influyen considerablemente en la durabilidad del mortero, ya sean, las bajas temperaturas, la impermeabilidad de la mezcla para el paso de agua, desgaste debido a la abrasión, retracción, choques térmicos, entre otros. Las condiciones ambientales son agentes que interactúan de manera directa en el mortero, cambiando su durabilidad, sin importar si son morteros de alta resistencia.

- **Apariencia**

Normalmente la apariencia es un aspecto al que no se da mucha importancia, sin embargo, influye considerablemente sobre todo en mamposterías de ladrillo visto, siendo de vital importancia la plasticidad de la mezcla y la dosificación para su colocación y un adecuado acabado.

2.5. Normas a utilizar

El presente proyecto investigativo se llevará a cabo bajo los métodos de la norma ecuatoriana existente NTE INEN y norma ASTM si no existen normas correspondientes nacionales.

- NTE INEN 152, cemento portland
- NTE INEN 154, tamices de ensayo
- NTE INEN 155, mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica
- NTE INEN 488, resistencia a la compresión en morteros en cubos de 50 mm
- NTE INEN 696 y 697, granulometría de árido grueso y fino respectivamente
- NTE INEN 2617, agua para la mezcla

- NTE INEN 856, gravedad específica, densidad y absorción del agregado fino
- ASTM 127 / 128, gravedad específica y absorción de los agregados
- NTE INEN 156, densidad del cemento.
- ASTM C70 / C566, contenido de humedad
- NTE INEN 872, impurezas en el agregado fino.
- NTE INEN 866, Árido fino para hormigón, impurezas orgánicas
- NTE INEN 1762, definiciones y terminología.
- NTE INEN 157, determinación de la consistencia
- NTE INEN 151, definición de términos
- **Elaboración de muestras**

La mezcla debe estar de acuerdo a la norma NTE INEN 1763, cemento hidráulico, muestreo y la norma NTE INEN 488, para la elaboración de morteros en cubos de 50 mm de arista.

- **Curado de la muestra**

El curado se debe realizar bajo la norma NTE INEN 3124 de acuerdo a la fecha programada y ASTM C403 para determinar el tiempo de fraguado.

- **Ensayo a compresión**

El ensayo a compresión se hace bajo la norma NTE INEN 488, determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.

- **Ensayo a flexión**

El ensayo a flexión se realiza según la norma ASTM C 293, ensayo de resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro

- **Ensayo a desgarre**

El ensayo a desgarre cubre la resistencia al desgarro, la misma que produce una concentración de tensión en una pequeña área de la probeta, la tensión máxima normalmente se encuentra cerca del inicio del desgarro y se registra como la fuerza de desgarro en Newtons o libras-fuerza o kilogramo-fuerza (ASTM D 1004, 2007).

Debido a que no se cuenta con una norma específica nacional o internacional para el ensayo a desgarre en hormigones o morteros, se toma como referencia la norma mencionada en el párrafo anterior la cual determina la resistencia al desgarro de películas y revestimientos de plástico flexible a velocidades de carga muy bajas.

- **Ensayo de paso de luz**

Para determinar el paso de luz se empleará el luxómetro, para lo cual, el modelo experimental se medirá bajo dos circunstancias, luz natural y luz artificial, de esta manera se conocerá el porcentaje de luz que dejará pasar la placa de hormigón translucido.

No se cuenta con ninguna normativa específica (nacional, regional o internacional) para el ensayo de la transmitancia óptica.

2.6. Materiales a utilizar

De acuerdo a la información y bibliografía recopilada, se procedió a utilizar materiales que al mezclarse con el hormigón aporten translucidez al mismo, tales como: cuarzo, cemento blanco, aditivo para morteros de Sika, fibra de polipropileno de Sika, de esta manera determinar cuál es la

mejor dosificación de acuerdo al porcentaje de fibra, al módulo de finura y a la cantidad de aditivo que se le añade para lograr el concreto translucido planteado en el proyecto investigativo.

Es importante recalcar que, descarto el uso de arena de sílice debido a su bajo módulo de finura, únicamente se utilizará cuarzo, por lo tanto, la pasta final será únicamente mortero, el cual permite trabajar y moldear la mezcla según la necesidad, haciéndolo útil para este tipo de construcción debido a su posterior aumento de resistencia y endurecimiento (Aliaga, 2017).

De esa manera para la realización de los ensayos de hormigón, se utilizaron probetas cubicas normalizadas de 50 mm de arista, y para los ensayos finales se emplearon moldes de madera realizados por el autor, ya que el laboratorio no cuenta con los moldes de características requeridas.

A continuación, se describen los materiales que se utilizaron para llevar a cabo la investigación.

2.6.1. Cemento Huascarán

Para el presente proyecto, en la elaboración de pruebas, probetas y moldes finales se utilizó cemento blanco Huascarán portland tipo I, el mismo que cumple con la norma ASTM C-150, comercializado en nuestro medio en cualquier ferretería.

Para el proyecto se consiguió en la ferretería Zarate, ubicado en la avenida de los Andes 3-17. El cemento se encuentra en presentaciones de 1kg (bolsa), 25 kg o 50 kg (saco).

2.6.2. Cuarzo

Se utiliza cuarzo como agregado fino para la realización del mortero, se tamizo el material obtenido y se empleara únicamente el que pase la malla # 4 o 4.75 mm. El cuarzo se logró conseguir

en Piedras Decorativas San Martín, ubicadas en el sur de la ciudad. Es importante tener en cuenta la norma (NTE INEN 866, 2009).

2.6.3. Aditivo

El aditivo utilizado es especialmente para morteros, un aditivo líquido capaz de mejorar propiedades físicas y químicas de los mismos y a su vez incrementar la adherencia, aumenta la resistencia a la abrasión y a la su química frente a sales y ácidos débiles.

De acuerdo a la dosificación empleada, el aditivo se debe diluir en agua y mezclarlo con cemento y arena hasta conseguir una consistencia cremosa. De acuerdo al fabricante, se utiliza 0.6 kg/m²/cm de espesor. Posee una densidad de 1.02 kg/l.

La norma ACI recomienda el uso del aditivo para espesores menores a 5 cm para una mejor calidad en el mortero.

Viene en presentaciones plásticas de 1, 2, 4, 10 y 220 kg, y se puede almacenar hasta 12 meses en un sitio fresco y bajo techo.

2.6.4. Fibra de polipropileno

La fibra empleada es de Sika para el refuerzo de hormigón y mortero, la cual, previo al fraguado, reduce las fisuras en estado plástico y durante la mezcla del mortero o hormigón se distribuye aleatoriamente formando una red uniforme. En mortero, dichas fibras aumentarían su resistencia y adherencia del mismo, disminuyendo la permeabilidad y aumentando la resistencia al ataque del medio ambiente.

El producto viene en empaques de 600 gramos, con una vida útil de 12 meses en un envase bien cerrado y seco, con una densidad aproximada de 0.61 kg/l y un módulo de elasticidad de 15.000 kg/cm². La dosificación de SikaFiber es de 0.6 kg/m³.

De esta manera para añadir la fibra, se hace en relación al peso de hormigón que se va a utilizar, de esta manera se obtiene un porcentaje de fibra a incorporar en la mezcla, dicho porcentaje se agrega poco a poco después de haber colocado los componentes anteriores, es decir, es el último componente que se agrega a la mezcla.

2.6.5. Vidrio

El vidrio que se utilizó en el presente proyecto investigativo es el Sodocálcico, ya que es el más común y menos costoso de nuestro medio, el cual se puede encontrar en botellas, jarras, vasos, ventanas, entre otros (Rocha, Pérez, & Villanueva, 2020).

El vidrio y sus respectivos cortes se obtuvieron de Ferra Vid, local de vidrios ubicado en la Av. Gonzales Suarez.

2.7. Caracterización del agregado

2.7.1. Granulometría del agregado

La norma (NTE INEN 696, 2011) describe el método de ensayo como “Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendiente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de las partículas” (p.1).

Para determinar la graduación de materiales con la finalidad de utilizarlos para hormigón, de manera que cumplan con la distribución granulométrica con los requisitos aplicables de las especificaciones y mezclas que tengan áridos. La granulometría se relaciona directamente con las características de manejabilidad del hormigón fresco, la compactación, la demanda de agua y su resistencia mecánica del hormigón endurecido (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

- **Agregado fino - cuarzo**

Como se mencionó, el cuarzo se utiliza como el agregado fino para la mezcla, para la cual se empleó únicamente el material que pase la malla #4.

Dentro de las ventajas de usar cuarzo como agregado, es la propiedad translúcida que posee, observando tonalidades blanquecidas, no posee una forma homogénea, sino más bien irregular, con aristas mal definidas (Forteza, Garcia, Hernandez, Salguero, & Wheatley, 2008). El material se consiguió limpio de impurezas sin substancia perjudicial para la mezcla, por lo que no es necesario un lavado previo al uso.

Debido a que es un proyecto investigativo y experimental, tomamos como guía valores y datos que nos ofrecen las normas NTE INEN 696 y 872.

2.7.2. Módulo de finura

El módulo de finura se utiliza para determinar las proporciones de agregado fino y grueso en la mezcla de concreto.

De acuerdo a la norma (NTE INEN 872, 2011) el árido fino no debe contener más del 45% pasante en cualquier tamiz y retenido en el siguiente, de igual forma, su módulo de finura no debe ser menor que 2.3 ni mayor que 3.1. El módulo se calcula sumando los porcentajes retenidos

acumulados en los tamices 3/8”, No 4, No 8, No 16, No 30, No 50 y No 100, y todo dividido entre 100.

Sin embargo, como se mencionó, ya que es un proyecto experimental, la arena utilizada no es normalizada, por lo tanto, utilizamos los valores sugeridos como guía.

$$MF = \frac{\sum(\%r.a)}{100}$$

Ecuación 3: Módulo de finura

2.7.3. Tamaño máximo

Una vez se haya realizado el ensayo de granulometría, se obtiene el tamaño máximo del agregado es el tamiz por donde pasa el 100% del agregado (Hinojosa & Hebert , 2021).

2.7.4. Densidad

Se define como densidad a la relación entre la masa y el volumen de un material, o la masa por unidad de volumen (Vaca & Yanchaluisa, 2021).

2.7.5. Densidad relativa y absorción de los agregados

Se denomina densidad relativa a la relación que existe entre la masa de un volumen de material a una determinada temperatura y la masa de agua destilada de igual volumen a temperatura determinada.

Se denomina absorción del agregado al proceso que tiende un líquido a llenar los poros permeables de un cuerpo poroso sólido, es decir, incrementar la masa de un cuerpo poroso sólido como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables.

Este ensayo se realiza conforme describe la norma (NTE INEN 856, 2010) para agregado fino, la cual describe: “Se sumerge en agua por 24 h ± 4h, una muestra de árido previamente

secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción” (p.4).

- **Densidad Aparente:** Es la relación entre la masa en el ambiente de un volumen dado de un material, es importante tener en cuenta la saturación de los poros y la masa de un volumen de agua destilada a una temperatura constante.
- **Densidad Aparente S. S. S.:** Es la relación entre una masa en el ambiente de un volumen de un material, en este influyen los poros saturables después de estar sumergidos durante 24 horas, para compararlas con la masa de un volumen de agua destilada a temperatura constante.
- **Capacidad de absorción:** Es el ingreso de agua en las porosidades superficiales de los agregados, por esta razón es importante conocer la capacidad para absorber el agua y posteriores correcciones en el diseño.

Para esto, se utilizaron las siguientes ecuaciones descritas en la norma (NTE INEN 856, 2010):

- **Densidad relativa**

$$SH = \frac{A}{B + S - C}$$

- **Condición S.S.S.**

$$SSS = \frac{S}{B + S - C}$$

- **Densidad relativa aparente**

$$\gamma = \frac{A}{B + A - C}$$

- **Porcentaje de absorción**

$$\%abs = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

A: masa de la muestra secada al horno (g)

B: masa del picnómetro lleno con agua hasta el nivel de calibración (g)

C: masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta el nivel de calibración (g)

S: masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)

2.7.6. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los agregados se determina colocando la muestra de agregado fino o grueso en estado natural al horno y así obtener su porcentaje de humedad, es decir, es la cantidad de agua superficial y contenida en los poros que tiende a evaporarse por secado en una muestra de agregado, representada en porcentaje.

El método de ensayo para determinar el contenido de humedad se establece en la norma (NTE INEN 862, 2011).

El contenido de humedad se realiza por medio de la ecuación 4.

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Ecuación 4: Contenido de humedad

Donde:

P: Contenido de humedad, (%)

W: Masa de la muestra húmeda, (g)

D: Masa de la muestra seca, (g)

2.8. Diseño de mezcla de mortero

Para determinar las condiciones de trabajabilidad de la masa endurecida, los métodos de dosificación tienen por objeto encontrar las proporciones óptimas de los diferentes componentes con características de consistencia, durabilidad, resistencia, impermeabilidad, etc.

Las dosificaciones mal establecidas tienen como resultados negativos. Existen varios métodos para determinar la correcta dosificación de los componentes del hormigón, tales como, el American Concrete Institute (ACI), el método inglés, el método Fuller, la dosificación por la fórmula de Bolomey, la densidad óptima, entre otros (Maldonado, Santamaria, Garzon, & Quishpe, 2012).

En nuestro medio, se dosifican los morteros en base al volumen, esto se debe a los sistemas rudimentarios de producción en obra y a volúmenes de mezcla que se emplean diariamente, sin embargo, en obras de gran tamaño, esto es un error, ya que es antitético y antieconómico porque no se consideran factores de humedad ni un control correcto de materiales.

Por esta razón, el diseño escogido se basa en el libro (Sánchez de Guzmán, 1993), el cual selecciona las proporciones adecuadas para el mortero, brindando una adecuada relación económica para obtener adecuadas propiedades finales.

2.8.1. Procedimiento del diseño

- **Relación agua/cemento**

De acuerdo a la teoría revisada para el diseño de morteros, la relación agua/cemento escogido inicial se someterá a ensayos prácticos para analizar su eficiencia, esto debido a que el proyecto es experimental se busca una resistencia de 180 kg/cm².

- **Densidad del cemento**

La densidad del cemento escogido, se obtuvo gracias al documento de características y propiedades que poseía el local del producto.

- **Proporción**

La proporción escogida para el diseño, de acuerdo a la bibliografía revisada, y una de las más utilizadas en nuestro medio, es para impermeabilizaciones menores o pisos.

- **Cantidad de cemento**

$$Cemento = \frac{1}{\frac{1}{dc} + \frac{1}{ds} + ac}$$

Ecuación 5: Cantidad de cemento

Donde:

dc: Densidad del cemento

ds: densidad relativa

ac: relación agua/cemento

- **Cantidad de agua**

$$Agua = ac * C$$

Ecuación 6: Cantidad de agua

Donde:

ac: relación agua/cemento

C: Cantidad de cemento

- **Cantidad de arena (cuarzo)**

$$Arena = n * C$$

Ecuación 7: Cantidad de arena (cuarzo)

Donde:

n: proporción escogida

C: cantidad de cemento

- **Corrección por humedad**

$$Correccion = masa\ utilizada * \frac{CA - CH}{100}$$

Ecuación 8: Corrección por humedad

Donde:

CA: capacidad de absorción

CH: Contenido de humedad

- **Dosificación del aditivo SikaTop 77**

Para la adición del aditivo a la mezcla se toma como base la dosificación recomendada por el fabricante, la cual es 0,6 kg por cada m² hasta 5 cm de espesor, por lo tanto, se transforma a

volumen para así poderlo añadir, por lo tanto, para 1 cm de espesor y 1 m² de sección, el volumen para la dosificación será de 0,6 kg para 0.01 m³ de mortero.

$$Aditivo = 0,6 * \frac{Vol}{0.01m^3}$$

Ecuación 9: Dosificación de aditivo

Donde:

Vol: es el volumen de mezcla a utilizar

- **Dosificación de las fibras de polipropileno**

Tomando como referencia la investigación realizada por (Linares-Durand Jhosmer, 2021) y la norma (544.1R-96, 2009), las cuales recomiendan una adición del 0.1 al 14 % en relación al peso del cemento a utilizar en el mortero, se decidió realizar dosificaciones con 1.5, 3, 6 y 9 % de fibra, para así definir cómo influye en la resistencia, ya que, no se utiliza como material principal para el paso de luz.

$$Fibra = C * \%F$$

Ecuación 10: Dosificación de fibras

Donde:

C: cantidad de cemento

%F: porcentaje de fibras a utilizar

- **Adición de vidrio**

El vidrio utilizado es de 4 milímetros de espesor, por lo tanto, la sección requerida para la placa es de 2 x 4 cm, de acuerdo a la sección de la placa, se utilizaron 60 cortes de vidrio para la placa.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Metodología

El presente trabajo investigativo pretende diseñar mortero con fibra de polipropileno, cemento blanco, cuarzo, aditivo y vidrio de tal manera que permita el paso de luz, evaluar las propiedades mecánicas del mismo buscando la mejor dosificación para la elaboración de la placa. Los resultados serán evaluados por niveles y posteriormente combinarlos, analizarlos de forma unifica para obtener las conclusiones y recomendaciones adecuadas.

3.2.Método de la investigación

3.2.1. Método analítico-exploratorio

El presente trabajo de investigación se basa en la manipulación de fibra de polipropileno en cuatro porcentajes diferentes (1.5%, 3%, 6%, 9%) para una dosificación en peso, además variar la relación agua/cemento y el módulo de finura del agregado para posteriormente evaluar las propiedades mecánicas del mortero (ensayo a flexión, compresión y desgarre).

Realizando dos muestras de mortero para cada variable considerada, encontrando la mejor dosificación que alcance la resistencia a compresión deseada, y posteriormente utilizar la misma mezcla para el ensayo a flexión y desgarre.

3.3.Tipo de investigación

- **Investigación experimental:** Es necesario conocer las propiedades físico-mecánicas del mortero para finalmente desarrollar una placa que permita el paso de luz, de esta manera,

interpretar y actuar frente a una problemática. El proyecto se basa en fuentes teóricas ya que el área de estudio tiene propósitos prácticos en un tema determinado.

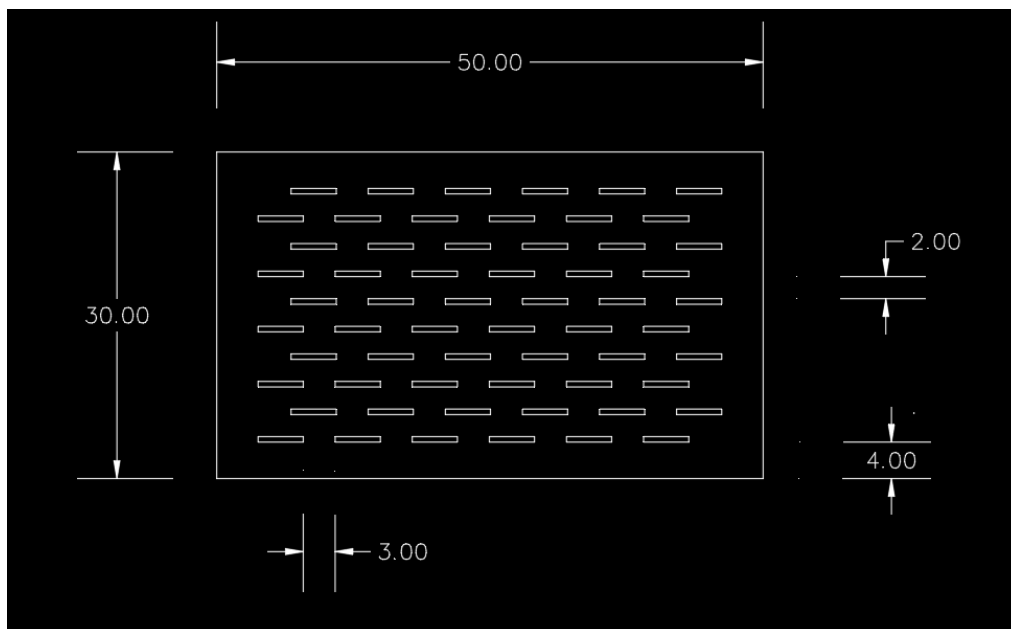
- **Investigación observacional:** Observar el comportamiento mecánico del mortero de acuerdo a la variación de fibra, de esta manera escoger el más óptimo para el desarrollo de la placa con el uso de vidrio para el paso de luz y con una adecuada resistencia.

3.4. Delimitación

La fase experimental del proyecto investigativo se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca en los meses de julio a octubre del 2022. De igual manera, el para el paso de luz se realizó mediante el uso de sensores con el Luxómetro HD450 marca Extech tanto con luz natural como artificial.

En la siguiente figura se aprecia el modelo que se siguió para la realización de la placa final para el ensayo correspondiente al paso de luz y la placa translúcida final. Es importante recalcar que los espacios dentro de la placa es vidrio y son de 4 cm y 4 mm de espesor cada uno, utilizando un total de 60 pedazos para la placa planteada.

Figura 9
Ilustración de la placa rectangular y placa obtenida final



Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnica de investigación

- **Bibliográfica:** Recopilar toda la información necesaria para una correcta fabricación y diseño de una placa de hormigón translucido en base a normas e investigaciones, nacionales como internacionales.
- **Observación:** Un análisis de visual de forma cualitativa para conocer las propiedades mecánicas del hormigón insertando las fibras de polipropileno, para posteriormente agregar secciones de vidrio para finalmente cuantificar el porcentaje de luz que pasa.

3.6. Análisis de ensayos

El analizar cada uno de los ensayos realizados, permitió sintetizar, organizar y resumir la información recopilada por medio de tablas de registro, para posteriormente determinar sus conclusiones y recomendaciones respectivas.

3.7. Variables de estudio

Entendemos por las propiedades de una variable como la muestra que se le puede medir y observar al cambiarla.

- **Variable Independiente:** Porcentajes de fibra de polipropileno, relación agua/cemento y módulo de finura.
- **Variable Dependiente:** Resistencia a flexión, desgarre y compresión.

3.8. Muestra y Población

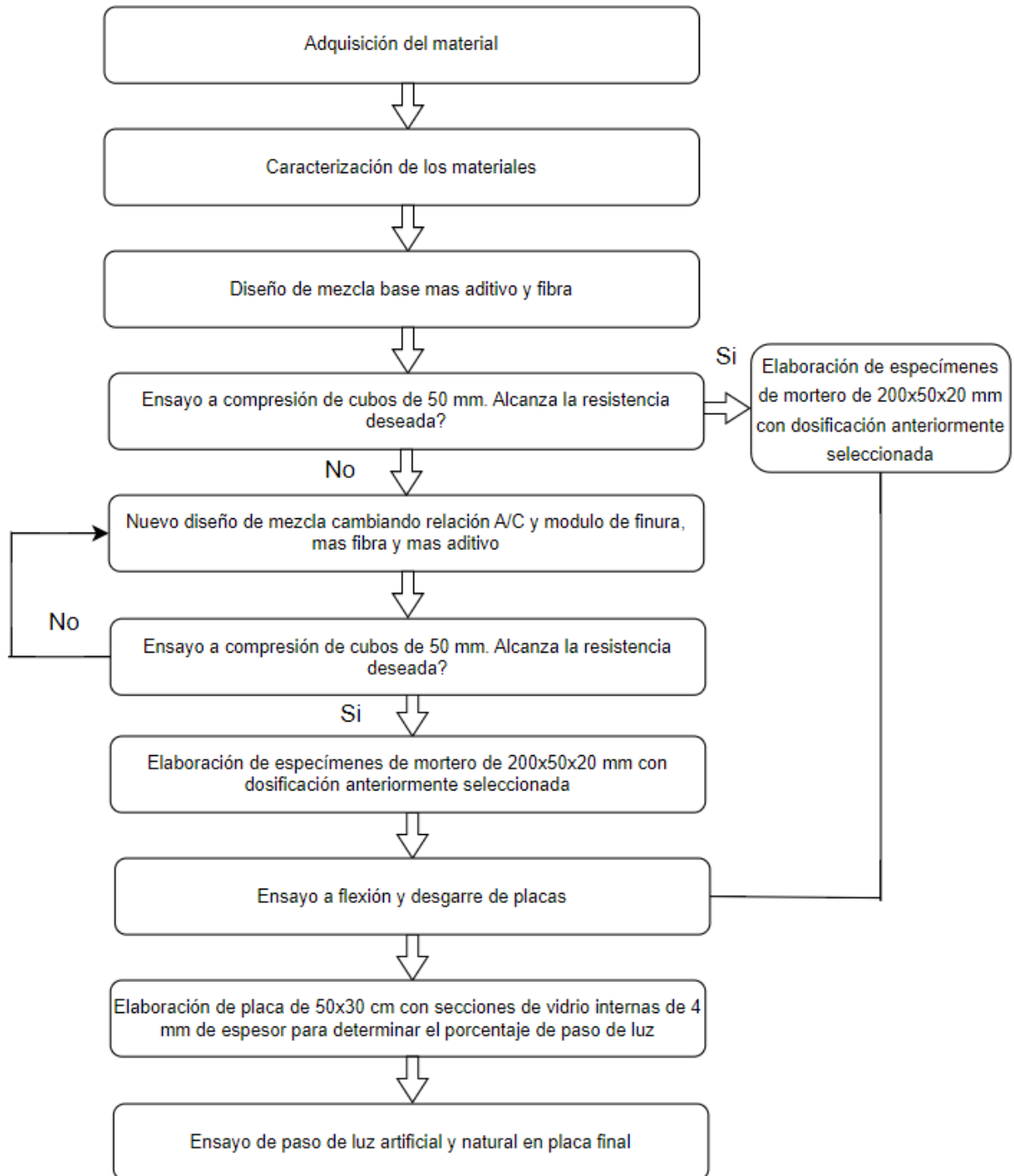
La población de estudio está conformada por la dosificación de mortero más adecuada para la elaboración de la placa. En muestras de mortero de 50x50x50 mm para determinar la resistencia a compresión y en muestras de 200x50x20 mm para determinar la resistencia a flexión y desgarre al finalizar los ensayos a los 7, 14 y 28 días, de los cuales, 27 especímenes fueron para el ensayo a compresión, 3 para el ensayo a flexión y 2 para el ensayo a desgarre.

3.9. Metodología para el análisis de la información recopilada

La investigación es cuantitativa, por lo tanto, se utilizó una estadística descriptiva para entender mejor los datos recolectados de cada uno de los ensayos realizados. Partiendo de las muestras ensayadas, la información será procesada para lo cual se utilizará el programa EXCEL y posteriormente interpretar los resultados en tablas, cuadros, graficas, formulas, entre otros.

3.10. Procedimiento.

Figura 10
Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia.

3.11. Materiales y equipos para la investigación

Para llevar a cabo la dosificación y permitir el paso de luz, se buscó materiales que posean dichas propiedades y que se encuentren dentro de nuestro medio, los mismos son los siguientes:

- Cemento blanco, Huascarán
- Agregado fino, Cuarzo
- Fibra de polipropileno, SikaFiber
- Vidrio
- Aditivo, SikaTop 77
- Agua potable

Figura 11
Saco de cemento Huascarán



Fuente: Recuperado de <https://fcontreras.company.site/CEMENTO-BLANCO-HUASCARAN-X-50-KILOS-p202794429>

Figura 12

Vidrios de sección requerida para placa



Fuente: Foto tomada por el autor.

Figura 13

Saco de fibras de polipropileno SikaFiber



Fuente: Recuperado de (Sika Ecuador, 2019)

Figura 14

Arena de cuarzo a utilizar



Fuente: Tomada por el autor

Figura 15

SikaTop 77



Fuente: Tomada por el autor

Para realizar los ensayos pertinentes se utilizarán los siguientes materiales del laboratorio de la universidad, de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción.

- Bandejas
- Tamizadora
- Horno
- Pala
- Balanza
- Moldes para especímenes de 50 x 50 mm
- Prensa para ensayo con hormigones
- Espátulas

3.12. Proceso de elaboración del mortero

Al haber obtenido los materiales necesarios, se procedió a realizar los ensayos necesarios para conocer sus constantes físicas, tales como: análisis granulométrico bajo la norma NTE INEN 696, densidad, densidad relativa y absorción del árido fino bajo la norma NTE INEN 856, para de esta manera obtener un diseño adecuado para lograr la mayor resistencia posible para morteros de cemento portland según el diseño descrito en el libro Tecnología del Concreto y del Mortero (Sánchez de Guzmán, 1993).

3.12.1. Ensayo granulométrico del agregado

Es importante llevar a cabo el ensayo granulométrico del agregado que se utilizara en la mezcla de hormigón, esto influye directamente en su dosificación, trabajabilidad, durabilidad, porosidad, humedad y economía.

Un módulo de finura alto requiere una menor cantidad de agua, disminuyendo así el contenido de cemento, mientras que los bajos requieren mayor cantidad de agua para lograr una misma consistencia, generando morteros porosos y frágiles (Sánchez, 1993). La muestra fue lavada y secada al horno para posteriormente tamizarla. El quipo a utilizar en este ensayo fue:

- **Balanza:** Para agregado fino con una precisión de 0.1 gramos.
- **Tamices:** Colocados de forma que se evite las pérdidas del agregado para cumplir con la granulometría de acuerdo a la norma (NTE INEN 154, 2009).
- **Tamizadora mecánica:** Una maquina la cual hace que las partículas reboten de arriba abajo en un tiempo determinado.
- **Horno:** Un equipo con la capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se colocan los tamices en el siguiente orden: 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No.100 y fondo, se procede a tamizar mecánicamente, de esta manera el material pasa y se retiene por los diferentes tamices.

Figura 16
Análisis granulométrico de los agregados



Fuente: Tomada por el autor

Una vez tamizado el material, con un cepillo de acero se limpia cada tamiz para posteriormente pesar el material retenido en cada uno.

3.12.2. Ensayo para obtener el porcentaje de humedad de la muestra

Para obtener el porcentaje de humedad del agregado, se tomaron tres muestras diferentes, las mismas que serán pesadas tal como lleguen del lugar adquirido y posteriormente ingresadas en el horno y dejándolas por 24 horas, de esta manera determinar el porcentaje de humedad que posee la mismas. El equipo a utilizar fue el siguiente:

- **Balanza:** Para agregado fino con una precisión de 0.1 gramos.

- **Horno:** Un equipo con la capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 17
Muestras para el ensayo del porcentaje de humedad



Fuente: Tomada por el autor

3.12.3. Ensayo para obtener el peso específico del cuarzo

Mediante el picnómetro se determinó el peso específico de la arena, a continuación, se describe el equipo a utilizar y el procedimiento a realizar.

- **Balanza:** Para agregado fino con una precisión de 0.1 gramos.
- **Picnómetro:** Un matraz con marcas legibles de $500\text{ ml} \pm 0.25\text{ ml}$
- **Molde y compactador:** Un envase metálico tipo cónico truncado de 90 mm de diámetro inferior, de 40 mm de diámetro superior, de 75 mm de altura y de 0.8 mm de espesor. El compactador con un diámetro de 25 mm y un peso de 340 g.
- **Horno:** Un equipo con la capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- Se pesan 200 gramos de arena, uno para el ensayo con el picnómetro y otro se coloca en el horno, con un embudo se introduce la arena y agua en tres partes iguales hasta la línea azul que indica el equipo en el cuello. En cada etapa de aumento de agua se mueve el picnómetro de forma que no queden aire.
- Posteriormente se determina el peso total del picnómetro, agua y muestra.
- Se retiran el material y se limpia el picnómetro, se llena de agua en tres partes iguales movimiento el mismo como se hizo anteriormente para obtener el peso del matraz y agua.
- Para conocer la absorción, al haber pasado 24 horas, obtener el peso de la muestra dejada en el horno en estado saturado superficialmente seco (S.S.S.).

Figura 18
Ensayo del peso específico del agregado



Fuente: Tomada por el autor

3.12.4. Dosificación para los ensayos a compresión del mortero

Se utilizó el programa PTC Mathcad Prime 7 como hoja de cálculo para realizar los diseños de dosificación tomando como guía el procedimiento de mezcla descrito en el libro Tecnología del Concreto y del Mortero por (Sánchez de Guzmán, 1993).

Posteriormente se procede a elaborar especímenes de ensayos en moldes normalizados para el presente ensayo de 50 mm de arista de acuerdo a la norma NTE INEN 488.

Figura 19
Moldes para los especímenes 50 x 50 mm



Fuente: Tomada por el autor

Se tuvieron tres consideraciones para llegar a la resistencia deseada de 180 kg/cm², la primera fue variar el porcentaje en peso de las fibras de polipropileno, en relación al peso del cemento a usar, siendo esto el 3%, 6% y 9%, usando la relación agua/cemento recomendado en el libro (Sánchez de Guzmán, 1993) de 0.72, con el agregado de módulo de finura de 2.17 y el aditivo según la dosificación recomendada por el fabricante. (Ver Anexo No. 1).

Figura 20

Especímenes realizados con la primera dosificación a/c: 0.72



Fuente: Tomada por el autor

La segunda fue disminuir la relación agua/cemento a 0.3 y utilizar únicamente el 3% de fibra de polipropileno en relación al peso del cemento, utilizar el agregado fino de módulo de finura 2.17 y el aditivo según la dosificación recomendada por el fabricante. (Ver Anexo No. 2).

Figura 21

Espécimen realización con la segunda dosificación a/c: 0.3



Fuente: Tomada por el autor

La tercera fue aumentar la relación agua/cemento a 0.4 y disminuir el porcentaje de fibra de polipropileno utilizada en relación al peso del cemento a 1.5%, utilizar el agregado fino con módulo de finura de 4.02 y el aditivo según la dosificación recomendada por el fabricante. (Ver Anexo No. 3).

Figura 22

Espécimen realización con la tercera dosificación a/c: 0.4



Fuente: Tomada por el autor

3.12.4.1. Especificaciones

Las especificaciones a seguir están determinadas según la norma (NTE INEN 488, 2009), para morteros en cubos de 50 mm de arista.

La normativa NTE INEN 488, explica que los cubos de ensayo de 50 mm de arista deben ser compactados por un apisonado en dos capas, dejarlos a curar un día en el molde y posteriormente desencofrarlos y sumergirlos en agua hasta la fecha de ensayo con carga progresiva a compresión y así conocer la resistencia máxima admisible del mismo.

3.12.4.2. *Equipo y procedimiento*

- **Balanza:** Debe contar una precisión de 0.1 gramos.
- **Probeta:** Una probeta de vidrio con la capacidad suficiente para medir agua con una precisión de $\pm 2 \text{ cm}^3$.
- **Moldes para especímenes:** Moldes cúbicos de 50 mm con ajuste perfecto de máximo 3 compartimentos.
- **Bandeja:** Una bandeja de tamaño adecuado de acuerdo al material a utilizar para la respectiva mezcla de los agregados.
- **Vailejo:** Se utiliza para lograr una mezcla homogénea entre los materiales a utilizar.
- **Espátula:** Una hoja de acero de 100 a 150 mm de largo con bordes rectos.
- **Máquina de ensayo:** La máquina para el ensayo puede ser hidráulica o de tronillo, con una abertura suficiente entre apoyos y la carga aplicada debe iniciarse con una precisión de $\pm 1.0\%$.

El procedimiento para el ensayo es el siguiente de acuerdo a la norma (NTE INEN 155, 2009):

- Se cubren todas las caras de los moldes con una capa delgada de un agente desencofrante y retirar cualquier exceso de ser el caso.
- En la bandeja que se va a utilizar para el amasado del mortero colocamos el cemento junto al agregado y mezclarlos uniformemente.
- En un recipiente mezclar el agua y aditivo a utilizar, posteriormente añadir poco a poco dicha mezcla al cemento y arena mezclados anteriormente.

- Finalmente, según las recomendaciones del fabricante, se añade la fibra de polipropileno poco a poco a la mezcla que se logró anteriormente de manera que la fibra no forme grumos en la pasta.

3.12.4.3. Cálculos de los resultados a compresión

La resistencia a la compresión está dada por la carga aplicada máxima en la superficie total de la cara que se encuentra en contacto con uno de los lados del espécimen.

3.12.5. Dosificación los ensayos a flexión y desgarre en placas de mortero

El ensayo a flexión se realiza para conocer la deformación y la resistencia que posee un material ejerciendo una carga puntual en el centro del espécimen a analizar. Para el mismo se utilizaron 3 placas utilizando la dosificación recomendada en el punto anterior (Ver Anexo No. 4).

El ensayo a desgarre consiste en conocer la carga máxima que puede resistir la placa a una distancia determinada del extremo de la misma, esto se realiza siguiendo los objetivos del proyecto investigativo, y al ser un método constructivo arquitectónico para fachadas y no un elemento estructural, la forma en la que se va a colocar es usando el estilo denominado Steel Framing.

Se simula la unión de la placa de hormigón translucido a un perfil de acero galvanizado en estilo Steel Framing (SF), a una distancia determinada del extremo de la misma, utilizando un clavo de acero que la atreviese para posteriormente aplicar una carga en dicho clavo, aumentando el peso de manera constante para conocer cuál es la máxima que resiste.

Además, moldes de 50 x 200 mm de madera para el ensayo a flexión y el ensayo a desgarre, con un espesor de 20 mm simulando el espesor de la placa final a realizar del mortero amasado

(NTE INEN 488, 2009) y consecutivamente someterlos a los ensayos respectivos bajo la norma ASTM C293 (ASTM C293, 2016) para avanzar dentro de los objetivos específicos.

Figura 23
Moldes de madera de 200 x 50 mm, e = 20 mm



Fuente: Tomada por el autor

La dosificación para el ensayo a flexión y desgarre se llevó a cabo utilizando el programa PTC Mathcad Prime 7 como hoja de cálculo, siguiendo el diseño elegido al haber obtenido los resultados del ensayo a compresión.

3.12.5.1. *Equipo y procedimiento*

- **Balanza:** Debe contar una precisión de 0.1 gramos y 0.5 gramos.

- **Probeta:** Una probeta de vidrio con la capacidad suficiente para medir agua con una precisión de $\pm 2 \text{ cm}^3$.
- **Moldes de madera para especímenes:** Moldes realizados de madera y tornillo para un fácil desencofrado con las medidas especificadas para los ensayos.
- **Bandeja:** Una bandeja de tamaño adecuado de acuerdo al material a utilizar para la respectiva mezcla de los agregados.
- **Vailejo:** Se utiliza para lograr una mezcla homogénea entre los materiales a utilizar.
- **Espátula:** Una hoja de acero de 100 a 150 mm de largo con bordes rectos.
- **Máquina de ensayo:** La máquina para el ensayo puede ser hidráulica o de tronillo, con una abertura suficiente entre apoyos y la carga aplicada debe iniciarse con una precisión de $\pm 1.0\%$.
- **Clavo de acero:** Un clavo de acero de mayor dimensión que el espesor de la placa
- **Alambre de amarre:** Uno de los extremos atado al clavo una vez este dentro de la placa
- **Balde:** Se recomienda que sea de metal para resistir el peso que se añadirá

El procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- Se cubren todas las caras de los moldes con una capa delgada de un agente desencofrante y retirar cualquier exceso de ser el caso.
- En la bandeja que se va a utilizar para el amasado del mortero colocamos el cemento junto al agregado y mezclarlos uniformemente.
- En un recipiente mezclar el agua y aditivo a utilizar, posteriormente añadir poco a poco dicha mezcla al cemento y arena mezclados anteriormente.

- Finalmente, según las recomendaciones del fabricante, se añade la fibra de polipropileno poco a poco a la mezcla que se logró anteriormente de manera que la fibra no forme grumos en la pasta.

3.12.5.2. Cálculos para obtener los resultados a flexión

El ensayo nos permite evaluar la resistencia a la flexión de un material ejerciendo una carga en el centro del elemento a analizar, para la cual el resultado del módulo de rotura o resistencia a la flexión se obtiene mediante la siguiente fórmula:

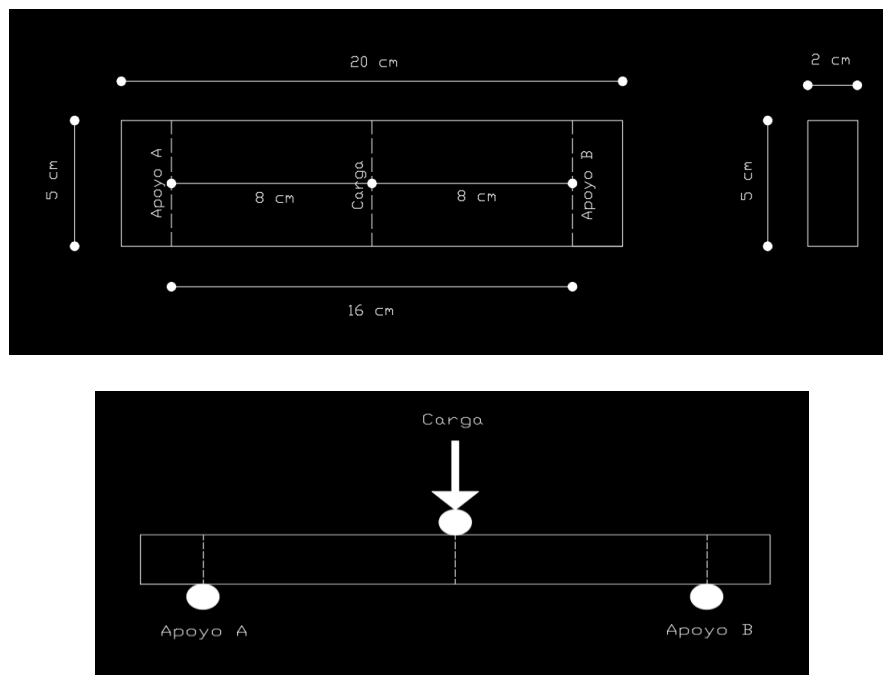
$$MR = \left(\frac{3 * P * L}{2 * b * d^2} \right)$$

Donde:

- P: Carga máxima soportada
- L: Luz entre apoyos
- b: ancho de la muestra
- d: espesor de la muestra

Para realizar el ensayo a flexión se siguió el esquema presentado en la figura:

Figura 24
Esquema de la placa. Vista frontal y en planta



Fuente: Elaboración propia mediante el programa AutoCAD.

De esta manera se acomodaron las placas para realizar el ensayo respectivo a flexión en cada una de las muestras, tal como muestra la siguiente figura.

Figura 25
Ensayo a flexión, ubicación de la placa

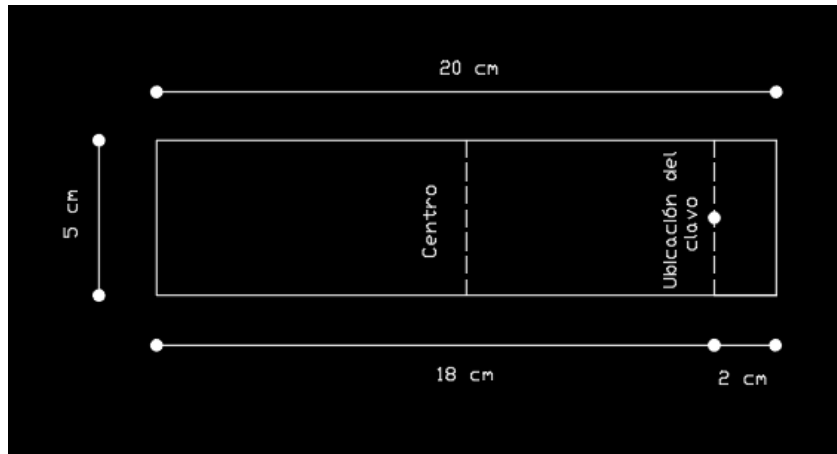


Fuente: Tomada por el autor

3.12.5.3. *Cálculos para obtener los resultados a desgarre*

Para llevar a cabo el ensayo a desgarre, se utilizó un clavo de acero de manera que este traspase el espesor de la placa, siendo este de 2" de longitud, a este se le amarro un extremo de alambre de amarre y el otro al balde de metal para posteriormente cargarlo hasta que le placa falle.

Figura 26
Esquema de la placa. Vista en planta



Fuente: Elaboración propia mediante el programa AutoCAD.

El clavo se colocó a 2 cm del extremo de la placa, simulando la unión de la placa de hormigón translucido a los perfiles de acero en estilo SF. Se hace a dos centímetros por que es la distancia media entre el extremo de la placa y el inicio de las retículas de vidrio.

Figura 27
Ensayo a desgarre



Fuente: Tomada por el autor

En la siguiente figura se pueden apreciar las placas obtenidas a los 28 días para realizar los respectivos ensayos a flexión y desgarre de las mismas.

Figura 28
Placas de 20x5cm



Fuente: Tomada por el autor

3.12.6. Elaboración de la placa translúcida

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos anteriores, se procedió a desarrollar la mezcla para elaborar la placa de hormigón translucido, teniendo en cuenta la dosificación escogida, con el uso de la hoja de cálculo (Mathcad Prime 7, Anexo 4), se determinaron las cantidades necesarias de cada uno de los materiales para la mezcla adecuada de los mismos.

Figura 29
Moldes de madera de 200 x 50 mm, e = 20 mm



Fuente: Tomada por el autor

A continuación, se describe el equipo y el procedimiento que se llevó a cabo.

3.12.6.1. *Equipo y procedimiento*

- **Balanza:** Debe contar una precisión de 0.1 gramos y 0.5 gramos.

- **Probeta:** Una probeta de vidrio con la capacidad suficiente para medir agua con una precisión de $\pm 2 \text{ cm}^3$.
- **Moldes de madera:** Molde de madera de 50 x 30 cm y 2 cm de espesor
- **Bandeja:** Una bandeja de tamaño adecuado de acuerdo al material a utilizar para la respectiva mezcla de los agregados.
- **Vailejo:** Se utiliza para lograr una mezcla homogénea entre los materiales a utilizar.
- **Espátula:** Una hoja de acero de 100 a 150 mm de largo con bordes rectos.
- **Vidrio:** Placa de vidrio que servirá como base de la placa de mortero, de 60 x 40 cm de sección y 6 mm de espesor.
- **Cemento de contacto:** Se utilizo el cemento de contacto para pegar los retazos de vidrio de 4 x 2 cm a una distancia determinada
- **Molde:** Molde de MDF cortado a laser con las distancias respectivas para el pegado adecuado de los retazos de vidrio
- **Retazos de vidrio:** Se utilizaron 60 retazos de vidrio, debidamente cortados con sección 4 x 2 cm

El procedimiento para la elaboración de la placa es la siguiente:

- Se cubren todas las caras de los moldes con una capa delgada de un agente desencofrante y retirar cualquier exceso de ser el caso.
- Con la ayuda del molde de MDF pegar cada uno de los retazos de vidrio con ayuda del cemento de contacto sobre la placa de vidrio, dejarlos secar un día para que al añadir el mortero estos no se muevan de su lugar.

- En la bandeja que se va a utilizar para el amasado del mortero colocamos el cemento junto al agregado y mezclamos uniformemente.
- En un recipiente mezclar el agua y aditivo a utilizar, posteriormente añadir poco a poco dicha mezcla al cemento y arena mezclados anteriormente.
- Finalmente, se añade la fibra de polipropileno poco a poco a la mezcla que se logró anteriormente de manera que la fibra no forme grumos en la pasta.
- Al colocar el mortero en la placa, es importante distribuir la mezcla de manera uniforme y varillar con cuidado dos veces de manera que el agregado y las fibras ocupen todo el volumen de la placa sin dejar espacios vacíos.
- Al haber pasado 24 horas es importante limpiar o pulir de manera cuidadosa de manera que las dos caras de vidrio queden limpias para que pueda pasar la luz

Figura 30

Pegado de retículas de vidrio sobre base de vidrio



Figura 31

Molde de MDF para el pegado de retículas de vidrio



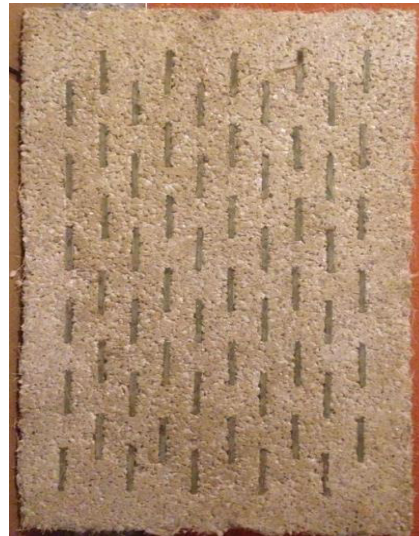
Figura 32

Agregado de mezcla en molde de placa



Figura 33

Placa pulida a los 28 días



Fuente: Tomada por el autor

Es importante tener en cuenta que lo que da translucidez a la placa son las secciones de vidrio de 4 cm por 4 mm de espesor colocadas a una distancia determinada, tal como se describe en el apartado anterior.

La distribución de las retículas de vidrio se consideró con las medidas antes mencionadas de manera que se pueda trabajar con la mezcla y la distribución de la misma de forma homogénea y manejable al momento de aplicar la pasta sobre el molde de la placa, así evitando posibles grumos de la mezcla o una mala distribución de la fibra.

3.12.7. Ensayo de absorción de agua

Para este ensayo, se utiliza la placa final de 50 x 30 cm, es decir ya con la incorporación de vidrio. Esto nos ayuda a encontrar el grado de absorción que tiene la placa translúcida, esto se realiza de manera natural, es decir, sin ninguna capa especial impermeabilizante.

3.12.7.1. *Equipo y procedimiento*

- **Balanza:** Debe contar una precisión de 0.1 gramos y 0.5 gramos.
- **Tanque de agua:** Un tanque o recipiente de agua lo suficientemente grande de manera que cubra toda la placa.
- **Horno:** Un equipo con la capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El procedimiento para el ensayo es el siguiente:

- La muestra se la debe dejar sumergida en agua por al menos 24 horas.
- Secar el exceso de agua con un trapo o toalla seca y se procede a pesarla
- Posteriormente, se deja la placa a secar en el horno por tiempo no menor a 24 horas para determinar nuevamente la masa

De esta manera podemos apreciar en las siguientes figuras los respectivos especímenes para cada uno de los ensayos realizados. En la siguiente figura se pueden apreciar los modelos de mortero obtenidos.

3.12.8. Ensayo del paso de luz

Para este ensayo, se utiliza la placa final de 50 x 30 cm, es decir ya con la incorporación de vidrio. Es importante obtener la sección de vidrio total que será la que permita el paso de luz a través de la placa.

3.12.8.1. *Equipo y procedimiento*

- **Luxómetro:** El luxómetro a utilizar es el HD450 marca Extech
- **Laptop:** Para recopilar y revisar datos dentro de un terminado determinado

Se tomaron medidas de luz natural y artificial para obtener los resultados del paso de luz, este procedimiento es el siguiente:

- El ensayo se realizó en un día soleado, después del mediodía alrededor de las 3:00 p.m.
- Se colocaron soportes en los extremos de la placa de manera que no interfiera en la medición del paso de luz
- Se tomaron dos medidas, una de ellas es sobre la placa para conocer la cantidad de luz que llega directamente a la misma en un periodo de 10 minutos, y otra debajo de la placa a una distancia aproximada de 20 cm, de igual forma se dejó por 10 minutos para obtener la cantidad de luz que pasa.
- Es importante tomar en cuenta que la placa se debe dejar sola, es decir, sin que nadie interfiera o este cerca de la misma durante la medición.
- Posteriormente se trasladó la placa a un cuarto oscuro dentro del laboratorio, se utilizó un trípode tanto para la placa como para para el luxómetro, de manera que se mantengan en una posición adecuada durante la medición sin la intervención de nadie en el cuarto.

- Al igual que se realizó con luz natural, se siguió el mismo procedimiento para luz artificial, el luxómetro se colocó esta vez sin la placa durante 10 minutos y posteriormente a 20 cm detrás de la placa para obtener la medida del paso de luz.

3.12.8.2. Cálculos necesarios para el ensayo de paso de luz

Es importante tener en cuenta los datos iniciales para el ensayo, en el cual se aprecian las dimensiones de la placa, el área de cada vidrio y la sumatoria total de ellos, de igual forma el porcentaje de área que ocupan dentro de la placa para el paso de luz, utilizando la dosificación con a/c: 0.4, agregado fino con módulo de finura 4.02, fibra de polipropileno en 1.5 % y aditivo según la dosificación recomendada por el fabricante.

En la siguiente tabla se presentan los datos necesarios para el ensayo de paso de luz.

Tabla 7
Datos iniciales para el ensayo de translucidez

Placa	Vidrio				Placa			Porcentaje de vidrio en la placa (%)
	a (mm)	b (mm)	#	S.V. (cm ²)	A (mm)	B (mm)	S.P (cm ²)	
1	40	4	60	96	500	300	1500	6,4

Donde:

- a: ancho del vidrio
- b: espesor del vidrio
- #: cantidad de vidrio utilizado en la placa
- S.V.: sección total de los vidrios utilizados

- A: ancho de la placa
- B: largo de la placa
- S.P.: sección de la placa

3.12.8.3. *Transmitancia óptica*

La propiedad óptica es la característica que describe el comportamiento de un material frente a radiaciones electromagnéticas, cuyas longitudes de onda se encuentran entre 400 y 700 nm. Siendo esta detectada por el ojo humano y constituye lo que se conoce como luz o radiación luminosa.

La transmisión óptica es la fracción de luz incidente en relación a una longitud de onda específica que pasa a través de una muestra, cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo translucido, una parte de dicha luz es absorbida por este y otra fracción de ese haz atraviesa la muestra, según su transmitancia (Buchelli, 2020).

Actualmente no se cuenta con ninguna normativa nacional o internacional específica para el ensayo de translucidez o transmitancia óptica.

En la siguiente figura se puede apreciar el equipo que se utilizó para realizar el ensayo de paso de luz.

Figura 34
Equipo a utilizar Luxómetro HD450



Fuente: Tomada por el autor

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS

4.1. Hormigón translucido

4.1.1. Densidad del cemento

Para obtener la densidad del cemento a utilizar en la mezcla, se utilizó las propiedades descritas en la hoja técnica por parte de la ferretería. De acuerdo a la ficha técnica, la densidad del concreto blanco es de 3.12 g/cc.

4.1.2. Resultados del ensayo granulométrico

Se realizaron dos granulometrías con dos diferentes módulos de finura para así determinar cuál de ellas es mejor para la dosificación del mortero. En la tabla 7 y 8 se aprecian los resultados de los dos ensayos de granulometría.

Debido a que es un proyecto investigativo, no se utiliza arena estándar especificada por la norma ASTM, por lo tanto, no es necesario que se encuentre dentro de los límites granulométricos.

Tabla 8
Granulometría del agregado, módulo de finura alto (cuarzo)

Granulometría Agregado Fino - Arena de Cuarzo						
Tamiz		Material retenido		% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa Acum.
in	mm	Ret. (g)	Acum. (g)			
3/8"	9,5	0	0	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	0	0	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,36	288,8	288,8	57,76	57,76	42,24
No. 16	1,18	83,6	372,4	16,72	74,48	25,52
No. 30	0,6	45	417,4	9,00	83,48	16,52
No. 50	0,3	33,9	451,3	6,78	90,26	9,74
No. 100	0,15	26,9	478,2	5,38	95,64	4,36
Fondo		20,7	498,9	4,14	99,78	0,22

Módulo de finura	4,02
Masa inicial (g)	500
T. Nominal Max	No. 4

Tabla 9
Granulometría del agregado, módulo de finura bajo (cuarzo)

Granulometría Agregado Fino - Arena de Cuarzo						
Tamiz		Material retenido		% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa Acum.
in	mm	Ret. (g)	Acum. (g)			
3/8"	9,5	0	0	0,00	0,00	100,00
No,4	4,75	0	0	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,36	2,5	2,5	0,50	0,50	99,50
No. 16	1,18	55,3	57,8	11,06	11,56	88,44
No. 30	0,6	191,6	249,4	38,32	49,88	50,12
No. 50	0,3	104,1	353,5	20,82	70,70	29,30
No. 100	0,15	69,2	422,7	13,84	84,54	15,46
Fondo		33	455,7	6,60	91,14	8,86

Módulo de finura	2,17
Masa Inicial	500
T. Nominal Max	No. 4

4.1.3. Resultado del porcentaje de humedad

El resultado del porcentaje de humedad del agregado se obtuvo realizando un promedio de las tras muestras realizadas, los mismos que se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 10
Porcentaje de humedad (cuarzo)

Porcentaje de humedad				
No Tarro	PT (g)	PT + MH (g)	PT + MS (g)	% Humedad
31	43	114,3	114,2	0,14
P1	69,7	184,1	184	0,09
15	67,5	171,9	171,8	0,10

Porcentaje de humedad	
%	0,11

4.1.4. Resultado del peso específico del cuarzo

Los resultados obtenidos al haber realizado el ensayo respectivo se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 11
Gravedad específica del agregado fino (cuarzo).

Procedimiento gravimétrico			
Peso inicial para el ensayo		200	g
Peso de picnómetro + agua + cuarzo	C	781,7	g
Peso del picnómetro + agua	B	657,2	g
Peso del cuarzo antes del ensayo	S	200	g
Peso del cuarzo después del ensayo	A	199,4	g

Densidad Relativa	SH	2,6411	g/cm ³
Condición S.S.S.	S.S.S.	2,6490	g/cm ³
Densidad Relativa Aparente	γ	2,6622	g/cm ³
Porcentaje de absorción	%abs	0,3009	g/cm ³

4.1.5. Resultados de los ensayos a compresión

En los siguientes enunciados se pueden apreciar los resultados obtenidos de las diferentes dosificaciones experimentación tomando en cuenta las consideraciones descritas en las dosificaciones realizadas y así determinar cuál de ellas es la más óptica de acuerdo a la resistencia buscada.

4.1.5.1. Ensayo a los 14 días con relación agua/cemento: 0.72 y módulo de finura 2.17

Tabla 12
Resultado de ensayo a compresión a los 14 días con a/c: 0.72

Resistencia a la compresión en cubos de 50 mm								
# Cubo	Días	a/c	% Fibras	Peso (g)	Área (cm ²)	Resistencia deseada (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% Resistencia obtenida
1	14	0,72	3	288,38	26,01	180	65,99	36,66
2	14	0,72	3	290,4	26,01	180	76,3	42,39
3	14	0,72	3	297,86	26,01	180	75,52	41,96
4	14	0,72	6	275,72	26,01	180	65,29	36,27
5	14	0,72	6	280,74	26,01	180	60	33,33
6	14	0,72	9	274,9	26,01	180	49,26	27,37
7	14	0,72	9	273,9	26,01	180	52,43	29,13
8	14	0,72	9	272,16	26,01	180	47,77	26,54

4.1.5.2. Ensayo a los 28 días con relación agua/cemento: 0.72 y módulo de finura 2.17

Tabla 13
Resultado de ensayo a compresión a los 28 días con a/c: 0.72

Resistencia a la compresión en cubos de 50 mm								
# Cubo	Días	a/c	% Fibras	Peso (g)	Área (cm ²)	R. deseada (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% Resistencia obtenida
1	28	0,72	3	300	26,01	180	75,74	42,08
2	28	0,72	3	297,4	26,01	180	76,51	42,51
3	28	0,72	6	283,3	26,01	180	70,36	39,09
4	28	0,72	6	284,3	26,01	180	69,59	38,66
5	28	0,72	9	273,8	26,01	180	53,83	29,91
6	28	0,72	9	271	26,01	180	56,56	31,42

Se puede apreciar que, en la primera consideración, al utilizar la relación agua/cemento de 0.72 la resistencia a la compresión no supera el 50% de la deseada, sin embargo, con el 3 % de fibra añadida, la resistencia tiende a aumentar ligeramente en comparación con el 6 y 9 % de fibra

añadida, por lo tanto, para la segunda consideración se consideró solo el 3% de fibra y se disminuyó la relación agua/cemento a 0.3.

Figura 35

Resultado del ensayo a compresión simple con la primera dosificación a/c: 0.72



Fuente: Tomada por el autor

4.1.5.3. Ensayo con 3% de fibra, con relación agua/cemento: 0.3 y módulo de finura 2.17

Tabla 14
Resultado de ensayo a compresión con 3% de fibra y con a/c: 0.3

Resistencia a la compresión en cubos de 50 mm								
# Cubo	Días	a/c	% Fibras	Peso (g)	Área (cm ²)	R. deseada (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% Resistencia obtenida
1	7	0,3	3	284,89	26,01	180	106,12	58,96
2	7	0,3	3	288,21	26,01	180	101,5	56,39
3	14	0,3	3	289,2	26,01	180	104,58	58,10
4	14	0,3	3	289,2	26,01	180	103,4	57,44
5	28	0,3	3	285,12	26,01	180	109,96	61,09
6	28	0,3	3	290,89	26,01	180	107,65	59,81

En la segunda consideración, con un porcentaje de fibra de 3% y relación agua/cemento de 0.3 aumentó la resistencia hasta un 60%. Sin embargo, durante el mezclado de la pasta, la mezcla era poco manejable, ya que al bajar la relación agua/cemento, baja la cantidad de agua y las fibras son más visibles en la superficie de los especímenes realizados, además, los resultados obtenidos tampoco satisfacen la resistencia deseada.

Figura 36

Resultado del ensayo a compresión simpe con la segunda dosificación a/c: 0.3



Fuente: Tomada por el autor

4.1.5.4. Ensayo con 1.5% de fibra, con relación agua/cemento: 0.4 y módulo de finura 4.02

Tabla 15

Resultado de ensayo a compresión con 1.5% de fibra y con a/c: 0.4

Resistencia a la compresión en cubos de 50 mm								
# Cubo	Días	a/c	% Fibras	Peso (g)	Área (cm ²)	Resistencia deseada (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)	% Resistencia obtenida
1	7	0,4	1,5	289,3	26,01	180	128,87	71,59
2	7	0,4	1,5	305,2	26,01	180	123,8	68,78
3	14	0,4	1,5	302,5	26,01	180	171,24	95,13
4	14	0,4	1,5	296,8	26,01	180	167,32	92,96
5	28	0,4	1,5	295,3	26,01	180	178,01	98,89
6	28	0,4	1,5	296,7	26,01	180	174,09	96,72

Es importante tener en cuenta que la resistencia a compresión aumenta con relación agua/cemento: 0.4 debido a que el módulo de finura del agregado aumento a 4.02 permitiendo así mejorar dicha propiedad mecánica.

De esta manera, se decidió que la dosificación óptima para la realización de la placa final y los ensayos respectivos a flexión y a desgarre, serán realizados con la tercera consideración, es decir, con una relación agua/cemento de 0.4, con el porcentaje de fibras de 1.5% en relación al peso de cemento, con un módulo de finura de 4.02 y aditivo según recomendación del fabricante. Llegando así a un 99 % de la resistencia deseada.

Figura 37

Resultado del ensayo a compresión simple con la tercera dosificación a/c: 0.4



Fuente: Tomada por el autor

Con el propósito de analizar de mejor manera los resultados se utilizaron graficas de puntos para visualizar el comportamiento con la resistencia obtenida de cada de las consideraciones mencionadas anteriormente.

Gráfico 1

Evolución de la resistencia a la compresión en especímenes con a/c: 0.72

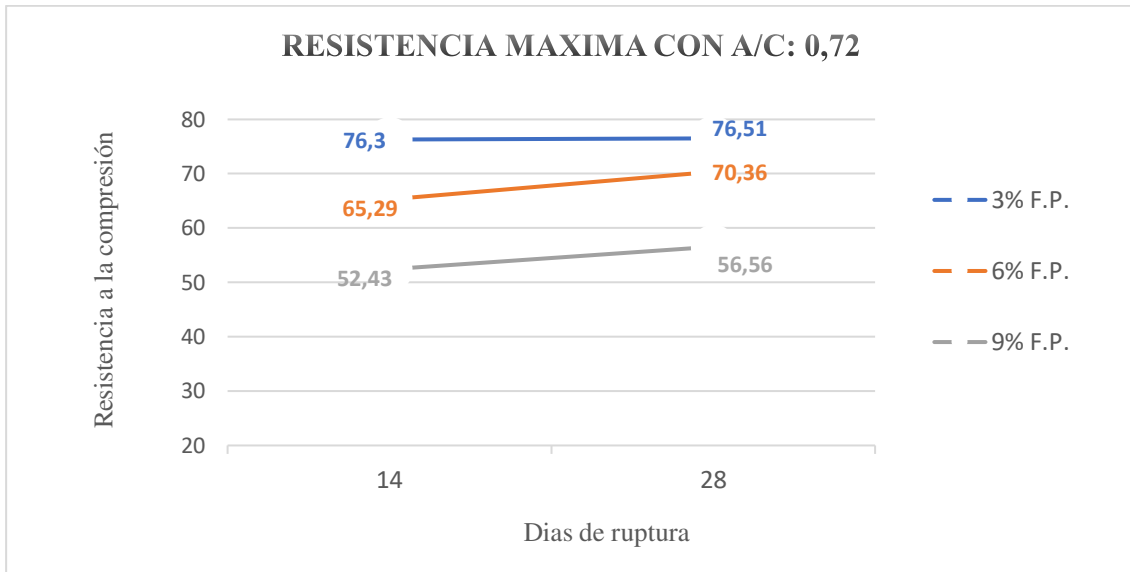


Gráfico 2

Evolución de la resistencia a la compresión en especímenes con a/c: 0.3

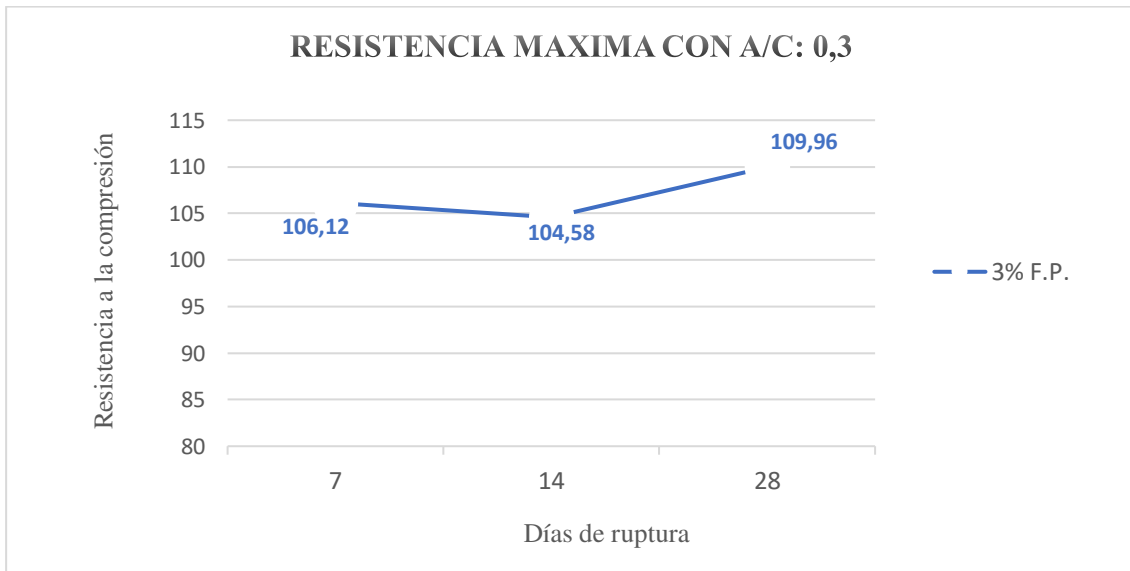
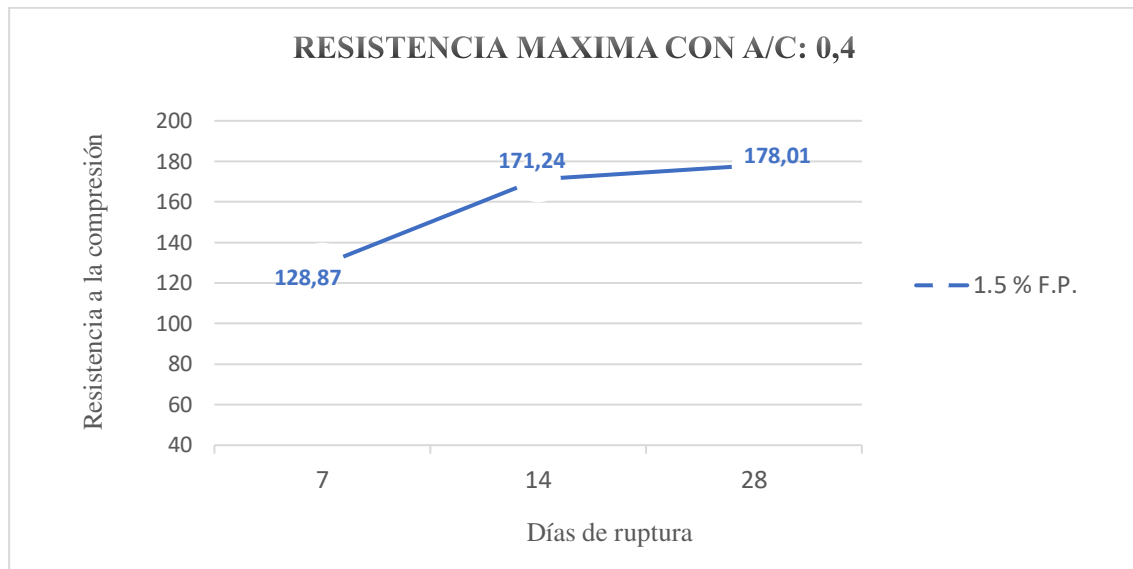


Gráfico 3

Evolución de la resistencia a la compresión en especímenes con a/c: 0.4



4.1.6. Resultados de los ensayos a flexión

De esta manera, los resultados obtenidos (Anexo 5) de cada una de las placas son los siguientes que se pueden apreciar en la tabla:

Tabla 16
Resultado de ensayo a flexión

Resistencia a la flexión en placas					
No. Placa	Días	% Fibras	Peso (lb)	Carga (lb)	MR (kg/cm ²)
1	28	1,5	447	135,89	73,96
2	28	1,5	441	115,86	63,06
3	28	1,5	450,5	145	78,92

Se pueden apreciar que uno de los resultados varía en relación a los otros por lo tanto se descarta el valor y se promedian los otros dos, siendo este de 76,44 kg/cm²

4.1.7. Resultados de los ensayos a desgarre

Como se mencionó, el ensayo se realizó con en una placa de 50 x 200 mm de sección con un espesor de 20 mm, siguiendo el siguiente esquema planteado en el capítulo 3, y los resultados obtenidos se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 17
Resultado de ensayo a desgarre

Resistencia a desgarre en placas				
No. Placa	Días	% Fibras	Peso (lb)	Fuerza (kg)
1	28	1,5	445	46,448
2	28	1,5	442	39,858

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede apreciar la resistencia al desgarre de la placa es alta considerando el ancho y espesor de la misma, tomando el promedio de los dos, siendo este de 43.15 kg.

4.1.8. Resultados del ensayo de absorción de agua

En la siguiente tabla se pueden apreciar los resultados obtenidos de la placa de hormigón translucido al haber culminado con el ensayo.

Tabla 18
Resultado de absorción de agua

Placa seca al horno	
Peso de la placa húmeda (g)	5937,5
Peso de la placa seca (g)	5660
Porcentaje de absorción (%)	4,90

La absorción de la placa obtenida es del 4.9 % por lo que se encuentra dentro del rango determinado por la norma (NTE INEN 862, 2011).

Figura 38
Peso de la placa después del ensayo



Fuente: Tomada por el autor

4.1.9. Resultados del ensayo del paso de luz

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos obtenidos por el luxómetro utilizado, el tiempo de medición de cada uno, tanto a luz natural como artificial.

Figura 39

Paso de luz natural con placa



Figura 40

Paso de luz artificial con placa



Fuente: Tomada por el autor

4.1.9.1. Resultado de translucides con luz natural

Tabla 19

Paso de luz natural sin placa

Luz natural				
Placa	Fecha	Tiempo de lectura	Luxes Sin Placa	Promedio de luxes
1	10/18/22	15:02:10	95700	91820
	10/18/22	15:04:54	89100	
	10/18/22	15:06:05	92700	
	10/18/22	15:07:25	93200	
	10/18/22	15:07:56	88400	

Tabla 20
Paso de luz natural con placa

Luz natural				
Placa	Fecha	Tiempo de lectura	Luxes Con Placa	Promedio de Luxes
1	10/18/22	14:47:25	7030	7426
	10/18/22	14:50:00	8570	
	10/18/22	14:52:25	7280	
	10/18/22	14:55:00	6780	
	10/18/22	14:57:25	7470	

Tabla 21
Porcentaje de paso de luz natural

Luz natural	
Porcentaje de paso de luz	
Promedio de luxes con placa	7426
Promedio de luxes sin placa	91820
Porcentaje de paso de luz (%)	8,088

4.1.9.2.Resultado de translucides con luz artificial

Tabla 22
Paso de luz artificial sin placa

Luz artificial				
Placa	Fecha	Tiempo de lectura	Luxes Sin Placa	Promedio de Luxes
1	10/18/22	16:16:05	36,3	36,24
	10/18/22	16:18:00	36,3	
	10/18/22	16:20:00	36,2	
	10/18/22	16:23:00	36,3	
	10/18/22	16:26:05	36,1	

Tabla 23
Paso de luz artificial con placa

Luz artificial				
Placa	Fecha	Tiempo de lectura	Luxes Con Placa	Promedio de Luxes
1	10/18/22	15:39:15	4,6	4,62
	10/18/22	15:42:25	4,6	
	10/18/22	15:45:00	4,6	
	10/18/22	15:47:25	4,6	
	10/18/22	15:48:19	4,7	

Tabla 24
Porcentaje de paso de luz artificial

Luz artificial	
Porcentaje de paso de luz	
Promedio de luxes con placa	4,62
Promedio de luxes sin placa	36,24
Porcentaje de paso de luz (%)	12,748

De esta manera, se puede apreciar que la consideración tomada para la dosificación de la placa de hormigón translucido es la adecuada de acuerdo a los resultados brindados durante los ensayos.

4.1.10. Análisis económico

Hay que tener en cuenta que, para realizar la placa de hormigón translucido, el rendimiento será mayor debido al tiempo de colocación del vidrio a las distancias correspondientes en comparación con la colocación de mampostería tradicional siendo de este su rendimiento menor,

por lo tanto, es necesario recurrir a un análisis de precios unitarios para lograr una idea más clara del proceso y el costo de cada uno de ellos.

Figura 41
Mampostería de bloque liviano e=15 cm

APU (Mampostería de bloque liviano e=15 cm):

[Ver especificaciones](#)

1. Materiales				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	0.12	8.41	1.04
Bloque liviano de 15x20x40	u	13.00	0.35	4.55
Arena	m3	0.03	11.00	0.28
Agua	m3	0.01	0.66	0.00
Total materiales				5.87
2. Mano de obra				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0.62	3.41	2.10
Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0.62	3.45	2.12
Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)	Hora	0.06	3.82	0.23
Total mano de obra				4.45
3. Equipo y maquinaria				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Andamio	Hora	0.62	0.12	0.07
			Herramientas	5.00%
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.30
4. Gastos generales y administrativos				
5. Utilidad				
6. Impuestos				
Total precio unitario				10.62

Fuente: (INSUCONS, 2022).

Figura 42
Enlucido con mortero 1:3 + impermeabilizaciones

APU (Enlucido con mortero 1:3 + impermeabilizante):

[Ver especificaciones](#)

1. Materiales				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	0.26	8.41	2.17
Arena	m3	0.03	11.00	0.29
Agua	m3	0.01	0.66	0.01
Aditivo impermeabilizante	kg	0.30	0.90	0.27
Total materiales				2.73
2. Mano de obra				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0.80	3.41	2.73
Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0.80	3.45	2.76
Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. C1)	Hora	0.10	3.82	0.38
Total mano de obra				5.87
3. Equipo y maquinaria				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Herramientas			5.00%	0.29
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.29
4. Gastos generales y administrativos				
5. Utilidad				
6. Impuestos				
Total precio unitario				8.89

Fuente: (INSUCONS, 2022).

Figura 43
Empaste exterior

APU (**Empaste exterior**):

[Ver especificaciones](#)

1. Materiales				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Resina y Empaste para exterior 20Kg	m2	0.08	19.27	1.54
Total materiales				1.54
2. Mano de obra				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0.17	3.41	0.58
Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0.33	3.45	1.14
Inspector de obra (ESTRUC. OCUP. B3)	Hora	0.03	3.83	0.11
Total mano de obra				1.83
3. Equipo y maquinaria				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
		Herramientas	5.00%	0.09
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.09
4. Gastos generales y administrativos				
5. Utilidad				
6. Impuestos				
Total precio unitario				3.47

Fuente: (INSUCONS, 2022).

Figura 44
Pintura de caucho para exterior

APU (Pintura de caucho exterior):

[Ver especificaciones](#)

1. Materiales				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Yeso	kg.	0.10	0.63	0.06
Látex Supremo int/ext	4000 cc	0.06	13.60	0.82
Lija de agua N80	u	0.10	0.39	0.04
Lija de agua N100	u	0.10	0.34	0.03
Cemento blanco Tolteca	kg	0.10	0.23	0.02
Total materiales				0.98
2. Mano de obra				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0.30	3.41	1.02
Pintor (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0.30	3.45	1.04
Total mano de obra				2.06
3. Equipo y maquinaria				
Descripcion	Unidad	Cantidad	P. unitario	SubTotal
Andamio	Hora	0.50	0.12	0.06
Herramientas			5.00%	0.10
Total equipo, maquinaria y herramientas				0.16
4. Gastos generales y administrativos				
5. Utilidad				
6. Impuestos				
Total precio unitario				3.20

Fuente: (INSUCONS, 2022).

El ejemplo de precio unitario utilizado es obtenido de Insucons, una página ecuatoriana para consultar saldos y elaboración de presupuestos, la cual proporciona costos actualizados de materiales, maquinaria y mano de obra (INSUCONS, 2022), de esta manera, al obtener los precios descritos en las figuras anteriores se puede apreciar que el costo total para lograr un acabado de mampostería para metro cuadrado es de \$ 26.18.

Tabla 25

Análisis de precio unitario para placa de hormigón translucido

Placa de hormigón translucido e=2cm para 1 m2					
Equipo y Herramientas					
Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Rendim.	Total
					0,00
			Herramienta menor 5%		0,21
				Subtotal	0,21
Mano de obra					
Descripción	cantidad	Unidad	P. Unitario	Rendim.	Total
Peón	1	Hora	3,41	0,9	3,07
Maestro de obra	1	Hora	3,82	0,09	0,34
				Subtotal	3,41
Materiales					
Descripción		Unidad	P. Unitario	Cantidad	Total
Cemento blanco Huascarán (presentación 25 kg)		Saco	23	0,47	10,81
Arena de cuarzo (presentación 100 lb)		Saco	24	0,78	18,72
Aditivo (presentación 4kg)		u	34,83	0,3	10,45
Fibra de polipropileno		kg	17	0,178	3,03
Vidrio		u	0,1	276	27,60
Agua		m3	0,66	0,004	0,003
				Subtotal	41,08
Costo total APU					44,70

Los precios obtenidos para la realización del precio unitario de la placa de hormigón translucido se obtuvieron de acuerdo al lugar en el que se adquirieron.

4.1.11. Resultado general de las características y propiedades de la placa

A continuación, se presenta una tabla resumen de las características y propiedades de la placa de hormigón translucido realizada en el presente proyecto investigativo, para así obtener una idea más clara y concisa de los resultados obtenidos.

Tabla 26
Características y propiedades de placa de hormigón translucido

Agregados	Arena de cuarzo
Cemento	Cemento blanco Huascarán
Fibra	Fibra de polipropileno de Sika
Aditivo	Aditivo SikaTop 77 de Sika
Módulo de finura del agregado	4.02
Resistencia a la compresión	178.01 kg/cm ²
Resistencia a la flexión	76.44 kg/cm ²
Resistencia al desgarre	43.15 kg
Transmisión óptica de luz natural	8.088 %
Transmisión óptica de luz artificial	12.75 %

4.2. Discusión de resultados

A continuación, se presenta una tabla de las características y propiedades de la placa de hormigón translucido realizada en el presente proyecto investigativo comparándola con el hormigón translucido de otras empresas, para así tener una mejor idea de los resultados obtenidos.

Tabla 27
Características y propiedades de placa de hormigón translucido

Descripción	Trabajo de titulación (Placas translucidas)	LiTraCon Classic	Lucon	Concreto translucido ILUM	Paneles I-Light
Componentes	Cemento blanco, cuarzo, aditivo (SiKa Top 77), fibra de polipropileno y retículas de vidrio.	Hormigón tradicional y fibras ópticas	Hormigón tradicional y fibras ópticas (mayor grosor del LiTraCon)	Cemento blanco, fibra de vidrio, sílice, pigmentos y aditivo Ilum	Mortero tradicional, resinas, fibra de acero inoxidable y pigmentos
Material para el paso de luz	Retículas de vidrio de sección 20x40mm y 4mm de espesor	Hilos de vidrio o plástico con diámetro entre 2 micras y 2mm	Fibra óptica máximo 300.000 fibras/m ² , con diámetro 0.4 a 0.7mm	Aditivo Ilum	Resinas especiales tratadas adecuadamente para evitar efectos negativos de la radiación UV y su transparencia no cambie con el tiempo
Forma	Longitud: 50cm y ancho: 30cm	Longitud máxima: 120cm, ancho máximo: 40cm, espesor: 2.5 a 20 cm	Longitud: 150cm a 200cm, ancho máximo 100cm, espesor: 2 a 3cm (se pueden fabricar piezas curvas)	La plasta se puede aplicar en grandes volúmenes y por su alta resistencia se pueden hacer bloques con espesores pequeños	Longitud máxima: 100cm, ancho máximo: 50cm, espesor: 5cm (se pueden fabricar piezas curvas)
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión: 178.01 kg/cm ²	Resistencia a la compresión: 250 a 900 kg/cm ²	Resistencia a la compresión: mayor a 1000 kg/cm ²	Resistencia a la compresión: 2500 a 4500 kg/cm ²	Resistencia a la compresión: 65 MPa

	Resistencia a la flexión: 76.44 kg/cm ² Resistencia al desgarre: 43.15 kg	Resistencia a cortante: 71 kg/cm ²	Resistencia a la flexión: mayor a 100 kg/cm ² Resistencia a las heladas, al fuego, a rayos UV altos		Resistencia a la flexión: 10 MPa Resistencia a la tracción: 65 MPa
Porcentaje de paso de luz	Luz natural: 8.08% y luz artificial 12.75%	La transmitancia luminosa depende del número de fibras agregadas	La transmitancia luminosa depende de la forma y espesor ya que se realiza bajo pedido	Permite un paso de luz aproximadamente en un 70 %	Permite un paso de luz entre 18 y 20 % con respecto al área de superficie general

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Desde un punto de vista general, se puede concluir que se obtuvo una placa de mortero translucido con un porcentaje de luz de 8.08% para luz natural y un 12.75% para luz artificial según la dosificación escogida logrando una resistencia a la compresión de 178.01 kg/cm², una resistencia a la flexión o módulo de ruptura de 76.44 kg/cm² y finalmente una resistencia al desgarre de 43.15 kg.

De acuerdo a los resultados, se pudo apreciar que el porcentaje de paso de luz para la placa de 50 x 30 cm en condiciones de luz natural es de 8.088 % y en luz artificial es de 12.748 %, siendo así una translucidez bastante óptima, de manera que reduzca significativamente el uso de energía eléctrica, reduciendo costos a la estructura y brindando acabados vistosos y amigables para fachadas externas en construcciones con espacios amplios que requieran el uso de luz.

Para encontrar la dosificación final se tomaron en cuenta tres consideraciones iniciales, variando la relación agua/cemento, la adición del aditivo según la recomendación del fabricante y los diferentes porcentajes de fibra de polipropileno para cada consideración, escogiendo la que más se ajustó a la resistencia deseada para los 28 días de 178.01 kg/cm².

El comportamiento de la fibra de polipropileno se notó significativamente, ya que, al realizar los ensayos descritos en la investigación y utilizar un porcentaje de fibra alto, este reducía la resistencia del mortero, por lo tanto, para un mejor comportamiento y lograr una mayor

resistencia a la compresión, el porcentaje de fibra optimo es de 1.5 % en relación al peso del cemento.

El cambio de módulo de finura en el agregado tuvo un importante cambio en cuanto a la resistencia a compresión simple buscada, sin embargo, su trabajabilidad no era de la deseada, y de igual forma el acabado no era el más adecuado, dejando superficies rugosas y con filos visibles.

La cantidad de fibra utilizada, junto a la relación agua/cemento, influyen directamente en la resistencia a compresión simple, ya que, a mayor cantidad de fibra y relación agua/cemento, menor es la resistencia. Al reducir la cantidad de fibra añadida a un 1.5% en relación al peso del cemento, y la relación agua/cemento a 0.4 se pudo apreciar un aumento considerable en la resistencia desde los 7 días de ensayo.

El uso del aditivo logro aumentar significativamente la resistencia a compresión simple en un corto periodo de tiempo, ya que, al analizar los resultados obtenidos en los ensayos, la resistencia obtenida a los 14 días es casi tan alta como la obtenida a los 28 días, es decir, tomando como ejemplo la dosificación escogida, a los 14 días llego a resistir 171.24 kg/cm², siendo esta el 95% de la resistencia deseada y para el día 28 llego al 99%, habiendo una diferencia únicamente del 4%.

El costo para este tipo de placas de hormigón translucido es mayor con respecto a la mampostería tradicional, ya que, para levantar una mampostería de placas, puede llegar a un costo aproximado de \$44.70 mientras que la de sistema constructivo tradicional llega a \$26.18, sin embargo, el detalle y acabado arquitectónico es mucho mejor aplicando placas de mortero translucido, ya sea para fachadas externas o internas.

Por esta razón, el sistema constructivo del presente proyecto se puede aplicar en proyectos constructivos de gran tamaño donde se requiera mucha iluminación para reducir el costo del uso de luz artificial; siendo el costo de elaboración por metro cuadrado de placas de mortero translucido que la construcción tradicional, no resulta alto si se toman en cuenta los acabados, el tiempo y el costo extra de luz.

Finalmente, de acuerdo a la hipótesis planteada, la elaboración de placas con hormigón translucido frente a una mampostería tradicional, en el tema económico no resultó como se deseaba, esto debido al alto costo de los materiales utilizados para la elaboración del mismo, sin embargo, la resistencia a compresión simple cumplió satisfactoriamente, llegando al 99% de la deseada.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda elaborar placas de hormigón translucido utilizando materiales de menor costo con el objetivo de lograr una reducción en el precio de producción, ya que, el paso de luz se da por los filamentos de vidrio utilizados, mas no por sus componentes.

Emplear un diferente material que permita el paso de luz, ya que, de acuerdo al análisis de precio unitario, es el más costoso para la elaboración de la placa, de igual forma otro tipo de cemento de uso común en construcción.

Mejorar la calidad del agregado utilizado (cuarzo), ya que, debido a su módulo de finura y análisis granulométrico, interfiere en la manejabilidad del mortero y un acabado rugoso en el mortero endurecido.

Utilizar un equipo adecuado para la mezcla de los agregados, de manera que estos formen una pasta homogénea y uniforme al momento de agregar los materiales.

Utilizar un agregado fino extra, puede ser arena de sílice, para mantener el color blanco de la placa final, esto con el objetivo de llenar correctamente los espacios que dejan las partículas de cuarzo, y a su vez, mejorar el acabado de la placa.

Para futuras investigaciones, no utilizar las mismas cantidades de agregados o componentes, ya que el diseño del mortero tiende a cambiar de acuerdo a las propiedades que posean los agregados a trabajar, por lo que se recomienda siempre hacer un diseño propio y un análisis adecuado de materiales.

Se propone cambiar el uso de vidrio y cambiar la sección de los mismos con el fin de reducir analizar nuevas formas de colocación para incluso reducir el tiempo de elaboración de la placa y el costo.

Al ser placas de hormigón translucido, sería necesaria una tecnología que permita una producción en serie, con mejores condiciones y disminución en el tiempo de elaboración, fabricando así de manera rápida, ordenada y técnica.

Al ser un material relativamente nuevo en nuestro medio, se recomienda realizar investigaciones más profundas para implementar sistemas constructivos sustentables e innovadores de hormigón translucido, sin superar el precio en comparación a métodos constructivos tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA

- 544.1R-96, A. (2009). *Report on Fiber Reinforced Concrete*. ACI Committee 544: American Concrete Institute.
- Aliaga, A. J. (2017). *EVALUACIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y TIPOS DE AGREGADOS FINOS SOBRE LA COMPRESIÓN, SORPTIVIDAD Y DENSIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, TRUJILLO 2017*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Angarita, D. (2018). *Análisis del comportamiento mecánico de adoquines de concreto con adición de fibra de acero de llantas recicladas*.
- ASTM C293. (2016). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*.
- ASTM C494, A. (2017). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. PA: West Conshohocked.
- ASTM D 1004. (2007). *Standard Test Method for Tear Resistance (Graves Tear) of plastic Film and Sheeting*. PA 19428-2959: ASTM.
- ATM C494, A. (2017). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. PA: West Conshohocked.
- Bardales, F. L., & Bagner, N. A. (2018). *Influencia del Cuarzo Reemplazante del Agregado Grueso en las Propiedades Mecánicas del Concreto*. *Facultad de Ingenieria*. Universidad Privada del Norte, Trujillo.

- Buchelli, A. L. (2020). *Hormigon translucido con fibra optica investigacion y desarrollo*. Montevideo: Universidad de la republica.
- Chaluiza, Á. (2012). *RELACIONES DE COMPRESIÓN Y TENSIÓN EN ADOQUINES FABRICADOS CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA CANTERA DE PESILLO, UBICADA EN EL CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA*.
- Cruz Martinez, B. (2011). *Hormigon Translucido con Fibra Optica*. Valencia.
- Florshein, S. (2015). La noche de la ciudad translucida. *Revisa de Urbanismo*, 35-45.
- Forteza, M., Garcia, L., Hernandez, M., Salguero, P., & Wheatley, D. (2008). El cuarzo como material votivo y arquitectonico en el complejo funerario megalítico de Palacio III (Almacen de la Plata, Sevilla): Analisis contextual y mineralogico. *Trabajos de Prehistoria*, 65, N 2, pp. 137-150.
- FYM, H. (2016). *Ficha Técnica i.light*. Cemento Transparente.
- Gonzales, E. (2006). *Radiometria y Fotometria*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- HeidelbergCement., A. (2010). *Anual Report 2009: Heidelberg*. Germany: HeidelbergCement.
- Hinojosa, A., & Hebert , S. (2021). *Analisis de propiedades mecanicas de hormigon translucido con diferentes porcentajes de fibra optica para uso en elementos estructurales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- INEN. (1982). *INEN 691 - Determinación del limite líquido. Método de casa grande*.
- INEN. (1982). *INEN 692 - Determinación del limite plástico*.
- INEN. (2010). *INEN 855 - Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el arido fino para hormigon*.

INEN. (2010). *INEN 856 - Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino.*

INEN. (2010). *INEN 857 - Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido grueso.*

INEN. (2010). *INEN 858 - Determinación de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos .*

INEN. (2011). *INEN 861 - Áridos. Determinación del valor de la degradación del arido grueso de partículas mayores a 19 mm mediante el uso de la maquina de los Ángeles.*

INEN. (2011). *INEN 862 - Determinación del contenido de humedad.*

INSUCONS. (2022). *Analisis de Precios Unitarios.* Industria de la Construcción en el Ecuador.

León Arroba, A. L. (2007). *Construcción de un Luxometro Digital.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Linares-Durand Jhosmer, L.-F. D.-M.-V. (2021). *Influencia de Adición de Fibras de Polipropileno al Concreto.* Buenos Aires: Universidad Privada del Norte, Perú.

Maldonado, E., Santamaria, W., Garzon, D., & Quishpe, L. (2012). *Modulo Elastico de Elasticidad del Hormigon en Base a su Resistencia a la Compresion Simple $f_c = 21\text{MPa}$ y 30MPa .* Universidad Central del Ecuador, Quito.

Manobanda, C. D. (2013). *El Curado del Hormigón y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas Finales.* Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

NTE INEN 151. (2010). *Cemento Hidraulico. Definicion de Términos.* Quito: NORMA TECNICA ECUATORIANA.

NTE INEN 152. (2012). *Requisitos cementos Portland.*

NTE INEN 154. (2009). *TAMICES DE ENSAYO. DIMENSIONES NOMINALES DE LAS ABERTURAS*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 155. (2009). *Cemento Hidráulico. Mezclado Mecánico de Pastas y Morteros de Consistencia Plástica*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 157. (2009). *Cemento Hidráulico. Determinación de la Consistencia Normal. Método de Vicat*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 1573. (2010). *Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Hormigón de Cemento Hidráulico*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

NTE INEN 1578. (2010). *Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación del Asentamiento*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 1762. (2015). *Hormigón. Definiciones y terminología*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

NTE INEN 2617. (2012). *Hormigón de Cemento Hidráulico. Agua para Mezcla. Requisitos*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

NTE INEN 488. (2009). *Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros en Cubos de 50 mm de arista*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 696. (2011). *Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso*. Quito.

NTE INEN 856. (2010). *Árido. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino*. Norma Ecuatoriana de la Construcción, Quito.

- NTE INEN 862. (2011). *Aridos para Hormigon. Determinacion del Contenido Total de Humedad*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- NTE INEN 866. (2009). *Arido fino para hormigon. Determinacion del efecto de las impurezas organicas en la resistencia de morteros*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 872. (2011). *Áridos para Hormigón. Requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*. Instituto Ecuatoriana de Normalización, Quito.
- Ortega, L. (2017). *El Vidrio en la Edificación. Propiedades, Aplicaciones y Estudios de Fracturas en Casos Reales*. Catalunya: Treballa Fi de Grau.
- Rocha, D., Pérez, C., & Villanueva, J. (2020). Material ecologico para construccion en vidrio, arena y poliplasticos. *Ciencias e Ingeniería Neogranadina*, Vol. 30 no. 2.
- Rojas, W. Y. (2019). *Uso de distintos agregados finos, gruesos, fobras y celulosa en el concreto para el prefabricado de muros translucidos*. Bogota: Universidad Católica de Colombia.
- Samancho, A. M., & Moraes, R. C. (2007). *Steel Framing: Arquitectura*. Santiago de Chile: Asociacion Latinoamericana del Acero, Alacero.
- Sánchez de Guzmán, D. (1993). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Universidad Militar Nueva Granada Biblioteca.
- Sánchez Hernández, J. L. (2019). *Espacios y practicas economicas alternativas en las ciudades españolas*. Pamplona: THOMSON REUTERS.
- Sánchez, D. D. (1993). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Segunda edición.
- Shulman. (2001). *Revista online Metropolis*. Obtenido de X-Ray Architecture: www.metropolismag.com

Sika Ecuador. (2019). *Sika Ecuador*. Obtenido de Sika Ecuador: <https://ecu.sika.com/es/quienes-somos/acerca-de-sika/historia.html>

Vaca, J. G., & Yanchaluisa, O. G. (2021). *Diseño de hormigon translucido utilizando fibra optica reciclada*. Universidad Central del Ecuador. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Vélez, W. (2019). *Analisis de dos materiales existentes en nuestro medio que pueden permitir la translucidez del hormigon*. Cuenca: Universidad Catolica de Cuenca.

**ANEXOS 1: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN,
RELACION A/C: 0.72**

Dosificación a realizar	1:3
Resistencia deseada	180 kg/cm ²
Modulo de finura	2.2
Relacion agua/cemento	0.72
Porcentaje de humedad	0.11 %

$$\text{Densidad_aparente_seca_de_la_arena} \quad ds := 2.64 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 2640 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Densidad_del_cemento} \quad dc := 3.15 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Relacion_agua_cemento} \quad ac := 0.72 \frac{\text{L}}{\text{kg}}$$

$$\text{Proporcion} \quad + \quad n := 3$$

Cantidad de materiales por metro cubico de mezcla

$$\text{Cantidad_de_cemento} \quad C := \frac{1}{\frac{1}{dc} + \frac{n}{ds} + ac} = 460.019 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Cantidad_de_agua} \quad A := ac \cdot C = 0.331$$

$$\text{Cantidad_de_arena} \quad a := n \cdot C = 1380.057 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumen por probeta a utilizar es de 125 cm³, se utilizaran 6 por mezcla, es decir 750 cm³

$$\text{Volumen_en_m3} \quad Vt := 750 \text{ cm}^3 = 0.00075 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} := C \cdot Vt = 345.014 \text{ gm}$$

$$\text{Arena} := a \cdot Vt = 1035.042 \text{ gm}$$

$$\text{Agua} := A \cdot Vt = 0.248 \text{ L}$$

Adición de aditivos

$$\text{Aditivo_Plastocrete161HE} \quad \text{De 0.2 al 2.5 \% del peso del cemento}$$

$$Aditivo := \frac{1.5}{100} \cdot \left(Cemento + Arena + \left(\frac{Agua}{1 L} \cdot 1 kg \right) \right) = 24.427 gm$$

Adición de Fibra de polipropileno

$$SikaFiber_{en_dosificaciones_de_0.6} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$3\% _Volumen_Cemento \quad F_3 := 0.03 \cdot Vt = 0.023 l$$

$$6\% _Volumen_Cemento \quad F_6 := 0.06 \cdot Vt = 0.045 l$$

$$9\% _Volumen_Cemento \quad F_9 := 0.09 \cdot Vt = 0.068 l$$

Dosificaciones finales:

Uso de fibras al 3%

$$Cemento = 345.014 gm \quad Arena = 1035.042 gm \quad Aditivo = 24.427 gm$$

$$Agua_3 := \frac{Agua \cdot 1000 gm}{1 L} = 248.41 gm \quad F_3 := \frac{F_3 \cdot 1000 gm}{1 L} = 22.5 gm$$

Uso de fibras al 6%

$$Cemento = 345.014 gm \quad Arena = 1035.042 gm \quad Aditivo = 24.427 gm$$

$$Agua_6 := \frac{Agua \cdot 1000 gm}{1 L} = 248.41 gm \quad F_6 := \frac{F_6 \cdot 1000 gm}{1 L} = 45 gm$$

Uso de fibras al 9%

$$Cemento = 345.014 gm \quad Arena = 1035.042 gm \quad Aditivo = 24.427 gm$$

$$Agua_9 := \frac{Agua \cdot 1000 gm}{1 L} = 248.41 gm \quad F_9 := \frac{F_9 \cdot 1000 gm}{1 L} = 67.5 gm$$

Peso total a utilizar

$$Cemento := Cemento \cdot 3 = 1035.042 gm$$

$$Arena := Arena \cdot 3 = 3105.127 gm$$

$$Agua := Agua_3 + Agua_6 + Agua_9 = 745.231 gm$$

$$Aditivo := Aditivo \cdot 3 = 73.281 gm$$

+

**ANEXOS 2: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN,
RELACION A/C: 0.3**

Dosificación a realizar	1:3
Resistencia deseada	180 kg/cm ²
Modulo de finura	2.2
Relacion agua/cemento	0.3
Porcentaje de humedad	0.11 %

$$Densidad_aparente_seca_de_la_arena \quad ds := 2.64 \frac{gm}{cm^3} = 2640 \frac{kg}{m^3}$$

$$Densidad_del_cemento \quad dc := 3.12 \frac{gm}{cm^3} = 3120 \frac{kg}{m^3}$$

$$Relacion_agua_cemento \quad ac := 0.3 \frac{L}{kg} \quad +$$

$$Proporcion \quad n := 3$$

Cantidad de materiales por metro cubico de mezcla

$$Cantidad_de_cemento \quad C := \frac{1}{\frac{1}{dc} + \frac{n}{ds} + ac} = 569.2 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cantidad_de_agua \quad A := ac \cdot C = 0.2$$

$$Cantidad_de_arena \quad a := n \cdot C = 1707.6 \frac{kg}{m^3}$$

Volumen por probeta a utilizar es de 125 cm³, se utilizaran 6 por mezcla, es decir 750 cm³, se consideran 7 cubos por perdidas, por lo tanto son 875cm³

$$Volumen_en_m3 \quad Vt := 875 \text{ cm}^3 = 0.00088 \text{ m}^3$$

$$Cemento := C \cdot Vt = 498 \text{ gm}$$

$$Arena := a \cdot Vt = 1494.1 \text{ gm}$$

$$Agua := A \cdot Vt = 149.4 \text{ mL}$$

Adición de aditivos

$$Aditivo_SikaTop77 \quad 0.6 \text{ kg_para_}0.01 \text{ m}^3 \text{ de_hormigon}$$

$$Aditivo := 0.6 \text{ kg} \cdot \frac{Vt}{0.01 \text{ m}^3} = 52.5 \text{ gm} \quad Aditivo := Aditivo \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ gm}} = 52.5 \text{ mL}$$

$$Agua_{final} := Agua - Aditivo = 96.9 \text{ mL}$$

Corrección por humedad antes de la mezcla

Uso de fibras al 3%

$$porcentaje_humedad_arena \quad W := \frac{265.9 \text{ gm} - 264.8 \text{ gm}}{264.8 \text{ gm}} \cdot 100 = 0.4$$

$$Cemento = 498 \text{ gm} \quad Arena_Seca := \frac{Arena}{1 + \frac{W}{100}} = 1487.9 \text{ gm}$$

$$Aditivo = 52.5 \text{ mL} \quad F_3 := Cemento \cdot 0.03 = 14.9 \text{ gm} \quad Agua_{final} = 96.9 \text{ mL}$$

**ANEXOS 3: DOSIFICACIÓN PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN,
RELACION A/C: 0.4**

Dosificación a realizar	1:3
Resistencia deseada	180 kg/cm ²
Modulo de finura	4.02
Relacion agua/cemento	0.4
Porcentaje de humedad	0.11 %

$$Densidad_aparente_seca_de_la_arena \quad ds := 2.64 \frac{gm}{cm^3} = 2640 \frac{kg}{m^3}$$

$$Densidad_del_cemento \quad dc := 3.12 \frac{gm}{cm^3} = 3120 \frac{kg}{m^3}$$

$$Relacion_agua_cemento \quad ac := 0.4 \frac{L}{kg} \quad +$$

$$Proporcion \quad n := 3$$

Cantidad de materiales por metro cubico de mezcla

$$Cantidad_de_cemento \quad C := \frac{1}{\frac{1}{dc} + \frac{n}{ds} + ac} = 538.5 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cantidad_de_agua \quad A := ac \cdot C = 0.2$$

$$Cantidad_de_arena \quad a := n \cdot C = 1615.6 \frac{kg}{m^3}$$

Volumen por probeta a utilizar es de 125 cm³, se utilizaran 6 por mezcla, es decir 750 cm³, se consideran 7 cubos por perdidas, por lo tanto son 875cm³

$$Volumen_en_m3 \quad Vt := 875 \text{ cm}^3 = 0.00088 \text{ m}^3$$

$$Cemento := C \cdot Vt = 471.2 \text{ gm}$$

$$Arena := a \cdot Vt = 1413.7 \text{ gm}$$

$$Agua := A \cdot Vt = 188.5 \text{ mL}$$

Adición de aditivos

$$Aditivo_SikaTop77 \quad 0.6 \text{ kg para } 0.01 \text{ m}^3 \text{ de hormigon}$$

$$\text{Aditivo} := 0.6 \text{ kg} \cdot \frac{Vt}{0.01 \text{ m}^3} = 52.5 \text{ gm}$$

$$\text{Aditivo} := \text{Aditivo} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ gm}} = 52.5 \text{ mL}$$

$$\text{Agua}_{\text{final}} := \text{Agua} - \text{Aditivo} = 136 \text{ mL}$$

Corrección por humedad antes de la mezcla
Uso de fibras al 3%

$$\text{porcentaje_humedad_arena} \quad W := \frac{265.9 \text{ gm} - 264.8 \text{ gm}}{264.8 \text{ gm}} \cdot 100 = 0.4$$

$$\text{Cemento} = 471.2 \text{ gm} \quad \text{Arena_Seca} := \frac{\text{Arena}}{1 + \frac{W}{100}} = 1407.8 \text{ gm}$$

$$\text{Aditivo} = 52.5 \text{ mL} \quad F_3 := \text{Cemento} \cdot 0.015 = 7.1 \text{ gm} \quad \text{Agua}_{\text{final}} = 136 \text{ mL}$$

ANEXOS 4: DOSIFICACIÓN PARA PLACAS DE 50X30 cm Y 20X5 cm

Dosificación a realizar	1:3
Resistencia deseada	180 kg/cm ²
Modulo de finura	4.02
Relacion agua/cemento	0.4
Porcentaje de humedad	0.11 %

$$Densidad_aparente_seca_de_la_arena \quad ds := 2.64 \frac{gm}{cm^3} = 2640 \frac{kg}{m^3}$$

$$Densidad_del_cemento \quad dc := 3.12 \frac{gm}{cm^3} = 3120 \frac{kg}{m^3}$$

$$Relacion_agua_cemento \quad ac := 0.4 \frac{L}{kg}$$

$$Proporcion \quad n := 3$$

Cantidad de materiales por metro cubico de mezcla

$$Cantidad_de_cemento \quad C := \frac{1}{\frac{1}{dc} + \frac{n}{ds} + ac} = 538.5 \frac{kg}{m^3}$$

$$Cantidad_de_agua \quad A := ac \cdot C = 0.2$$

$$Cantidad_de_arena \quad a := n \cdot C = 1615.6 \frac{kg}{m^3}$$

Volumen por probeta a utilizar es de 125 cm³, se utilizaran 6 por mezcla, es decir 750 cm³, se consideran 7 cubos por perdidas, por lo tanto son 875cm³

$$Volumen_en_m3 \quad Vt := 875 \text{ cm}^3 = 0.00088 \text{ m}^3$$

$$Cemento := C \cdot Vt = 471.2 \text{ gm} \quad Cemento := 450 \text{ gm}$$

$$Arena := a \cdot Vt = 1413.7 \text{ gm} \quad Arena := Cemento \cdot 3 = 1350 \text{ gm}$$

$$Agua := A \cdot Vt = 188.5 \text{ mL} \quad Agua := ac \cdot Cemento = 180 \text{ mL}$$

Adición de aditivos

$$Aditivo_SikaTop77 \quad 0.6 \text{ kg_para_}0.01\text{ m}^3\text{ de hormigon}$$

$$Aditivo := 0.6 \text{ kg} \cdot \frac{Vt}{0.01 \text{ m}^3} = 52.5 \text{ gm} \quad Aditivo1 := Aditivo \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ gm}} = 52.5 \text{ mL}$$

$$Aditivo := 50 \text{ mL}$$

$$Agua_{final} := Agua - Aditivo = 130 \text{ mL}$$

Corrección por humedad antes de la mezcla
Uso de fibras al 1.5%

$$porcentaje_humedad_arena \quad W := \frac{265.9 \text{ gm} - 264.8 \text{ gm}}{264.8 \text{ gm}} \cdot 100 = 0.4$$

$$Cemento = 450 \text{ gm} \quad Arena_Seca := \frac{Arena}{1 + \frac{W}{100}} = 1344.4 \text{ gm}$$

$$Aditivo = 50 \text{ mL} \quad F_3 := Cemento \cdot 0.015 = 6.8 \text{ gm} \quad Agua_{final} = 130 \text{ mL}$$

Volumen de la mezcla para placas de hormigón

$$A_{placa} := 50 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 1500 \text{ cm}^2 \quad e_{placa} := 2 \text{ cm} \quad N_{vidrio} := 60$$

$$A_{vidrio} := 4 \text{ mm} \cdot 4 \text{ cm} = 1.6 \text{ cm}^2 \quad A_{mezcla} := A_{placa} - (A_{vidrio} \cdot N_{vidrio}) = 1404 \text{ cm}^2$$

$$Mezcla := A_{mezcla} \cdot e_{placa} = 2808 \text{ cm}^3 \quad Se_considera_15\%_mas_por_perdidas$$

$$M_{concreto} := Mezcla + 15\% \cdot Mezcla = 3229.2 \text{ cm}^3$$

$$V_{mezcla} := M_{concreto} = 3229.2 \text{ cm}^3 \quad Volumen_de_mezcla_para_placa$$

$$C_{cemento1} := C \cdot V_{mezcla} = 1739 \text{ gm} \quad A_{arena1} := a \cdot V_{mezcla} = 5217.1 \text{ gm}$$

$$A_{agua} := A \cdot V_{mezcla} = 695.6 \text{ mL} \quad Aditivo1 := 0.6 \text{ kg} \cdot \frac{V_{mezcla}}{0.01 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ gm}} = 193.8 \text{ mL}$$

$$F_{fibras1} := 1.5\% \cdot C_{cemento1} = 26.1 \text{ gm} \quad A_{agua1} := A_{agua} - Aditivo = 645.6 \text{ mL}$$

Placas para determinar la flexión y de la mezcla

$$V_{placa} := e_{espesor} \cdot A_{area} = 200 \text{ cm}^3 \quad V_{placa} := (V_{placa} + 10\% V_{placa}) \cdot N_{placas} = 880 \text{ cm}^3$$

$$C_{cemento2} := C \cdot V_{placa} = 473.9 \text{ gm} \quad A_{arena2} := a \cdot V_{placa} = 1421.7 \text{ gm}$$

$$A_{agua} := A \cdot V_{placa} = 189.6 \text{ mL} \quad Aditivo2 := 0.6 \text{ kg} \cdot \frac{V_{placa}}{0.01 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ gm}} = 52.8 \text{ mL}$$

$$F_{fibras2} := 1.5\% \cdot C_{cemento2} = 7.1 \text{ gm} \quad A_{agua2} := A_{agua} - Aditivo = 139.6 \text{ mL}$$

Cantidades_totales

$$Cemento := C_{cemento1} + C_{cemento2} = 2213 \text{ gm}$$

$$Arena := A_{arena1} + A_{arena2} = 6638.9 \text{ gm}$$

$$Agua := A_{agua1} + A_{agua2} = 785.2 \text{ mL} \quad Sin_aditivo$$

$$Aditivo := Aditivo1 + Aditivo2 = 246.6 \text{ mL}$$

$$Fibras := F_{fibras1} + F_{fibras2} = 33.2 \text{ gm}$$

Correccion_por_humedad

$$W := \frac{660 \text{ gm} - 659 \text{ gm}}{659 \text{ gm}} \cdot 100 = 0.2$$

$$Arena_Seca := \frac{Arena}{1 + \frac{W}{100}} = 6628.8 \text{ gm}$$

ANEXOS 5: RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN

Ensayo_1

$$P := 135.89 \text{ lb}$$

$$b := 5 \text{ cm}$$

$$L := 16 \text{ cm}$$

$$d := 2 \text{ cm}$$

$$Mr := \left(\frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \right) = 73.966 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ensayo_2

$$P := 115.86 \text{ lb}$$

$$b := 5 \text{ cm}$$

$$L := 16 \text{ cm}$$

$$d := 2 \text{ cm}$$

$$Mr := \left(\frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \right) = 63.064 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ensayo_3

$$P := 145 \text{ lb}$$

$$b := 5 \text{ cm}$$

$$L := 16 \text{ cm}$$

$$d := 2 \text{ cm}$$

$$Mr := \left(\frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \right) = 78.925 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

+

ANEXOS 6: ANEXO FOTOGRÁFICO

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Figura 45

Lavado de agregado para ensayo de granulometría.



Figura 46

Tamices en ordenados en tamizadora



Figura 47

Secado posterior a la saturación del agregado



Figura 48

Comprobación del secado del material.



Figura 49
Material para obtener el peso específico del mismo

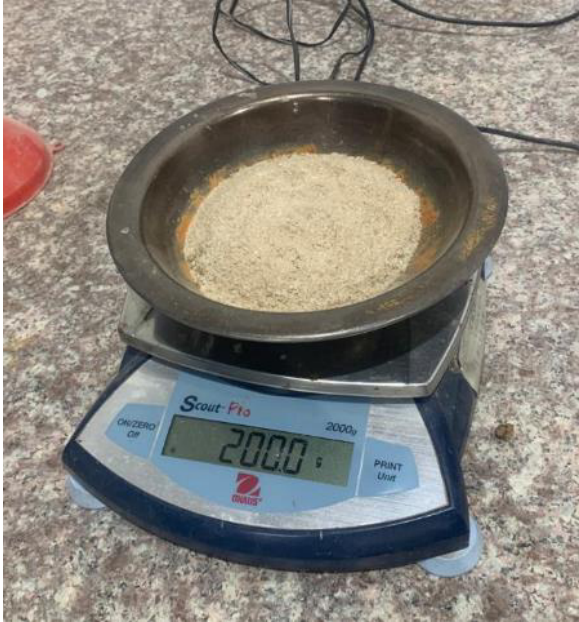


Figura 50
Peso matraz + agua + muestra

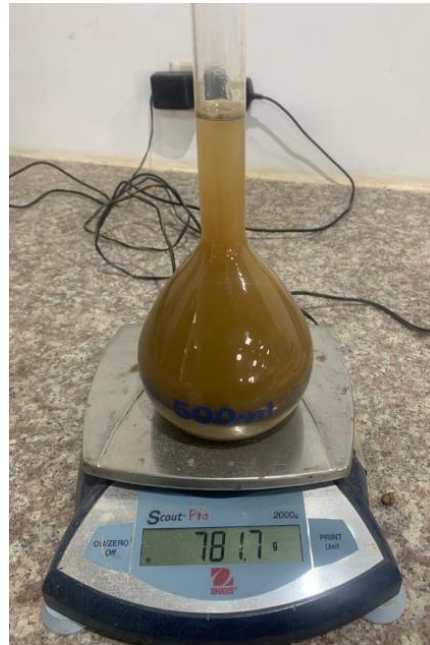


Figura 51
Cantidad de aditivo para la primera dosificación



Figura 52
Pasta obtenida de la primera dosificación



Figura 53

Material desencofrante en moldes cúbicos



Figura 54

Cubos de mortero obtenidos de la primera dosificación



Figura 55

Especímenes para el ensayo respectivo a compresión simple



Figura 56

Peso de cada uno de los especímenes para a/c: 0.72



Figura 57
Colocación del espécimen en la prensa de
compresión de hormigón



Figura 58
Desarrollo de ensayo a compresión de
especímenes



RESULTADOS A COMPRESION SIMPLE

Figura 59
Comportamiento de especímenes posterior
al ensayo a compresión. 6% F, a/c: 0.72



Figura 60
Comportamiento de especímenes posterior
al ensayo a compresión. 3% F, a/c: 0.72



Figura 61

Comportamiento de especímenes posterior al ensayo a compresión. 9% F, a/c: 0.72



Figura 62

Comportamiento de especímenes posterior al ensayo a compresión. 1.5% F, a/c: 0.3



ELABORACIÓN DE LA PLACA TRANSLUCIDA Y PLACAS PARA ENSAYO A DESGARRE Y FLEXIÓN

Figura 63

Molde impreso para el pegado de vidrio



Figura 64

Molde placa una vez realizado el pegado de vidrio



Figura 65
Agregado de desencofrante a placa
translucida



Figura 66
Agregado de desencofrante a placas de 20 x 5
cm



Figura 67
Mezcla de materiales de acuerdo a la
dosificación 1.5% F, a/c: 0.4



Figura 68
Placa de mortero translucida



Figura 69
Desencofrado y pulido de placa translúcida



Figura 70
Desencofrado de placas de 20 x 5 cm



RESULTADOS DE ENSAYO A DESGARRE

Figura 71
Modo de carga para obtener el peso máximo soportado por la placa



Figura 72
Desgarre de la placa al llegar al límite de peso soportado



ENSAYO A FLEXIÓN

Figura 73

Peso de placa previo al ensayo respectivo



Figura 74

Calibración de prensa de CBR para ensayo



Figura 75

Apoyo y carga aplicada en placa



Figura 76

Comportamiento de la placa una vez terminado el ensayo



ENSAYO DEL PASO DE LUZ

Figura 77

Luxómetro debajo de placa para medición de paso de luz natural



Figura 78

Luxómetro sin placa para medir el ingreso de luz natural



Figura 79

Cuarto oscuro para ensayo de paso de luz



Figura 80

Colocación de placa y luxómetro para su posterior medición



Figura 81
Ensayo de paso de luz artificial con placa



Figura 82
Medición de paso de luz sin placa



Figura 83
Recopilación de datos del luxómetro



Figura 84
Equipo a utilizar Luxómetro HD450



ANEXOS 5: LÁMINAS

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, EDWIN ISMAEL PAUTA NOVILLO portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106558059. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE PLACAS DE HORMIGÓN TRANSLÚCIDO CON RETÍCULAS DE VIDRIO Y DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE POLIPROPILENO” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 04 de enero de 2023

F: *Edwin Pauta N.*

Edwin Ismael Pauta Novillo

0106558059

www.ucacue.edu.ec