



UNIVERSIDAD  
DE CUENCA

# MORTEROS FOTOLUMINISCENTES APLICADOS EN REVESTIMIENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Gabriela Orellana E.  
Gabriela Sánchez T.





UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Carrera de Arquitectura

## Morteros Fotoluminiscentes aplicados en revestimientos de la Construcción

---

**Autores:**

Gabriela Fernanda Orellana Espinoza  
CI: 0104380910  
arq.orellanae@gmail.com

Gabriela Lizbeth Sánchez Tigmaza  
CI: 1805212030.  
gabriela.sancheztigmaza@gmail.com

**Director:**

Alex Daniel Serrano Tapia  
CI: 0103669974

Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Arquitecto

Cuenca - Ecuador  
23 de marzo del 2022

La innovación de materiales en el ámbito de la arquitectura y la construcción es presentado desde tiempos remotos, pues la importancia de crear espacios habitables y que ocasionen sensaciones, se han convertido en los objetivos principales de todo profesional que se encuentra vinculado a este medio.

El presente trabajo de titulación contribuye en la elaboración de un Mortero Fotoluminiscente con fibras de vidrio empleado para revestimientos arquitectónicos. El desarrollo de su dosificación fue realizado en dos fases: la primera etapa se presentó el mortero con fibras de vidrio, se estudió el comportamiento de los materiales según las variantes, con el desarrollo de diferentes mezclas, hasta concluir con una dosificación trabajable y resistente a esfuerzos mecánicos de compresión y tracción. En la segunda fase se observó

el análisis y comportamiento del mortero base ante la incorporación del material fotoluminiscente, para posteriormente con los resultados obtenidos presentar una placa de cerámica como producto final. Se realiza la metodología en tres etapas en las que se especifican el proceso de estudios, elaboración y resultados,

Finalmente, se efectuó la investigación con el desarrollo de placas de 200x200x5 mm, similares a una cerámica. Este estudio se caracteriza por la indagación de información teórica y las propiedades de los materiales empleados en el estudio, además del proceso, análisis y resultados de las muestras finales, así como el presupuesto tentativo de la placa de mortero con el material lumínico. Se concluye la indagación con la aplicación de las placas como parte del diseño de la plaza Benigno Malo, ubicada en la Universidad de Cuenca.

**Palabras claves:**

Materiales luminosos. Aluminato de estroncio. Prefabricado. Placas de mortero. Materiales innovadores.

The innovation of materials in the field of architecture and construction has been presented since ancient times, since the importance of creating livable spaces that cause sensations, have become the main objectives of all professionals who are linked to this environment.

This investigation contributes to the elaboration of a photoluminescent mortar with glass fibers used for architectural coatings. The development of its dosage was carried out in two phases: the first stage presented the mortar with glass fibers, the behavior of the materials was studied according to the variants, with the development of different mixtures, until concluding with a workable dosage and resistant to mechanical efforts of compression and traction. In the second phase, the analysis and behavior of the base mortar

was observed before the incorporation of the photoluminescent material, to later present a ceramic plate as the final product with the results obtained. The methodology is carried out in three stages in which the process of studies, elaboration and results are specified,

Finally, the research was carried out with the development of 200x200x5 mm plates, similar to a ceramic. This study is characterized by the investigation of theoretical information and the properties of the materials used in the study, in addition to the process, analysis and results of the final samples, as well as the tentative budget of the mortar plate with the luminous material. The investigation concludes with the application of the plates as part of the design of the Benigno Malo square, located at the University of Cuenca.

**Keywords:**

Luminous materials. Strontium aluminate. Prefabricated. Mortar plates. Innovative materials.

Resumen /Abstract	
Indice general	06
Indice de tablas	08
Indice de ilustraciones	09
Indice de Gráficos	09

## Capítulo 1:

### Generalidades

1.1 Introducción	16
1.2 Problemática	17
1.3 Justificación	18
1.4 Delimitación de la problemática	19
1.5 Objetivos	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivos específico	20
1.6 Hipótesis	21

## Capítulo 2:

### Marco Teórico

2.1 Morteros	26
2.1.1 Antecedentes	26
2.1.2 Definición de mortero	26
2.1.3 Clasificación de los morteros	28

2.1.4 Propiedades de los morteros	30
2.1.4.2 Propiedades en estado plástico	30
2.1.4.1.1 Trabajabilidad	30
2.1.4.1.2 Retención de agua	30
2.1.4.1.3 Velocidad de endurecimiento	32
2.1.4.2 Propiedades en estado endurecido	32
2.1.3.2.1 Resistencia	32
2.1.3.2.2 Durabilidad	32
2.1.3.2.3 Apariencia	32
2.1.5 Componentes de los morteros	33
2.1.5.1 Agregado fino	33
2.1.5.1.1 Granulometría	35
2.1.5.1.2 Determinación de impurezas	35
2.1.5.1.3 Densidad	35
2.1.5.1.4 Contenido de humedad y absorción	36
2.1.5.2 Cemento	38
2.1.5.2.1 Tipos de Cemento	40
2.1.5.3 Fibras	45
2.1.5.3.1 Clasificación	47
2.1.6 Dosificaciones para morteros	48
2.1.7 Aplicaciones	50
2.1.5.1 Revestimientos arquitectónicos	50
2.2 Materiales Fotoluminiscentes	53
2.2.1 Antecedentes	53
2.2.2 Fotoluminiscencia	54
2.2.3 Aluminato de Estroncio	56

## Capítulo 3:

### Materiales y Métodos

3.1 METODOLOGÍA	62
3.1.1 Agregado Fino	32
3.1.2 Cemento	32
3.1.3 Aditivo	33
3.1.4 El agua	33
3.1.5 Fibras	35
3.1.6 Aluminato de Estroncio	35
3.2 EQUIPOS	35
3.3 METODOLOGÍA	36
3.3.1 Diseño de la mezcla maestra	40
3.3.1.1 Primera Fase	45
3.3.1.2 Segunda Fase	47
3.3.2 Procedimiento para elaboración de ensayos	48
3.3.2.1 Proceso de mezcla	50
3.3.2.2 Ensayos preliminares	50
3.3.2.3 Preparación de las muestras	53
3.3.2.3.1 Preparación moldes para especímenes	53
3.3.2.3.2 Moldeo de los especímenes de ensayo	54
3.4 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	56
3.4.1 Determinación de la resistencia a la compresión	
3.4.2 Determinación de la resistencia a la flexión	

## Capítulo 4:

### Análisis y Resultados

4.1 Análisis de ensayos técnicos	
4.2 Comportamiento mecánico	
4.2.1 Resistencia a compresión y flexión	
4.2.2 Resultado de mezcla maestra con aluminato	
4.3 Análisis lumínico	
4.4 Presentación del producto final	
4.4.1 Ensayos en placas de revestimientos	
4.4.1 Aplicación de placas como revestimiento en pisos	
4.5 Análisis de costos	

## Capítulo 5:

### Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones	
5.2 Recomendaciones	
Referencia de imágenes	
Bibliografía	

## Capítulo 6:

### Anexos

Anexos	
--------	--

## Capítulo 2:

### Marco Teórico

<b>Tabla 2.1:</b> Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación .....	29
<b>Tabla 2.2:</b> Clasificación de morteros según su resistencia y dosificación .....	30
<b>Tabla 2.3:</b> Uso de morteros de Cemento y arena .....	31
<b>Tabla 2.4:</b> Características de productos cerámicos que definen su apariencia .....	33
<b>Tabla 2.5:</b> Clasificación del agregado según el tamaño de sus partículas .....	36
<b>Tabla 2.6:</b> Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura .....	38
<b>Tabla 2.7:</b> Tipos de cemento, características y propiedades químicas .....	43
<b>Tabla 2.8:</b> Comparación de compuestos químicos entre cemento blanco y gris .....	46

## Capítulo 3:

### Materiales y Métodos

<b>Tabla 3.1:</b> Caracterización del agregado fino .....	59
<b>Tabla 3.2:</b> Caracterización del cemento .....	59
<b>Tabla 3.3:</b> Caracterización del aluminato de estroncio .....	60
<b>Tabla 3.4:</b> Dimensiones de los tamices .....	62
<b>Tabla 3.5:</b> Información para el diseño de mezcla base .....	67
<b>Tabla 3.6:</b> Dosificación final de mezcla maestra .....	68

## Capítulo 4:

### Análisis de Resultados

<b>Tabla 4.1:</b> Dosificación final con Aluminato de Estroncio .....	90
<b>Tabla 4.2:</b> Resultados de ensayos a flexión de placas de morterofotoluminiscente y cerámicas .....	94
<b>Tabla 4.3:</b> Análisis de costos por unidad de cerámica fotoluminiscentes .....	101

## Capítulo 2:

### Marco Teórico

<b>Ilustración 2.1:</b> Proceso de elaboración de cemento .....	41
<b>Ilustración 2.2:</b> Tipos de fibras de acero según su forma .....	48
<b>Ilustración 2.3:</b> Representación de la longitud de onda de emisión para diferentes tipos de matrices, dopadas con uno o más activadores.....	54

## Capítulo 3:

### Materiales y Métodos

<b>Ilustración 3.1:</b> Fases para elaboración de diseño del mortero fotoluminiscente .....	66
<b>Ilustración 3.2:</b> Orden de apisonado en cubos de 50x50x50 mm .....	74
<b>Ilustración 3.3:</b> Orden de apisonado en prismas de 40x40x160 mm.....	74

## Capítulo 3:

### Materiales y Métodos

<b>Gráfico 3.1:</b> Granulometría del agregado fino .....	59
---	----

## Capítulo 4:

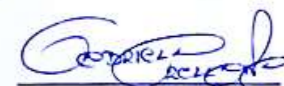
### Análisis de Resultados

<b>Gráfica 4.1:</b> Resultados a compresión de muestras F1, F2, F3 .....	83
<b>Gráfica 4.2:</b> Comparación de resistencias a flexión entre muestras y bibliografía .....	85
<b>Gráfica 4.3:</b> Resultado de ensayo de flujo de las muestras F1, F2, F3 .....	85
<b>Gráfica 4.4:</b> Comparación del ensayo de flujo de la mezcla Dall y F4 .....	88
<b>Gráfica 4.5:</b> Resultado de mezcla F2 .....	89
<b>Gráfica 4.6:</b> Resultado de resistencia a compresión y flexión de muestras F2 y F4 .....	90
<b>Gráfica 4.7:</b> Resultado de porcentaje lumínico en placas .....	92
<b>Gráfica 4.8:</b> Gráfico comparativo entre una placa de mortero Fotoluminiscente y una cerámica .....	93

### Cláusula de Propiedad Intelectual

Gabriela Fernanda Orellana Espinoza autora del trabajo de titulación "Morteros Fotoluminiscentes aplicados en revestimientos de la Construcción", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 23 de marzo del 2022



Gabriela Fernanda Orellana Espinoza

C.I: 0104380910

### Cláusula de Propiedad Intelectual

Gabriela Lizbeth Sánchez Tigmaza autora del trabajo de titulación "Morteros Fotoluminiscentes aplicados en revestimientos de la Construcción", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 23 de marzo del 2022



Gabriela Lizbeth Sánchez Tigmaza

C.I: 1805212030

### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Gabriela Fernanda Orellana Espinoza en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Morteros Fotoluminiscentes aplicados en revestimientos de la Construcción", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de marzo del 2022



Gabriela Fernanda Orellana Espinoza

C.I. 0104380910

### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Gabriela Lizbeth Sánchez Tigmaza en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Morteros Fotoluminiscentes aplicados en revestimientos de la Construcción", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de marzo del 2022



Gabriela Lizbeth Sánchez Tigmaza

C.I: 1805212030

## AGRADECIMIENTO

La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante. Es un verdadero privilegio poder culminar una etapa en la cual, superar cada obstáculo ha sido una secuencia de retos, cumplidos gracias al apoyo y perseverancia de nuestros familiares, amigos y conocidos.

Agradecemos a los docentes que con su conocimiento y paciencia supieron dirigir sus enseñanzas de la mejor manera; a los técnicos docentes encargados de los laboratorios de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, quienes han sido de gran apoyo en el proceso de nuestra formación académica.

Gracias a nuestro director de tesis, Arq. Alex Serrano, quien con su Intelecto y entusiasmo supo encaminarnos para cumplir adecuadamente la culminación de esta investigación.

*Gabriela O y Gabriela S*

## DEDICATORIA

Este esfuerzo se lo dedico a aquella persona que confió y me apoyo cuando más lo necesite, a aquella persona que me brindo ayuda y enseñanza para formarme como la profesional que ahora soy. Familia, amigos y novio, gracias por el apoyo y cariño brindado en cada momento.

*Gabriela O.*

Mi familia, la base fundamental de todos los logros en mi vida. Este trabajo es dedicado a quien gracias a sus consejos, apoyo y cariño han sido un escalón en esta travesía académica, aquellos que en todo momento con una sonrisa me ayudaron a seguir adelante.

*Gabriela S.*



Peter Zumthor

*“La arquitectura no lidia con cosas abstractas como la filosofía. Saber lo que se está haciendo es importante, pero no comienza allí. Empieza con las emociones”*

# GENERALIDADES

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica dentro del campo de la construcción es una de las industrias con mayor relevancia en Ecuador, ofrece gran potencial como medio de progreso, busca obtener una mejor productividad, optimización de productos y técnicas de construcción con mayor eficiencia, estos fundamentos son objetivos para cualquier empresa. Además, este desarrollo es necesario para enfrentar la creciente complejidad de las nuevas construcciones (Ghio y Bascuñan, 2012; Serpell, 1987). Cabe destacar que, desde la antigüedad, se busca constantemente la manera de suplir la necesidad de cobijarse, pues la construcción es parte fundamental del desarrollo de una sociedad y de un país. Es por ello que, actualmente se indaga la importancia de progresar constantemente para mejorar e innovar las técnicas constructivas (Huamán, 2015; Rebuild, 2019).

Hoy en día, existen estudios relacionados a la modificación, mejoramiento y creación de materiales para la construcción. En este contexto y con el paso de los años ha evolucionado el mortero mejorando sus propiedades físicas y mecánicas (Imagen 1) (Cabello et al., 2015; León y Serrano, 2019; Mundo Constructor, 2020).

Estas intervenciones dan resultados prometedores, pues la incorporación, modificación o sustracción de componentes en la mezcla crean resultados novedosos.

Es por ello, que en el presente estudio se desarrolla un mortero con la incorporación de un material químico denominado "aluminato de estroncio", además de la adición de materiales fibrosos para incrementar la resistencia a flexión y desarrollar un mortero con propiedades mecánicas óptimas y con ello potenciar su uso.



Imagen 1

## 1.2 PROBLEMÁTICA

La industria de la construcción es una de las más importantes y con mayor demanda a nivel mundial (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2012), por lo que la creación de materiales innovadores es primordial para satisfacer tanto las necesidades del hábitat, la funcionalidad y la estética. Este es el desafío de todo profesional quien constantemente desarrolla nuevas ideas gracias a los avances tecnológicos existentes hasta la actualidad (Cevallos, 2020).

Alrededor del mundo expertos e investigadores están cuestionando y proponiendo nuevas soluciones para la construcción; algo no frecuente en Ecuador. El Decano de la Facultad de Ciencias, Ingeniería y Construcción de la UTE Carlos Ávila, menciona que el país ha experimentado retrasos históricos de 50 a 100 años en el desarrollo de la construcción (Facultad de Ciencias Ingeniería y Construcción, 2019). Los factores que influyen en esta problemática se basan principalmente en el miedo a innovar, se prefiere tener métodos más

conservadores, por el hecho de conocer cómo desarrollarlos a través de técnicas convencionales, impidiendo un avance en la industria de la construcción (Carvalho, 2020; Ghio y Bascuñan, 2012).

A pesar de que actualmente existen en el país investigaciones acerca de materiales innovadores como hormigones ecológicos, morteros luminosos, morteros traslucidos, entre otros; ha existido un interés menor por desarrollarlos en el medio, limitando los sistemas constructivos, materiales y priorizando los habituales (Ekos, 2018; León y Serrano, 2019).

La arquitectura es mucho más que crear cobijo o ser funcional, se ha convertido en una disciplina artística cuyo objetivo es causarsensación (Imagen 2) *"La arquitectura sensorial redescubre la importancia de los materiales, el contexto físico, cultural y social, trabajando la experiencia desde una perspectiva espacial, temporal y memorable. Las emociones interactúan con lo construido y dan paso a la imaginación de todos los sentidos"* (Muzquiz, 2017, p. 3).

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Es importante plasmar nuevas técnicas para la construcción como punto de partida de los futuros arquitectos, diseñadores e ingenieros (Facultad de Ciencias Ingeniería y Construcción, 2019). Es por ello que el estudio de uno de los materiales con mayor demanda en el medio de la construcción, como es el mortero, es el principio de la investigación.

El presente trabajo de titulación desarrolla el mortero fotoluminiscente como revestimiento en edificaciones e incluso en lugares públicos como señalética de vías y diseño de plaza. Esta intervención tiene el propósito de aportar de una manera eficiente al medio ambiente y productivo para la sociedad.

Para obtener el efecto luminiscente en el producto final, se incorpora un elemento químico denominado aluminato de estroncio. Hoy en día los materiales luminosos son empleados en diferentes elementos como: maquillaje, cinta adhesiva, pigmentos, chalecos, señalética de seguridad, etc. En otros países estos

componentes son utilizados en el campo de la construcción ya sea como pintura o como áridos en las mezclas de cemento (Ambient Glow Technology, 2021; Carreño, 2016).

Adicionalmente, para optimizar las propiedades mecánicas de la mezcla, se optó por agregar fibras, estas fibras son elementos de dimensiones pequeñas que aportan propiedades específicas a la dosificación, ya que proporcionan una adecuada resistencia mecánica a los esfuerzos internos de las mezclas, produciendo un eficiente resultado con relación a las fisuras generadas.



Imagen 2

## 1.4 DELIMITACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Para obtener los resultados deseados, es imprescindible realizar varios estudios de los materiales para la elaboración del mortero y verificar su cumplimiento en las normativas vigentes (INEN, 2006, 2012). Al mismo tiempo, debido a que no existe un método establecido para dosificar exactamente el compuesto denominado mortero fotoluminiscente, se realizarán prácticas en el laboratorio, teniendo como punto de partida los resultados de investigaciones similares.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivos Generales

Diseñar un mortero fotoluminiscente con fibras aplicado como revestimiento o señalética de emergencia y vial.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Comprender y analizar las propiedades de los materiales utilizados en el mortero fotoluminiscente.
- Diseñar una dosificación adecuada con resistencia para revestimiento de morteros fotoluminiscente, a partir de pruebas en el laboratorio.
- Proponer morteros fotoluminiscentes para su aplicación en lugares públicos o edificaciones.



Imagen 3

## 1.6 HIPÓTESIS

El diseño de morteros fotoluminiscentes será de gran importancia en el ámbito de la arquitectura, debido a que puede ser utilizado en el campo de la construcción como revestimiento, ya sea en edificaciones o como señalética urbana.

Innovar en la construcción es un desafío de todo profesional involucrado en el ámbito; por lo que la incorporación de nuevos materiales para crear una mezcla que satisfaga las necesidades actuales del usuario y sea prometedor hoy en día es primordial. Es por ello que el objetivo de este trabajo es desarrollar un mortero fotoluminiscente con fibras, el mismo que será utilizado ya sea en construcciones arquitectónicas como en espacios públicos.

El mortero fotoluminiscente es uno de los materiales que fomenta el ahorro de energía eléctrica de manera eficiente, por lo que será más amigable y sustentable con el medio ambiente. Es así que se desarrollarán los estudios pertinentes para el análisis de los materiales y posteriormente desarrollar una dosificación óptima que cumpla con las normativas vigentes y lograr el objetivo planteado en la investigación.



La importancia de conocer toda información involucrada en la investigación, ayudará a identificar con claridad cualquier inquietud presentada a futuro, con respecto a resultados posteriores.

Es así, que en el siguiente capítulo se realiza una recopilación de información importante para proceder a la elaboración de la mezcla, siendo esta, un soporte teórico y conceptual de la investigación. Además se determina los ensayos requeridos de los materiales para una mezcla adecuada en la ejecución de la propuesta.

---

Frank Lloyd Wright

---

*“El arquitecto debe ser un profeta... Un profeta en el verdadero sentido del término... Si no puede ver por lo menos diez años hacia adelante no lo llamen arquitecto”.*

# MARCO TEÓRICO

## 2.1 MORTEROS

### 2.1.1 Antecedentes

Desde los primeros indicios de construcciones desarrolladas desde la edad de piedra, se ha empleado mezclas de agua y materiales aglutinantes como la tierra cruda, yeso, cal y ceniza volcánica, para la ejecución de edificaciones, como es el caso de Egipto, quienes utilizaron el yeso como aglutinante para la elaboración de empastes para las pirámides, siendo los primeros en aplicar esta técnica, teniendo mayor conocimiento en su preparación y aplicación (Álvarez et al., 1995; González, 2014; F. Sánchez, 2019).

Uno de los primeros morteros utilizados desde la antigüedad fue el mortero de cal, el cual data desde el año 7000 a.C; posteriormente empleado por los griegos. Más tarde, los morteros de cal fueron acogidos por los romanos, quienes perfeccionaron su elaboración, debido al selectivo aprovechamiento de materiales, correctas proporciones e incorporación de sustancias que ayudarían a la mezcla para obtener una mejor consistencia y durabilidad, como

es el caso de la ceniza volcánica, ladrillo en polvo o cascara de arroz (Ilustración 2.1) (Álvarez et al., 1995; Calderón et al., 2020; KIRCA, 2005; Rebuild, 2019).

### 2.1.2 Definición de mortero

Se define como mortero a la mezcla constituida por materiales aglutinantes, agregado fino, agua y eventualmente aditivo. Cuenta con propiedades físicas, químicas y mecánicas similares a las de un hormigón. Es utilizada comúnmente como pegante de mampostería, relleno, revestimiento o como mezcla estructural (Imagen 5). Su dosificación esta sujeta al uso para el cual sea diseñada (Gutiérrez de López, 2013; Salmanca, 2009; Sánchez de Guzmán, 2001).



Imagen 5



Ilustración 2.1: Historia de los morteros, avances y desarrollos de morteros desde sus inicios.

Fuente: (Álvarez et al., 1995; Chichón, n.d.; González, 2014; Alejandro, 2019)

Elaboración: propia

### 2.1.3 Clasificación de los morteros

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2551 existen dos tipos de morteros según su uso: Morteros para unidades de mampostería, determinados para colocar ladrillos, bloques, piedra y para reparaciones de mampostería; y los morteros de alta resistencia empleados para la construcción o reparación (NTE INEN 2551, 2011).

También, los morteros son clasificados en cinco tipos, según sus propiedades mecánicas, clasificaciones y dosificaciones por la ASTM y optadas por la normativa ecuatoriana y colombiana. Estos son designados con las letras: M, S, N, O y K; las mismas que representan el deletreo "MaSoN wOrK o trabajo en mampostería" (Tabla 2.1) (Asocreto, 2010).

Por otro lado, los morteros se clasifican por su composición, ubicándose en esta categoría morteros calcáreos, morteros de cal y cemento, morteros de cemento y arena (Imagen 6), y los morteros de yeso (Sánchez de Guzmán, 2001).

El mortero de cemento y arena es altamente empleado a nivel nacional e internacional debido a su gran resistencia y sus condiciones de trabajabilidad. Se realiza su dosificación de acuerdo a la proporción en peso de cemento y arena, en donde los morteros de 1:1 a 1:3 son de mayor resistencia (tabla 2.2) (Gutiérrez de López, 2003).

Tipo de mortero	Resistencia a la compresión mínima (Mpa)			
	3 Días	7 Días	14 Días	28 Días
M	6.88	11.18	15.48	17.2
S	4.96	8.06	11.16	12.4
N	2.08	3.38	4.68	5.2
O	0.96	1.56	2.16	2.4
K	0.2	0.325	0.45	0.5

**Tabla 2.1:** Clasificación de morteros según su resistencia y dosificación.

Fuente: Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de Mezcla, pág. 58; (Ávila et al., 2019).  
Elaboración: propia



Imagen 6

Mortero	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines. Pañetes finos
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

**Tabla 2.2:** Uso de morteros de Cemento y arena.

Fuente: El concreto y otros materiales para la construcción, pág. 118; (Gutiérrez de López, 2003).  
Elaboración: propia



## 2.1.4 Propiedades de los morteros

### 2.1.4.1 Propiedades en estado plástica

Son aquellas propiedades presentes en la fase inicial de la mezcla, definen en primera instancia la calidad del material y determinan su facilidad para construir. Entre ellas se encuentran la trabajabilidad, la retención de agua y la velocidad de endurecimiento.

#### 2.1.4.1.1 Trabajabilidad

Reconocida como una propiedad reológica que incluye adhesión, cohesión, fluidez, plasticidad y viscosidad. Propiedad importante, pues debe facilitar las tareas de mezclado y puesto en obra sin segregación (Imagen 7); para ello se requiere que la mezcla cuente con una proporción adecuada entre sus materiales y una correcta cantidad de aire, el mismo que ayudará a llenar los vacíos entre las partículas (Arias y Navas, 2015; Asocreto, 2010; Gutiérrez de López, 2013; Sánchez de Guzmán, 2001).

Para determinar si una mezcla está en una consistencia deseada, se debe realizar el ensayo de determinación de flujo como

lo especifica la normativa INEN 2 502:2009 (Imagen 8). Estos resultados pueden variar entre 80 y 150%, según lo deseado en obra (Tabla 2.3) (NTE INEN, 2010).

#### 2.1.4.1.2 Retención de agua

Es la capacidad que tiene un mortero para mantener su plasticidad y retener agua cuando se encuentra expuesto a fuerzas de absorción. Además, se debe mantener adecuadamente alta para evitar agrietamientos y pérdida de resistencia al momento de su fraguado. Para que un mortero tenga una buena capacidad de retención de agua, se puede agregar cal, agregado fino, incorporar aditivos plastificantes o incorporadores de aire (Arias y Navas, 2015; Asocreto, 2010; Gutiérrez de López, 2013; Salamanca, 2009). Se puede verificar esta retención de agua con el ensayo especificado en la normativa ASTM 1506 (Arias y Navas, 2015).



Imagen 7

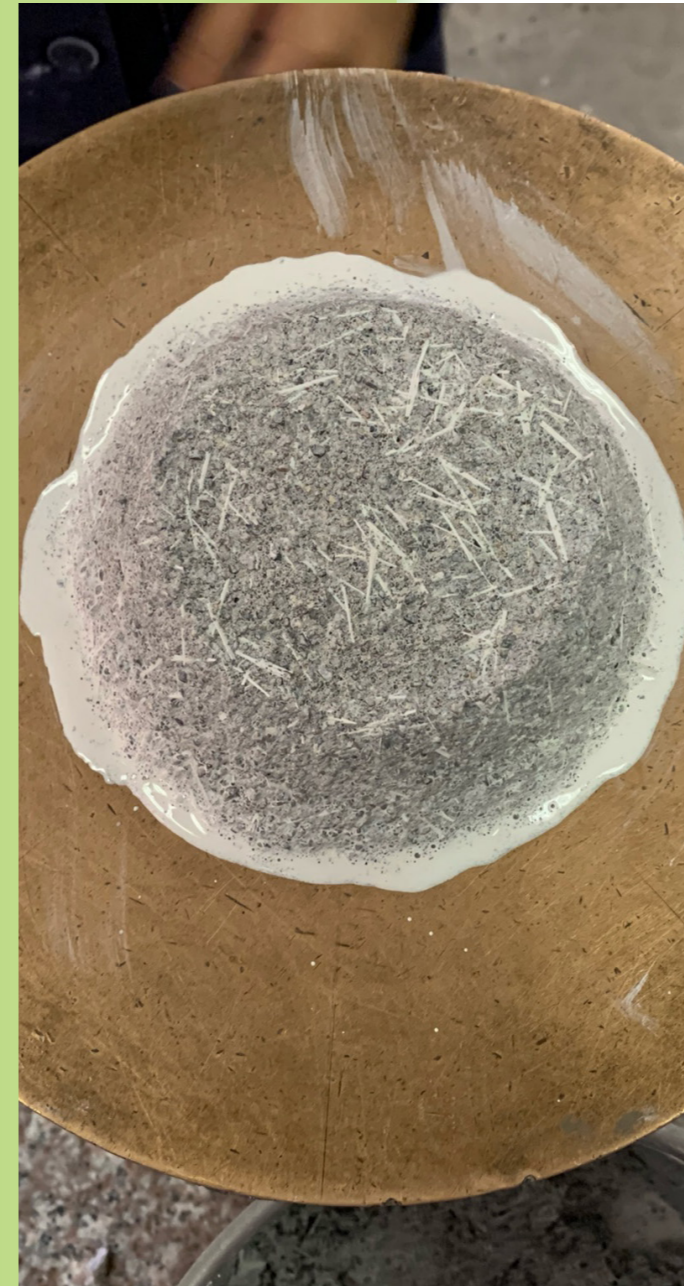


Imagen 8

Consistencia	Fluidez %	Condición de colocación	Uso	Colocación
Dura (Seca)	80 - 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (Plástica)	100 - 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (Húmeda)	120 - 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo inyección

**Tabla 2.3:** Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación.  
Fuente: El concreto y otros materiales para la construcción, pág. 120; [Gutiérrez de López, 2003].  
Elaboración: propia

### 2.1.4.1.3 Velocidad de endurecimiento

Característica del mortero que define el tiempo de fraguado inicial y final de su elaboración, los mismos que oscila entre 2 y 24 horas, comúnmente. Existen factores que influyen en el tiempo de endurecimiento, como son las condiciones climáticas, tipo de curado y composición (Sánchez de Guzmán, 2001).

### 2.1.4.2 Propiedades en estado endurecido

Son aquellas propiedades que se presentan después del proceso de fraguado, donde el mortero está endurecido; estas son resistencia, durabilidad y apariencia.

#### 2.1.4.2.1 Resistencia

Capacidad que tiene el mortero para resistir esfuerzos de compresión o flexión. Cuando el mortero se encuentra endurecido parte del tiempo de curado óptimo para su rotura, el mismo que oscila entre las 24 horas y los 28 días de su elaboración, tiempo en el cual alcanza la resistencia óptima (Imagen 9) (Arias y Navas, 2015; NTE INEN 488, 2009).

La resistencia de un mortero estará sujeta a la calidad de sus materiales, por ello se requiere ensayos previos para una selección óptima. Además, el tipo de curado y agentes externos influyen en su resistencia (Corona, 1997; Salamanca, 2009).

#### 2.1.4.2.1 Durabilidad

Propiedad de la mezcla para resistir condiciones de exposición externa, tales como las bajas temperaturas, penetración de agua, retracción al secado o desgaste por abrasión, sin deterioro de sus condiciones físico-químico con el tiempo. Los morteros con altas resistencias tienen una buena durabilidad (Asocreto, 2010; Sánchez de Guzmán, 2001).

#### 2.1.4.2.3 Apariencia

Propiedad notable en morteros, sobre todo si es descubierto. La plasticidad y dosificación de una mezcla adecuada permiten obtener un mejor acabado. Se puede incorporar colorantes y/o aditivos para variar su color y textura (Sánchez de Guzmán, 2001).



Imagen 9



Imagen 10

## 2.1.5 Componentes de los morteros

### 2.1.5.1 Agregado fino

Es posible considerar como agregados a todo material que, teniendo una resistencia propia, no perturbe ni perjudique las características y propiedades del concreto, además garantice una adherencia suficiente con la pasta de cemento (Sánchez de Guzmán, 2001).

Los agregados constituyen del 60% al 80% del volumen de la mezcla, definiéndose como uno de los materiales con mayor importancia dentro de la dosificación. Sus características delimitan la calidad del mortero o concreto tanto en estado plástico como en estado endurecido. Por ello se requiere un estudio de sus partículas para saber que estas son limpias, resistentes y libres de defectos ocultos (Asocreto, 2010; Gutiérrez de López, 2013; Rivera, 2013; Sánchez de Guzmán, 2001).

Se clasifica a los áridos, según su tamaño en: agregado grueso, con un valor de tamaño de 4,76mm en adelante; y en agregados finos con un tamaño de 4,76 a 0,075 mm (Asocreto, 2010; Gutiérrez de López, 2013; Rivera, 2013). Es así que

para el desarrollo de los concretos se requiere tanto del agregado fino como del grueso, mientras que para los morteros es necesario solamente el agregado fino (tabla 2.4).

Se determina la calidad del agregado por sus características físicas: origen, granulometría, densidad, forma y superficie (Imagen 10). Estas difieren según el tamaño del agregado, por lo que se definirá a continuación las características de los agregados finos, material requerido para el desarrollo del mortero.

Tamaño mm	Denominación más común	Clasificación	Uso como agregado de mezclas
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 - 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,074 - 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero o concreto
4,76 - 19,1 #4 - 3/4'	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para concreto
19,1 - 50,8 3/4' - 2'	Grava		Material apto para concreto
50,8 - 152,4 2' - 6'	Piedra		
> 152,4 6'	Rajón, Piedra bola		Concreto ciclópeo

**Tabla 2.4:** Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.

Fuente: Concreto Simple, Pág. 53; (Rivera 2013).

Elaboración: propia



Imagen 11

### 2.1.5.1.1 Granulometría

Es la distribución de tamaños de las partículas del agregado (Imagen 11). El tamaño del agregado produce una mezcla con mayor compactación, por lo que influye en la calidad y resistencia del mortero (Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 696], 2011). Siguiendo la normativa INEN 696, para el desarrollo del ensayo granulométrico, se especifica que no debe quedar retenido más del 45% del árido fino, y su módulo de finura no debe ser menor a 2,3 ni mayor a 3,1 (tabla 2.5) (NTE INEN 872, 2010).

El módulo de finura es un factor empírico aprovechado para estimar el grosor del agregado, el mismo que define la trabajabilidad de la mezcla, por lo que, si existe alguna variedad en la granulometría del árido, se debería realizar ajustes en cuanto al contenido de agua y cemento de la dosificación (Grijalva & Laines, 2016).

### 2.1.5.1.2 Determinación de impurezas

Para que el agregado sea útil y no afecte negativamente a las propiedades mecánicas del mortero, este debe contener una cantidad de impurezas mínima o nula, las mismas que son evaluadas con el ensayo de impurezas NTE INEN 855:2010. Si el agregado se encuentra fuera del rango de evaluación, este debe ser lavado y evaluado nuevamente, hasta que cumpla con la normativa.

### 2.1.5.1.3 Densidad

Propiedad que define la relación de peso del material con su volumen. Al ser el agregado un compuesto de minerales y poros que pueden contener vacíos, parcialmente saturados o llenos (Imagen 12), existen diferentes tipos de densidades, no obstante, la empleada para el diseño de la mezcla es la densidad aparente (Gutiérrez de López, 2013).

La densidad aparente es la masa promedio de la unidad de volumen del agregado incluidos todos los poros, saturados o no (Imagen 13). Es conocida también como densidad relativa o gravedad específica, se efectúa con el material en estado superficialmente seco (Gutiérrez de López, 2013; Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 856], 2014).

#### 2.1.6.1.4 Contenido de humedad y absorción

Capacidad que tiene un árido para absorber agua, ya sea de la mezcla o del ambiente, variando las cantidades necesarias para una dosificación (Imagen 14). Es por ello que los ensayos de Humedad y de Absorción son esenciales para la elaboración de diseño de mezcla, pues si el agregado está saturado, aportará agua y volumen a la mezcla; y viceversa (Rivera, 2013).

Módulo de finura	Agregado fino
Menor que 2,00	Muy fino o extra fino
2,00 - 2,30	Fino
2,30 - 2,60	Ligeramente fino
2,60 - 2,90	Mediano
2,90 - 3,20	Ligeramente grueso
3,20 - 3,50	Grueso
Mayor que 3,50	Muy grueso o extra grueso

**Tabla 2.5:** Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura.

Fuente: Concreto Simple, pág. 60;(Rivera 2013). **Elaboración:** propia



Imagen 12



Imagen 13



Imagen 14

### 2.1.5.2 Cemento

Uno de los materiales con mayor demanda en el campo de la construcción es el cemento, componente principal para desarrollar hormigones o morteros (Imagen 15). Sus propiedades físicas y mecánicas permiten que estas mezclas funcionen tanto para trabajos estructurales o infraestructuras ingenieriles, así como pegante de mampostería o como enlucido. Este elemento llega a ser entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla, de acuerdo al diseño establecido (Matallana, 2005).

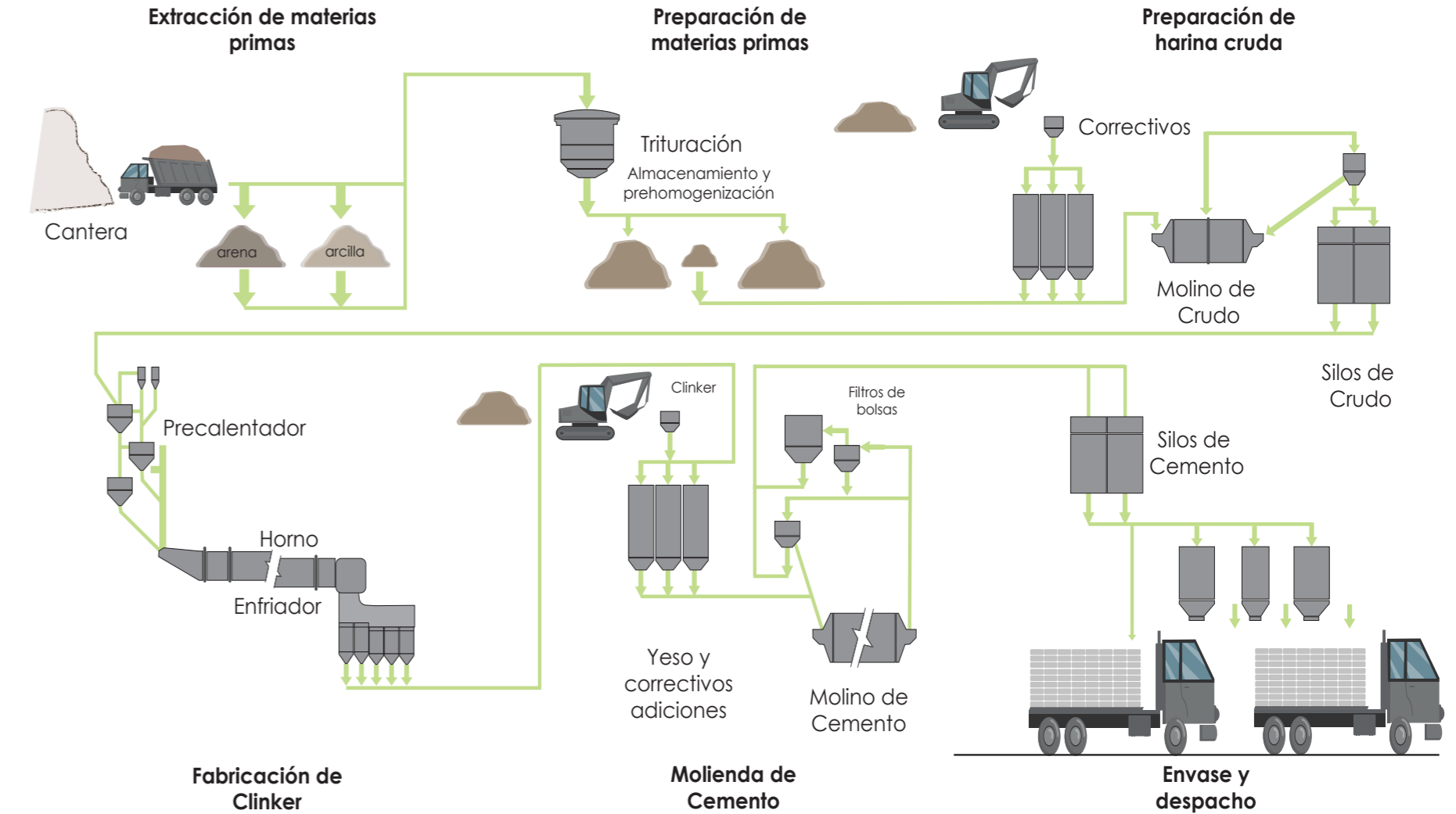
La palabra cemento, hace referencia a todo material que cuente con propiedades adhesivas cohesivas, las mismas que le permiten actuar como pegante de fragmentos minerales, formando un todo compacto. Este material ha ido evolucionando a través de la historia, gracias a los avances tecnológicos y las necesidades de mejorar sus propiedades para crear nuevas estructuras capaces de soportar significantes cargas.

Por otro lado, el cemento Portland es un aglomerante hidráulico proveniente de la mezcla de Clinker y yeso; siendo el Clinker un fino polvo creado a partir de la calcinación de compuestos silíceos, calcáreos y férricos (INEN 151, 2005). Adicionalmente, el cemento contiene pequeñas cantidades de óxido de hierro, óxido de magnesio, álcalis y anhídrido sulfúrico (Matallana, 2005). Los pequeños porcentajes de yeso permiten el control del tiempo de fraguado del producto final (Ilustración 2.2).

Los compuestos principales del cemento al estar sometidos al proceso de calcinación, se fusionan hasta alcanzar un estado de equilibrio químico, dando como resultado los compuestos que caracterizan al cemento y a partir de sus propiedades y características se determinan los tipos de cementos existentes.



Imagen 15



**Ilustración 2.2:** Proceso de elaboración de cemento

Fuente: Manual técnico de construcción, pág. 63; (García Rivero, 2008)

Elaboración: propia

El cemento Portland está regido por la norma ASTM C150, por lo que se debe cumplir con ciertos requisitos de composición y propiedades físicas. De modo que existen diferentes tipos de cementos de acuerdo con sus propiedades, usos, desempeños y adiciones.

### 2.1.5.2.1 Tipos de Cemento

La normativa INEN 152:2012 "Cemento portland. Requisitos", clasifica al cemento en 8 tipos, de acuerdo a su uso y composición (Tabla 2.6). Los tipos IA, IIA, IIIA cuentan con las mismas propiedades que los tipos I, II y III respectivamente, y adicionalmente con incorporador de aire (INEN, 2009).

Por otra parte, los denominados cementos adicionados o cementos compuestos son aquellos para aplicaciones generales, y especiales, empleando escoria, puzolana, con cemento portland, Clinker de cemento portland o escoria con cal (INEN, 2009). Estos cementos

deben responder a los requerimientos específicos de composición química y propiedades físicas de la norma ASTM C-595, o la normativa INEN 490 "Cementos Hidráulicos compuestos. Requisitos" (Imagen 16).

**Cemento Portland Puzolánico (IP):** Se obtienen de la pulverización conjunta de Clinker portland y puzolana. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre el 25% y el 50% de la masa total (INEN, 2011).

**Cemento de Escoria de alto horno (IS):** Mezcla de cemento portland y escoria de altos hornos fina y granulada, en donde el componente escoria está entre el 25% y el 70% de la masa del cemento portland de escoria de altos hornos (INEN, 2011). Es altamente resistente al ataque químico, en especial a agresiones de tipo salino por agua de mar específicamente de los sulfatos.

Tipo I (SM): Cemento portland de escoria modificado



Imagen 16

Tipo de cemento	Características	Clasificación				Resistencia relativa al tipo 1 (%)		Ejemplo de uso
		C3S	C2S	C3A	C4AF	1 día	28 días	
1	Uso general	40 - 55	25 - 30	3 - 15	5 - 10	100	100	Obras de concreto en general donde las propiedades especiales de los otros tipos de cemento no son requeridas
2	Resistencia moderada a los sulfatos y bajo calor de hidratación	40 - 50	25 - 35	8	10 - 15	75	90	Estructuras de drenaje donde las concentraciones de sulfatos en agua subterráneas son moderadas. Estructuras de masa considerable, como en muros de contención o cimentaciones masivas. Túneles y tuberías.
3	Altas resistencias iniciales	50 - 63	15 - 20	3 - 15	8 - 12	190	100	En estructuras donde se requiere quitar la formaleta prontamente o cuando la estructura debe ponerse al servicio rápidamente (reparaciones de puentes). En concretos preesforzados y prefabricados.
4	Muy bajo calor de hidratación	25 - 35	40 - 50	7	10 - 15	55	75	Para las estructuras de concreto masivo como grandes presas, donde el aumento de temperatura es un factor crítico resultado de un alto calor generado durante el endurecimiento.
5	Alta resistencia a los sulfatos	32 - 42	38 - 48	5	10	65	85	Para las estructuras en suelos o en contacto con aguas subterráneas con un alto contenido de sulfato.

**Tabla 2.6:** Tipos de Cementos, características y propiedades químicas

Fuente: Fundamentos del concreto aplicados a la construcción, pág. 26; (MATALLANA, 2005).

Elaboración: propia

Tipo (S): Cemento de escoria para uso en combinaciones con cemento Portland en la fabricación de hormigón y en combinación con cal hidratada para fabricar mortero de mampostería.

**Cemento aluminoso:** Compuesto con el 40% de cal, 40% de aluminio, 8% de sílice; se caracteriza por su rápido endurecimiento y elevada resistencia en corto tiempo, obteniendo su edad del 80% a las 24h. Es resistente al ataque del dióxido de carbono disuelto en agua por lo que se recomienda su empleo en tubos de alcantarillado (Matallana, 2005).

Estas adiciones son aquellas que no son cementantes por sí solas, sin embargo, al actuar conjuntamente con el Clinker y el agua llegan a formar productos cementantes. La aplicación de adiciones en la industria cementera es una práctica mundial que se hace fundamentalmente por razones técnicas, económicas y ambientales.

Los cementos hidráulicos se clasifican de acuerdo a sus propiedades específicas. Este tipo de cementos deben designarse de acuerdo a la nomenclatura descrita en la normativa. En el caso de no especificarse, se aplica el requisito del tipo GU (INEN 2380, 2005).

- Tipo GU: Cemento Hidráulico para uso en construcción de hormigón en general
- Tipo HE: Elevada resistencia inicial
- Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

Además, existe dos tipos de cemento con respecto a su apariencia: el cemento gris, el más comercial; y el cemento blanco, el cual cuenta con propiedades mecánicas ciertamente similares al del gris, pero su costo es mayor debido a su fabricación y características que lo que definen (Imagen 17) (Navarrete, 2006).

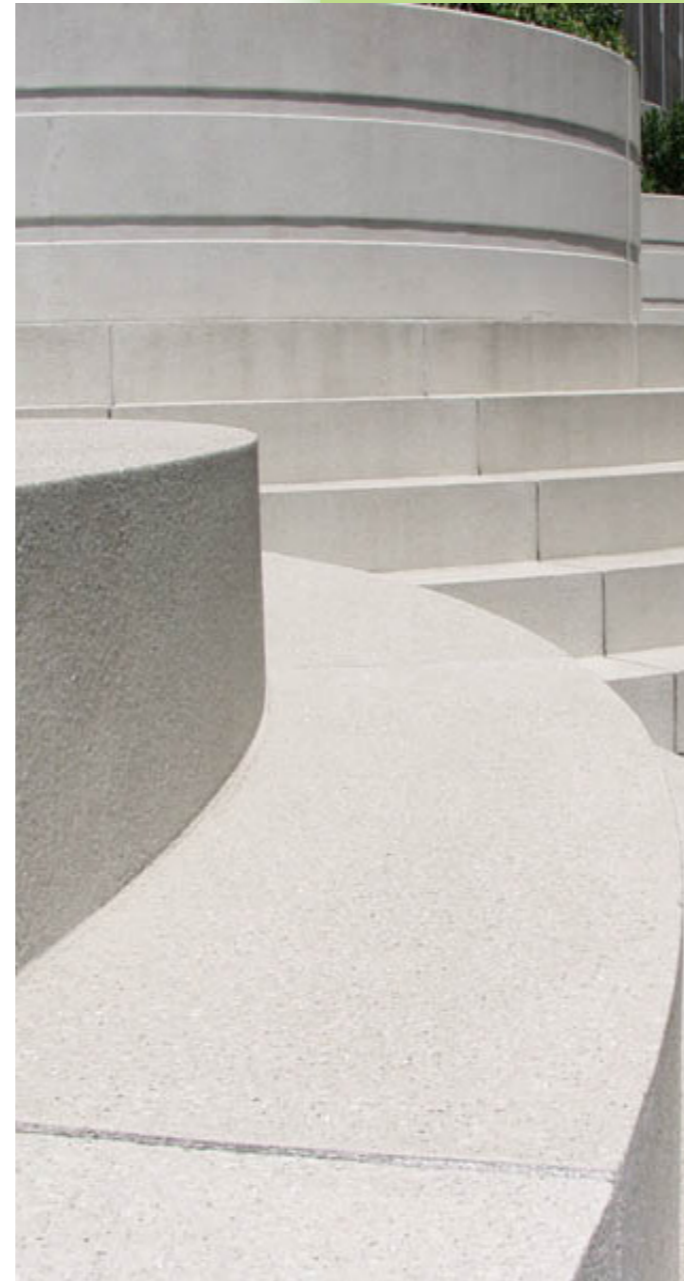


Imagen 17



Imagen 18

El cemento blanco cuenta con un proceso de fabricación en donde se aprovecha bolas de molibdeno y otro material diferente al acero para evitar la coloración grisácea. Así también, no cuenta con materiales que contengan hierro y óxido de manganeso, por lo que no posee mayor absorción y por ende se requiere menos agua para la elaboración del mortero (Matallana, 2005).

Las ventajas de emplear este tipo de cemento se encuentran ligadas básicamente por su color que permite una mayor luminosidad y por lo tanto una mayor reflexión de luz (Imagen 18). De igual forma se pigmenta fácilmente, creando una amplia gama de colores y texturas. Debido a su módulo de finura y ausencia de óxido férrico, el cemento crea mezclas más plásticas y por ende son mucho más trabajables (Holcim, 2014).

Este tipo de cemento funciona internacionalmente para acabados artísticos en las construcciones y escasamente de forma estructural, a pesar que sus características son idénticas a un cemento convencional tipo I (Tabla 2.7).

Tipo de Cemento	Componentes químicos principales (%)							Componentes mineralógicos principales (%)				
	CaO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	SO3	MgO	P.F	Na2O	C3S	C2S	C3A	C4AF
<b>Blanco</b>	66	22.5	4.5	0.4	2.8	1.0	1.7	0.17	60	19	11	1
<b>Gris</b>	64	20.5	5.4	2.6	3	2.1	1.4	1.4	54	18	10	8

**Tabla 2.7:** Comparación de compuestos químicos entre cemento blanco y gris

Fuente: Caracterización del cemento blanco, pág. 27; (Navarrete, 2006)

Elaboración: propia



### 2.1.5.3 Fibras

Son elementos que se caracterizan por ser bastante largos y delgados, por lo que su relación largo-ancho es significativa. Estos elementos son elaborados con diferentes materiales capaces de resistir grandes esfuerzos como son el acero, vidrio, polímeros orgánicos (fibras sintéticas) y naturales. Es por ello que se utilizan para hormigones reforzados, morteros (Imagen 19), mezclas normalmente proporcionadas o mezclas formuladas específicamente para una aplicación concreta (ACI Committe 544, 2002; Huamán, 2015).

Los agregados fibrosos han sido y están siendo desarrollados para proporcionar propiedades mecánicas mejoradas, en lugar de materiales que de otra manera serían frágiles. Cuando los hormigones son sometidos a tracción se vuelven quebradizos y su deformación inicia hasta fracasar, por lo que la introducción de fibras en la mezcla da lugar a cambios en las propiedades mecánicas y a la trabajabilidad. Esto dependerán de una serie de factores, como: la resistencia de

la fibra, el tipo, el módulo, la relación de aspecto, las características de unión, el contenido y orientación de la fibra (ACI Committe 544, 2002; Antillón, 2016).

Las fibras aportan a la mezcla:

- Control de agrietamiento.
- Disminución de permeabilidad.
- Incrementa la resistencia a la abrasión y al impacto.
- En porcentajes mayores puede aumentar sustancialmente a la resistencia a la tracción de la matriz.
- Inhibe el movimiento de la humedad en el concreto, durante y después de su colocación, obteniendo un concreto más homogéneo y, en consecuencia, con una mayor resistencia media global.
- Mejora la resistencia a los daños, particularmente durante la manipulación de componentes "jóvenes".
- Mejora la resistencia a la tracción y flexión, consiguiendo eliminar los refuerzos de acero en algunos elementos no estructurales.



- Mejora las características térmicas y la resistencia al fuego.

Se debe manifestar que, si se diseña de forma adecuada, uno de los mayores beneficios que se obtienen al disponer del refuerzo de la fibra, es la mejora de la utilidad (capacidad de la pieza para mantener su fuerza e integridad) durante su vida útil (Imagen 20) (ACI Committe 544, 2002; Puertas et al., 2000).



Imagen 20

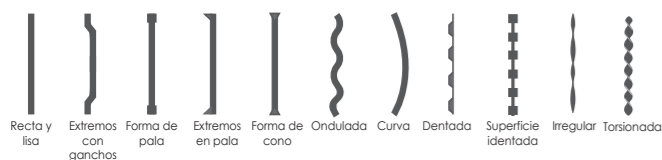


Ilustración 2.3: Tipos de fibras de acero

Fuente: Caracterización del cemento blanco, pág. 27; (Navarrete, 2006). Elaboración: propia



Imagen 21

### 2.1.5.3.1 Clasificación

Se clasifica a las fibras por su tamaño y su origen. De acuerdo a su tamaño existen dos tipos: las microfibras, aquellas que tiene una longitud de entre los 12 y los 75mm, funcionan para reducir la segregación de la mezcla y evitar fisuras. Las macrofibras, que generalmente son de acero, vidrio, sintéticas o naturales; estas sirven como refuerzo, similar al de una malla electrosoldada, a las varillas de refuerzo, y su diámetro esta entre los 0.25mm y 1.5 mm con longitudes variables (Antillón, 2016).

Las fibras que se clasifican por su origen, son las siguientes:

- **Fibras de acero:** se dividen conforme a su material y forma (Imagen 21). Según la ASTM 820, las fibras de acero se clasifican en: Tipo I, II, III, IV. En cambio, por su forma se encuentran lisas, con gancho, onduladas y retorcidas (Ilustración 2.3) (Carrillo et al., 2013).

- **Fibras de vidrio:** Gracias al avance tecnológico, se ha mejorado las características de este tipo de fibras, las

cuales son conocidas y empleadas desde varios años atrás, se desarrolla las fibras de vidrio alcalinorresistentes (AR), que proporcionan una mejor durabilidad a largo plazo (ACI Committe 544, 2002).

- **Fibras sintéticas:** Entre ellas se encuentran las de nylon, polipropileno, poliacrilo, nitrilo, polivinilo, acrílico (Hormigonar, 2009). A causa de la búsqueda de crear materiales reciclados, existen fibras de residuos plásticos como botellas o bolsas de polietileno, a las cuales se les aplica diversos procesos como lavado, corte y extrusión para llegar a su producto final (Ojeda et al., 2020).

- **Fibras naturales:** Son las fibras que se obtienen de tallos, hojas y cascara de frutas; sin embargo, no todas son adecuadas para el concreto, puesto que se requiere que sus composiciones y propiedades sean compatibles con la mezcla; entre ellas se localizan yute, cáñamo, kenaf, lino, coco, caña de azúcar, madera, bambú, etc., (Espinoza, 2015; Santillán, 2020; Taborda-Rios et al., 2017).

## 2.1.6 Dosificaciones para morteros

Se entiende como dosificación al cálculo de las cantidades óptimas de los materiales involucrados para una mezcla, en este caso arena, cemento y agua; con el propósito de cumplir las propiedades mecánicas de la misma (imagen 22). Las cantidades de los materiales en una dosificación son presentadas en proporciones en correspondencia con el material principal, es decir, el cemento.

Para realizar mezclas de morteros existen normas como la ASTM C270-10, NTE INEN 2518; y guías bibliográficas, que indican el proceso de mezclado a través de tablas y gráficos. Entre estas citas bibliográficas se encuentran los libros de tecnología del concreto y mortero como Sánchez de Guzmán (2001) y Rivera (2013).

Los métodos presentados anteriormente, realizan dosificación por volumen o por peso, métodos sumamente eventuales para el desarrollo de la dosificación (imagen 23) (Sánchez de Guzmán, 2001). Sin embargo, existen diseños

experimentales que involucran métodos matemáticos para el desarrollo de una mezcla, como lo explica Lema y Castillo (2018) en su investigación con modelos matemáticos en el diseño de mezclas de vértices extremos para morteros, este estudio logró capturar una zona de operabilidad factible del mortero.

Para cualquier método a utilizar, se debe conocer que los materiales juegan un papel importante al momento de dosificar, principalmente la arena, material que debe estar ensayado previamente para su adecuado uso; pues, de sus resultados dependerá la calidad del mortero (imagen 24). Así también, se debe considerar la relación agua cemento que se utilizará, ya que este determinará la resistencia de la mezcla (Lema y Castillo, 2018; Rivera, 2013; Sánchez de Guzmán, 2001).



Imagen 22



Imagen 23



Imagen 24

## 2.1.7 Aplicaciones

Los morteros tienen diferentes aplicaciones dentro del campo de la construcción, por lo que se dividen en dos: los morteros que funcionan para elementos estructurales o mampostería de carga; y aquellos morteros que no requieren de esfuerzos mayores y son destinados como rellenos, recubrimientos o revoques (Gutiérrez de López, 2003).

El uso de los morteros ha evolucionado en la historia, por lo que actualmente, también es aprovechado para fabricar elementos destinados para recubrimientos arquitectónicos; esto a causa de su resistencia y acabado (Imagen 25).

### 2.1.7.1 Revestimientos arquitectónicos

Son aquellos elementos que cumplen su función sobre la superficie de otro para protegerlo o decorarlo. Este elemento influye en gran medida en la terminación del edificio tanto en su diseño interno como externo, por lo cual, elegir correctamente los acabados o materiales de revestimiento de una edificación es de gran relevancia.

Los revestimientos arquitectónicos deben cumplir sus funciones técnicas, pues su uso va más allá de verse bien. Estas variarán a partir de su uso en la construcción, se requieren características diferentes para paredes como para pisos. Entre sus características funcionales se encuentran la facilidad de limpieza, mantenimiento, resistencia y durabilidad (tabla 2.8).

Los revestimientos de pisos, al estar sometidos a cargas mayores, una intensidad de tráfico elevada y daños superficiales, demandan dimensiones mayores, principalmente su espesor, el mismo que varía de acuerdo con la calidad del material y la carga sometida (Remontiro, 2018). De la misma forma se requiere que cuenten con una elevada resistencia a la abrasión y al deslizamiento; este último a causa de que las piezas pueden presentar humedad o agua superficial (Navarro, 1997; Remontiro, 2018).



Imagen 25

### Características de los productos cerámicos que definen las expectativas del consumidor

Características perceptibles, previas al uso, decisivas en la compra	Dimensiones (forma, tamaño) Aspecto superficial (color, diseño, rugosidad, etc.)
Características relacionadas con la colocación y el almacenamiento (apreciables por el colocador y/o almacenista, pero no apreciables por el usuario)	Facilidad de manipulación (peso, forma, tamaño, espesor, embalaje, número de piezas combinables, etc.) Rendimiento de la colocación (forma, combinabilidad, etc.) Adhesión al sustrato Estabilidad en el almacén (curvatura, cuarteo, etc.)
Características de uso (perceptibles por el usuario final, desconocidas en la compra)	Perdida de aspecto (rotura, desconchamiento, cuarteo, retención de suciedad interna o externa, cambio de color, brillo o de aspecto superficial). Ligadas a la seguridad (roturas o lesiones, superficie deslizante, posibilidad de liberar o emitir elementos o compuestos nocivos). Relacionadas con la higiene o desinfección (adherencia, porosidad, posibilidad de liberar polvo, etc.)

**Tabla 2.8:** Características de productos cerámicos que definen su apariencia.

Fuente: Requisitos técnicos de baldosas cerámicas para usos concretos, pág. 83; (Enrique Navarro, 1997).

Elaboración: propia

Existen numerosos tipos de materiales utilizados como revestimiento para pisos, estos varían a partir del destino, ya sea en el interior que suelen ser más estéticos y lisos; mientras que en el exterior se requieren rugosos. Comúnmente, los pisos para exteriores son de piedra natural o trabajada como el caso del mármol, porcelanato o cerámica; o pisos con mayor sección como son los adoquines.

Los revestimientos para pisos suelen tener formas regulares y simétricas, para una facilidad de uso, colocación y para que su costo sea admisible (Imagen 26). Las dimensiones frecuentemente encontradas en los mercados varían entre los 20 cm y los 60 cm de lado, combinándolos entre figuras cuadradas y rectangulares. Existen piezas con mayores tamaños, no obstante, estas son ocupadas para fachadas, debido a que su espesor es menor (Costos, 2021; Remontiro, 2018)



Imagen 26

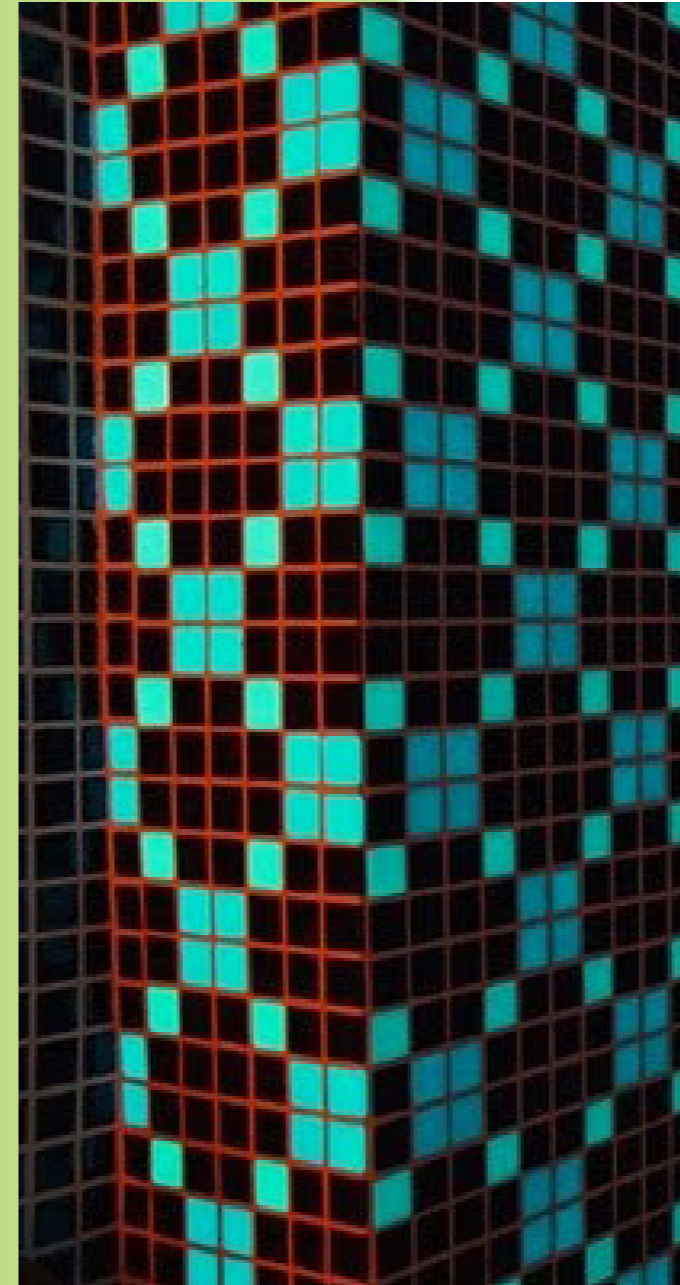


Imagen 27

## 2.2 MATERIALES FOTOLUMINISCENTES

### 2.2.1 Antecedentes

Los materiales luminiscentes son aquellos capaces de generar luz luego de ser expuestos a alguna fuente de excitación, esta puede ser química, eléctrica, térmica, mecánica o electromagnética (Rojas, 2015).

Este fenómeno se ha visto desde la naturaleza tanto en animales, plantas, océano y hasta en la atmósfera como sucede en las auras boreales. Es por ello que se ha intensificado la fascinación del hombre desde hace más de 100 años por recrear este fenómeno en diversos campos.

La luminiscencia es la propiedad que poseen los cuerpos para emitir luz sin emisión de calor, llamado también como luz fría (Imagen 27). Este fenómeno se produce cuando los átomos del material absorben energía superior, sin ser por defecto de radiación térmica y la liberan en forma de luz (Argiz, 2019; Sánchez y Sánchez, 2001). La luminiscencia se clasifica según el tiempo de emisión de luz en fluorescencia y fosforescencia:

- **Fluorescencia:** El tiempo de duración, luego de haberla retirado de su carga, es menor a un milisegundo, retomando su estado original instantáneamente.

- **Fosforescencia:** Su duración es mayor, debido a que los átomos pasan a su estado original lentamente, haciendo parecer que el material fuera luz, permaneciendo encendido por un periodo de tiempo mayor.

Así también, se puede clasificar por su forma de excitación como fotoluminiscencia, triboluminiscencia, quimioluminiscencia, electroluminiscencia, radioluminiscencia, sonoluminiscencias, entre otras (Correcher y García, 2015).

## 2.2.2 Fotoluminiscencia

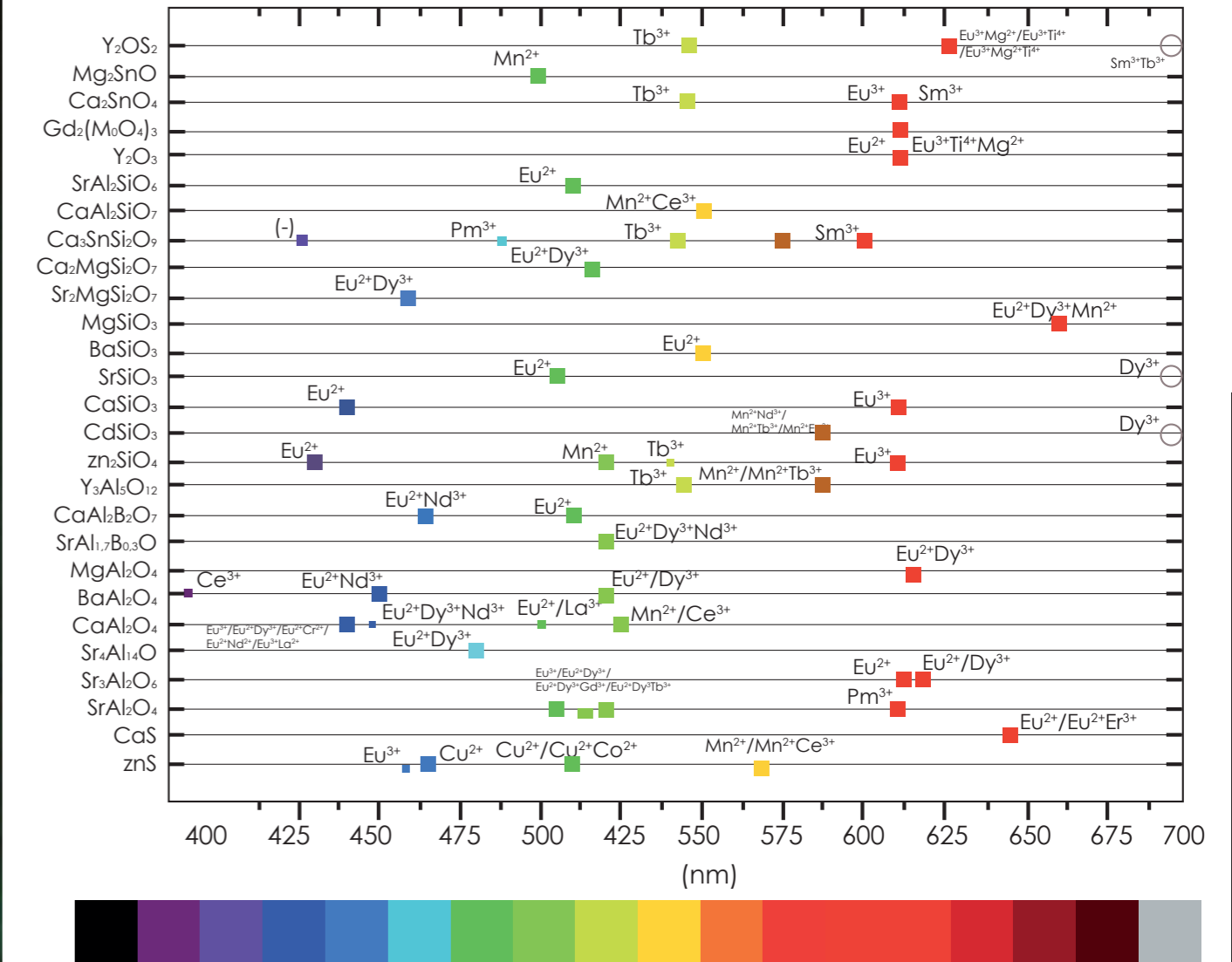
Es el tipo de luminiscencia producida por energía electromagnética, en la cual, el material emite luz como resultado de la absorción de fotones (Imagen 28). Generalmente esta energía es superior a la energía que se emite (Rojas, 2015; Sánchez y Sánchez, 2001). Esta aplicación se observa en diferentes campos utilizados con fines prácticos, como en pinturas, manecillas de reloj, juguetes, señalización y hasta en cementos (Argiz, 2019; Báez et al., 2019).

Los materiales fotoluminiscentes se han evaluado desde la antigüedad, estudiando los fenómenos ocurridos en la naturaleza, por lo que en 1602 se inicia con el estudio de rocas compuestas de sulfato de bario, obteniendo sulfuro de bario. A partir de los último 30 años se ha encontrado en las literaturas más de 100 tipos de materiales fotoluminiscentes, los mismos que se han agrupado en seis familias principalmente: aluminatos, silicatos, aluminosilicatos, óxidos, oxisulfuros y sulfuros (Argiz, 2019; Rojas, 2015).

Para incrementar la intensidad o duración de estos materiales se incrementa dopantes o centros activadores, provenientes de tierras raras como  $\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Tb}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Tm}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ , que al ser utilizados en la matriz principal y dependiendo de la longitud de onda de esta, el resultado será un color diferente en cada una de ellas (Ilustración 2.4) (Flor et al., 2018; Rojas, 2015).



Imagen 28



**Ilustración 2.4:** Representación de la longitud de onda de emisión para diferentes tipos de matrices, dopadas con uno o más activadores.

**Fuente:** Diseño y síntesis de materiales nanoestructurados basados en aluminatos de estroncio con propiedades fotoluminiscentes, pág. 11; (Rojas Hernández, 2015). **Fuente:** propia

### 2.2.3 Aluminato de Estroncio

A partir de varias investigaciones realizadas por diferentes autores, se llegó a la conclusión que el aluminato de estroncio dopado con Europio y Disproso, es una de las matrices más prometedoras para aplicaciones fotoluminiscentes, pues cuenta con una excelente estabilidad química, propiedades de larga duración, además no es tóxico ni radioactivo (Imagen 29) (Aroz et al., 2017; Grijalva & Laines, 2016; Rojas Hernández, 2015; Sanjuán & Argiz, 2019).

El aluminato de estroncio es un compuesto inorgánico perteneciente a la familia de los aluminatos, que se forma por la calcinación a 1100 Co de cantidades equimoleculares de óxido de aluminio y óxido de estroncio con aproximadamente el 1% de ácido bórico, el mismo que actúa como fundente para su elaboración; dando como resultado un polvo incoloro y no tóxico (Imagen 30) (Flor et al., 2018; Rojas, 2015). Este material fue estudiado por Marzukawa en 1996, como material

fotoluminiscente dopado con europio y disproso, obteniendo como resultado una fosforescencia brillante de 16 horas (Sanjuán y Argiz, 2019).

Actualmente existen estudios para la elaboración de matrices por medio de nuevas rutas de síntesis del aluminato de estroncio, dopado con activadores, estas varían por la prolongación de luz emitida y el color de la misma. "Los compuestos  $Sr_4Al_14O_{25}$ ,  $SrAl_4O_7$  y  $Sr_2Al_3O_6$  dopados con  $Eu^{2+}$  y  $Dy^{3+}$ , forman una emisión de luz centradas en el azul, verde y rojo, respectivamente, mientras que la matriz  $Sr_2Al_3O_6$  también presenta una emisión de luz verde" (Imagen 31) (Rojas, 2015).



Imagen 29



Imagen 30



Imagen 31

El análisis de los materiales del mortero debe ser los adecuados para obtener los resultados en cuando a sus propiedades físicas y mecánicas. Es por ello que conocer a partir de la teoría, nos acerca de una manera certera a los objetivos deseados.

Por otro lado, la incorporación del aluminato de estroncio y las fibras, permitirán obtener un mortero fotoluminiscente conveniente para revestimientos arquitectónicos, especificando de una manera adecuada y concreta aquella información necesaria para el propósito. Es por ello que se especifica que el aluminato de estroncio es el principal componente para el desarrollo de el producto final, a pesar de su alto precio, los resultados con este componente son adecuados. Por otro lado, la incorporación de fibras permitirá a la mezcla obtener valores altos en cuanto a resistencias a flexión, información que en los siguientes puntos se podrán conocer.



La elaboración de un material conlleva todo un proceso, desde el estudio de sus componentes hasta la experimentación con cada uno de ellos. Se realizaron ensayos con cada uno de los elementos utilizados en la dosificación, de esa manera obtener mejores resultados.

Por lo que aquí se describe las características de cada elemento, los equipos utilizados, la metodología y procedimiento del diseño y preparación del mortero fotoluminiscente. Este proceso fue elaborado con la guía de estudios previos y siguiendo las normativas respectivas para cada procedimiento elaborado.

---

Charles Eames

“Los detalles no son los detalles. Los detalles son el diseño”

# MATERIALES Y MÉTODOS





## 3.1 METODOLOGÍA

La investigación empleada en el presente estudio se dividió en diferentes fases, inició con la contextualización de la información, se recolectó documentación bibliográfica (imagen 33) para conocer el mortero y sus nociones primordiales, la misma que orientó para la ejecución de la propuesta.

Además, para el cumplimiento de los objetivos, la metodología aplicada en la investigación fue de tipo experimental, debido a que se llevó a cabo a través de la manipulación de diferentes materiales y estudios de ensayos prácticos efectuados en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca "Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimática".

De igual modo, la investigación fue cuantitativa, con los datos obtenidos en el Laboratorio, se presentó el registro detallado de los resultados de las muestras para su futura comparación; las mismas que se tabulan y sintetizan en gráficos y tablas con la debida especificación de cada etapa del estudio.

Finalmente, en el presente capítulo se detalla también el proceso de dosificación, para lo cual se analizó las características de los materiales involucrados, el método de mezcla, proceso de curado y los ensayos mecánicos respectivos de acuerdo con los parámetros establecidos y las normas vigentes.

En el proceso de búsqueda de la mezcla maestra se ensayaron aproximadamente 270 especímenes (anexo 01), entre ellos cubos de 50x50x50 mm, para ensayos a compresión; prismas de 40x40x160 mm y placas de 190x190x5 mm para ensayos a flexión, como muestras adicionales se realizaron 20 placas de 80x40x4mm para el análisis lumínico.

Para la comprensión del estudio, la información obtenida se desarrolla en 3 etapas, detalladas a continuación (Ilustración 3.1):

- ETAPA 1: ESTUDIOS
- ETAPA 2: ELABORACIÓN
- ETAPA 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS



Imagen 33



Ilustración 3.1: Metodología de estudio.  
Elaboración: propia

### 3.1.1 ETAPA I: Estudios

#### 3.1.1.1 Materiales

Los materiales estudiados en la literatura para la elaboración de un mortero común son: cemento, árido fino y agua. En la elaboración del MORTERO FOTOLUMINISCENTE CON FIBRAS en la presente investigación se adicionó fibras de vidrio, aditivo plastificante y aluminato de estroncio. Ciertos materiales fueron importados, pues cumplen con lo requerido para el estudio.

#### ■ Agregado fino

Para la caracterización del agregado se obtuvo el material en tres distintos lugares ubicados en la ciudad de Cuenca: ferretería Benigno Bravo, distribuidora ubicada en la autopista sector Guzho y cantera Rookaazul. Materiales que fueron sometidos a distintos estudios como la densidad relativa (imagen 36, 37), determinación de impurezas, capacidad de absorción, humedad, granulometría (imagen 38) y módulo de finura; para proceder al diseño de la mezcla maestra.

El agregado utilizado fue sustraído de las minas de Santa Isabel (imagen 34), distribuida por la cantera Rookaazul ubicada en Panamericana Norte Sector Descanso, perteneciente a la provincia de Azuay. Material escogido por obtener un mejor resultado con relación a sus características (tabla 3.1) (gráfico 3.1) y resistencia, además no contiene excesiva materia orgánica en sus partículas (imagen 35).

Se consideró necesario que el agregado pase por un proceso de lavado a través de tamices (imagen 39), con el objetivo de tener mejor calidad en el material empleado en la mezcla (tabla 3.3). Además, se retiraron los tamices #4 #8 y #16, modificando su módulo de finura (tabla 3.2), para brindarle un óptimo acabado a la pieza final. El MF se encuentra fuera del límite establecido por la norma, sin embargo, se detalla en la misma que se puede emplear siempre y cuando esta no afecte los resultados de resistencia de la mezcla (NTE INEN 872, 2010).



Imagen 34



Imagen 35

ENSAYO GRANULOMÉTRICO					
ARENA LAVADA Sin Tamiz #4,#8,#16					
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PASADO
#	(mm)	(gr)	%	%	%
4	4,75	0	0,00	0,00	100,00
8	2,36	0	0,00	0,00	100,00
16	1,18	0,4	0,10	0,10	99,90
30	0,6	153	38,23	38,33	61,67
50	0,3	159,4	39,83	78,16	21,84
100	0,15	81,5	20,36	98,53	1,47
200	0,075	5,8	1,45	99,98	0,02
Base		0,1	0,02	100	0,00
<b>TOTAL:</b>		<b>400,2</b>	<b>100,00</b>		

Tabla 3.1: Datos granulométricos del agregado fino.

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 696, 2011).

Elaboración: propia

<b>MF</b>	2,15	2,3 < MF < 3,1	NTE INEN 696	NTE INEN 872
-----------	------	----------------	--------------	--------------

Tabla 3.2: Módulo de finura del agregado fino.

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 872, 2010).

Elaboración: propia



Gabriela Orellana - Gabriela Sánchez

Imagen 36



Imagen 37



Imagen 38



Imagen 39

Ensayo	Resultado
Densidad Relativa	2,61 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	36,85%
Humedad	1,50%
Módulo de finura	2,15

**Tabla 3.3:** Caracterización del agregado fino.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

Ensayo	Resultado
Densidad	2,84 gr/cm <sup>3</sup>
Finura	3798 cm <sup>2</sup> /g
Fraguado inicial	60 min
Expansión	0,06%

**Tabla 3.4:** Caracterización del cemento.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia



**Gráfico 3.1:** Granulometría del agregado fino.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

### ■ Cemento

Debido a las características buscadas en el mortero se optó por un cemento blanco (imagen 40) Portland Tipo I de origen peruano denominado Huascarán (anexo 02) el cual cumple con la normativa NTE INEN 15: 2005. Es óptimo en cuanto a compatibilidad con los demás elementos agregados en la mezcla para obtener luminiscencia. Los resultados en cuanto a resistencia fue el más alto en comparación con otros, el cual puede llegar a alcanzar 310 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días según su ficha técnica (tabla 3.4).

### ■ Aditivo

El aditivo utilizado es el SikaPlast 1000-R (anexo 03) que es un reductor de agua de alto rango de la tecnología Sika Viscocrete, otorga ventajas a la mezcla como la reducción de cantidad de agua, así mismo, brinda una alta plasticidad y se obtiene alta resistencia. De acuerdo con las especificaciones en su ficha técnica su uso puede ser entre 0.3% al 1.4% del peso del cemento dependiendo del resultado que se requiere.



Imagen 40



Imagen 41



Imagen 42

### ■ Agua

El agua de la mezcla cumple con NTE INEN 1108, se empleó agua de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Cuenca.

### ■ Fibras

Las fibras utilizadas son alcalinas resistentes (Ar) (anexo 04) con 12mm de largo denominada Cemfil, propias de la distribuidora Sumiglas, ubicada en Colombia (imagen 41).

### ■ Aluminato de Estroncio

El elemento que brinda la fotoluminiscencia al mortero es el Aluminato de Estroncio (imagen 42) de origen europeo importado por medio de la empresa quiteña Ecuaglow (anexo 05). Es un químico en polvo de color verdoso como color puro, es inodoro y soluble al agua. Dicho material fue considerado como un agregado más en la mezcla por lo que se sometió a diferentes ensayos como: absorción y humedad (tabla 3.5). Estos datos son utilizados para el cálculo de la dosificación.

Ensayo	Resultado
Absorción	19,51%
Humedad	0,35%
Densidad	3,6 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente	935 Kg/m <sup>3</sup>

**Tabla 3.5:** Caracterización del Aluminato de Estroncio.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

### 3.1.1.2 Equipos

#### ■ Balanza ADVENTURE PRO: AV810IC

La balanza utilizada para los ensayos cuenta con una legibilidad de 0,1g; con una precisión hasta la céntima de gramo y con calibración automática (imagen 43).

#### ■ Tamiz

Consiste en unas telas de tamiz colocadas en marcos que evitan la pérdida de material mientras esta en el tamizado. Dichos tamices deben cumplir los tamaños y requisitos de la NTE INEN 154:2013. Estas serán colocadas sobre el agitador de tamices para proceder con el ensayo respectivo (imagen 44) (tabla 3.6).

#### ■ Batidora HOBART N-50

La normativa NTE INEN 155:2009 especifica que es un dispositivo mecánico tipo epicíclico movido eléctricamente que proporciona un movimiento planetario y rotatorio al momento de mezclado (imagen 45). La batidora HOBART N-50 cumple con la norma ASTM C305 y es

certificada para uso en mezcla de morteros. Poseen una capacidad de 5 y 9.5 L respectivamente y una potencia de 0.25 Hp con 3 velocidades de mezclado, cuenta con un tazón de acero inoxidable.

Tamices	
Número de Tamiz	Tamaño de malla
16	1,18 mm
20	850 µm
30	600 µm
40	425 µm
50	300 µm
100	150 µm
200	75 µm

**Tabla 3.6:** Dimensiones de los tamices.  
Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 873, 2017).  
Elaboración: propia



Imagen 43



Imagen 44

#### ■ Mesa de flujo ELE SOILTEST CT-20

Mesa de operación manual, cuenta con una estructura integral de hierro rígido, constituida por 3 partes: un soporte de hierro fundido en el que consta de una leva rotatoria, un plato circular rígido de diámetro de 225 mm sujeto a un eje de contacto por medio de un torillo roscado y un molde cónico para la colocación de la mezcla a ensayarse; cumple con la Norma ASTM C230 (imagen 46).

#### ■ Calibrador

Consta de una clavija fija y una móvil que se traslada a lo largo de una escala permanente. Es utilizado para medir el diámetro del mortero ensayado en la mesa de flujo. Equipo requerido según la normativa NTE INEN 2500:2009.

#### ■ Moldes para especímenes

Según la normativa NTE INEN 488:2009 son moldes con tres compartimentos cúbicos de 50 mm de arista cada uno, de metal duro para su respectiva manipulación y evitar deformaciones en las muestras. Dicho molde es aprovechado para muestras a compresión. Los moldes para los prismas deben ser de 40x40x160 mm según la norma NTE INEN 198:1987, para realizar las pruebas a flexión.

#### ■ Máquina de compresión ADR Touch

La máquina de compresión ADR Touch, consta de un lector digital, permite probar cilindros, cubos y vigas para efectuar ensayos tanto de flexión y compresión (imagen 47).



Gabriela Orellana - Gabriela Sánchez

Imagen 45



Imagen 46



Imagen 47



Imagen 48

### 3.1.1.3 Análisis bibliográfico para dosificación

Existen varios métodos para dosificar un mortero, como se explica en el capítulo 2, por lo que, se experimenta con el análisis de dos fuentes bibliográficas (imagen 48) sobre concreto que son: "EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN" de Libia Gutiérrez de López y "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO" de Diego Sánchez de Guzmán.

Se llevó a cabo pruebas con las dosificaciones obtenidas de dicha bibliografía (imagen 49), alcanzando mejores resultados con el documento de Libia Gutiérrez., el mismo que explica un método de dosificación en 4 pasos que son:

#### 1. Contenido de cemento.

La cantidad de cemento depende de la resistencia que se desea alcanzar a los 28 días. En dicha investigación se muestra 3 tablas guías (Anexo 06), las cuales tienen en cuenta la fluidez y módulo de finura del agregado.

El flujo de la mezcla dependerá de la trabajabilidad requerida, se escogió un flujo medio según la tabla 2.3 en el que oscila entre el 100 al 120%. Con los datos obtenidos, se desarrolla la dosificación a partir del gráfico número 10 de la página 124 del documento mencionado (gráfico 3.2).

#### 2. Contenido de agua.

En base a la resistencia a compresión a los 28 días se puede determinar la relación agua-cemento según los 2 gráficos proporcionados en el libro (Anexo 07); tomando como referencia el gráfico No. 12 de la página 126 (gráfico 3.3).

Al conocer la relación agua/cemento (A/C) y la cantidad de cemento (PC), se puede encontrar la cantidad de agua (CA) necesaria para mezcla, de la siguiente manera.

$$CA = A/C \times PC$$

### 3. Contenido de arena.

Para obtener la cantidad de arena se resta a 1m<sup>3</sup> la cantidad de cemento, agua y aire.

- Volumen de arena (VA):

$$VA = \frac{PA}{\gamma_A}$$

$$VA = 1 - (VC + VA_{Air})$$

### 4. Cálculo del volumen.

A continuación, se procede a calcular el volumen de los materiales.

- Volumen del cemento (VC):

$$VC = \frac{PC}{dC}$$

PC= Peso del cemento (obtenido en el paso 1).

dC= Densidad del cemento (varia entre 3.05 y 3.18 g/cm<sup>3</sup>).

PA= Peso de la arena  
 $\gamma_A$ =Peso específico saturado y superficialmente seco de la arena (obtenido mediante ensayos en el laboratorio).

- Volumen de aire incluido (VAir):

Si se requiere incorporar aire a la mezcla es de 3.5% aproximadamente, este volumen es la cantidad de aire en forma de burbujas que queda atrapado en la masa del mortero después de la compactación.

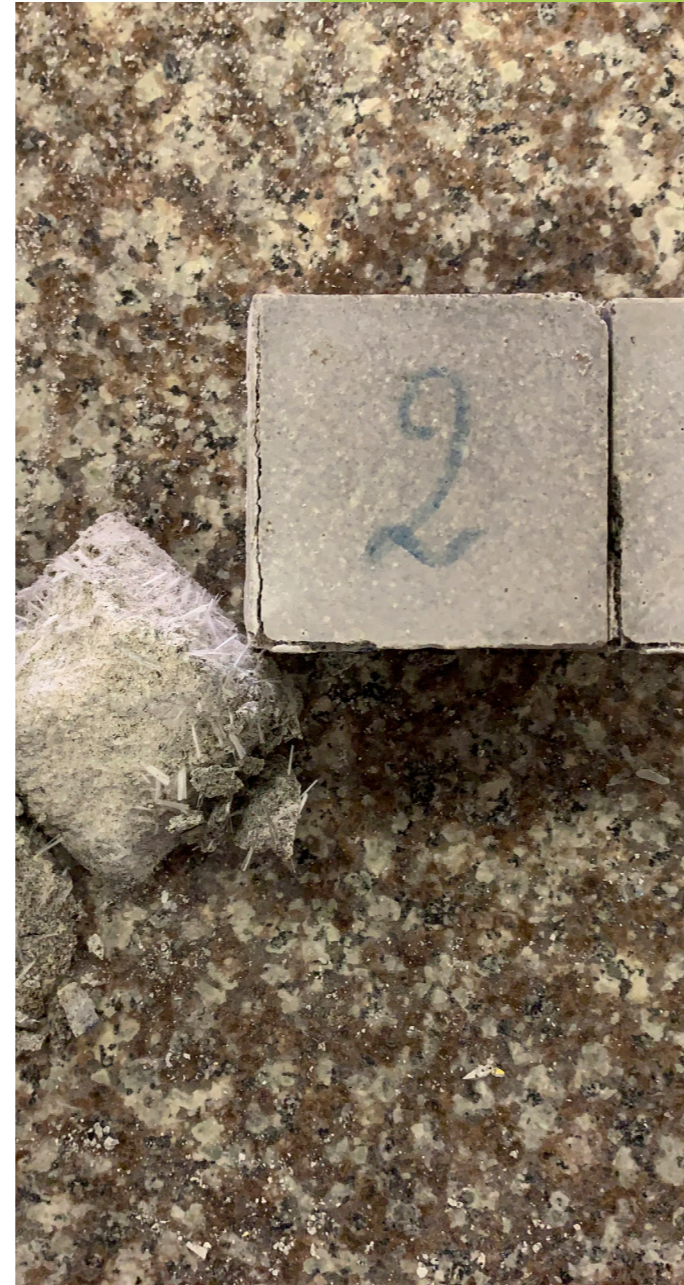
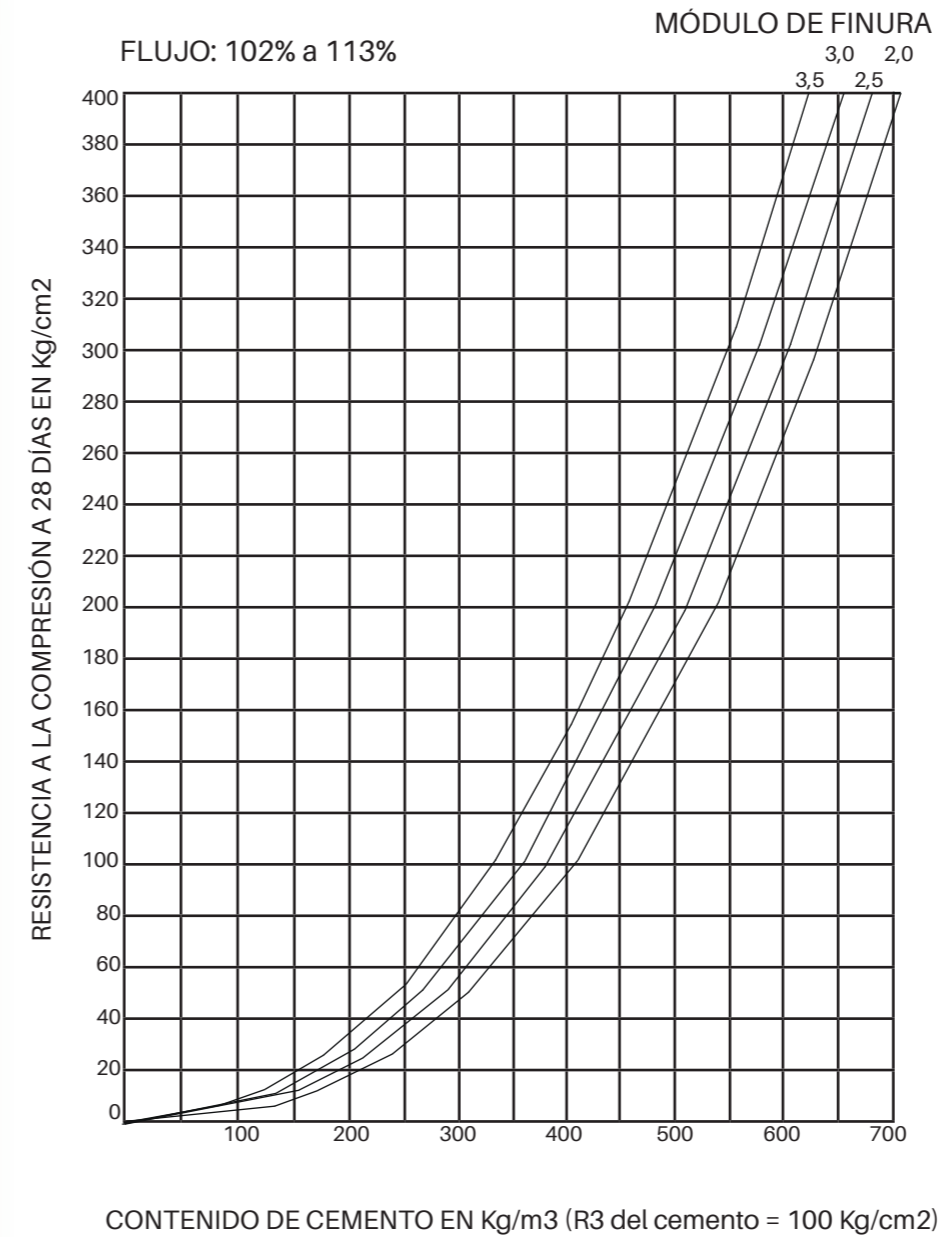


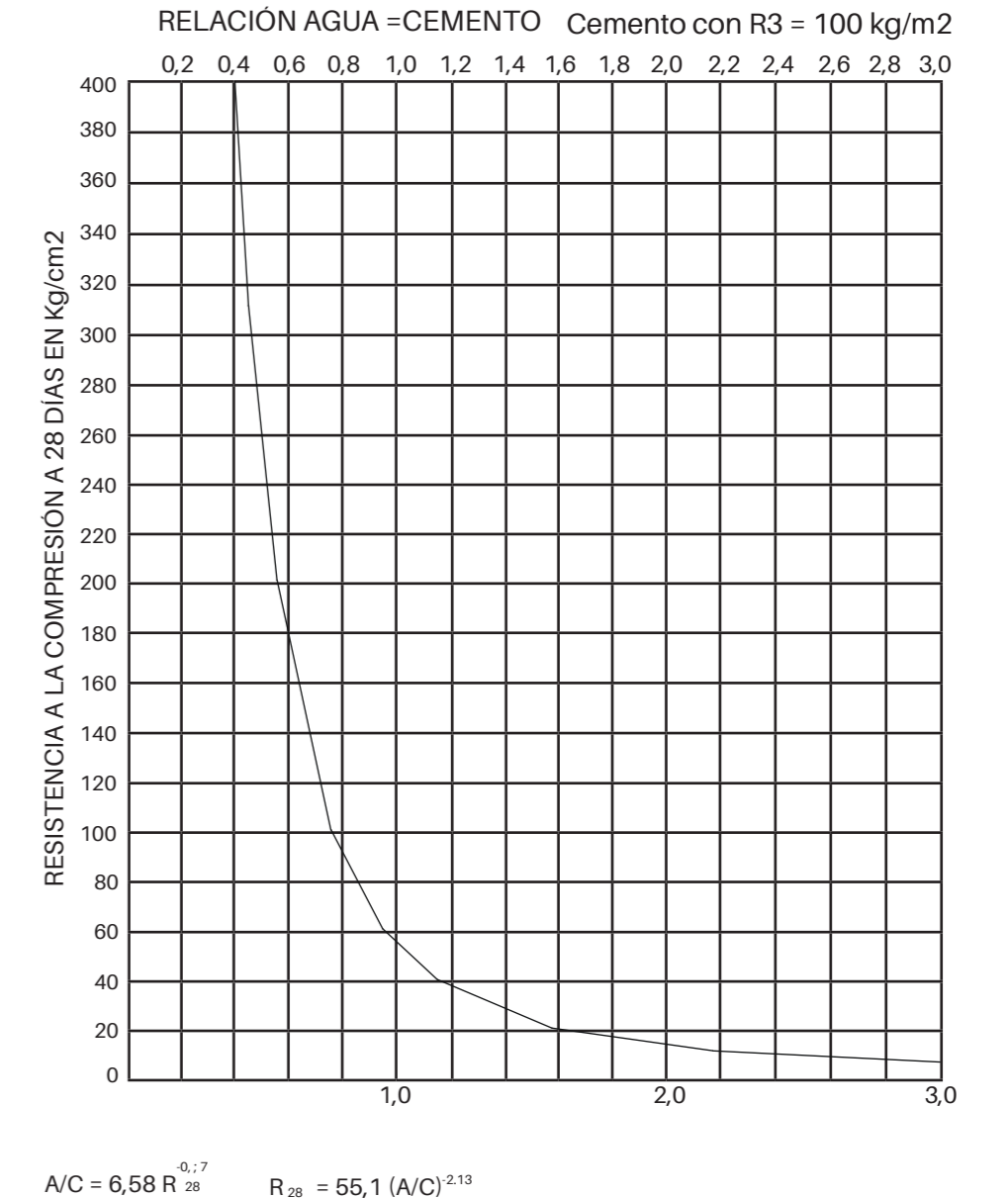
Imagen 49



**Gráfico 3.2:** Determinación del contenido de cemento para mortero.

Fuente: El Concreto Y Otros Atriales Para La Construcción (Gutiérrez, 2003).

Elaboración: propia



**Gráfico 3.3:** Determinación de la relación agua/cemento para mortero.

Fuente: El Concreto Y Otros Atriales Para La Construcción (Gutiérrez, 2003).

Elaboración: propia

### 3.1.1.4 Diseño de mezcla maestra

La mezcla maestra se considera como la base de mortero desarrollada para posteriormente agregar el Aluminato de Estroncio; proceso que fue dividido en dos fases (Ilustración 3.2). En la primera fase la mezcla fue ensayada varias veces para observar cambios en sus propiedades en estado fresco y endurecido, una vez comprobada su estabilidad, se procede a realizar las muestras finales e incorporar el material fotoluminiscente, siendo esta la segunda fase.

En la presente fase se realiza un total de 3 diseños, hasta determinar una dosificación óptima, para lo cual, se varía las proporciones considerando los objetivos de la investigación. Entre ellas se encuentra la resistencia a compresión, flexión y una fluidez alta (imagen 50), debido a que los elementos a incorporarse en la mezcla tienen un gran porcentaje de absorción de agua.

#### 3.1.1.4.1 Primera Fase

Teniendo claro el método de dosificación y las características de los materiales (Tabla 3.7) a utilizar, se lleva a cabo el diseño de la dosificación. Para la resistencia empleada se toma en cuenta el uso que requiere más resistencia, por ello se utiliza 280 kg/cm<sup>2</sup>, la cual está destinada a usos de obras expuestas a la acción del agua, en lugares de alto tráfico y que se encuentran exuestos. Con este dato se obtiene la cantidad de agua, cemento y arena.

CARACTERÍSTICA DE MATERIALES		
Tipo de arena :	Arena proveniente de la Cantera Roca Azul, sin tamices No 4,8 y 16	
Descripción	Datos	Unidad
Resistencia	280	Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo de Finura arena	2,15	-
Peso Específico del Arena	900	Kg/m <sup>3</sup>
Densidad del Cemento	2840,00	kg/m <sup>3</sup>
Aire Incluido	0	%

**Tabla 3.7:** Características de los materiales.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

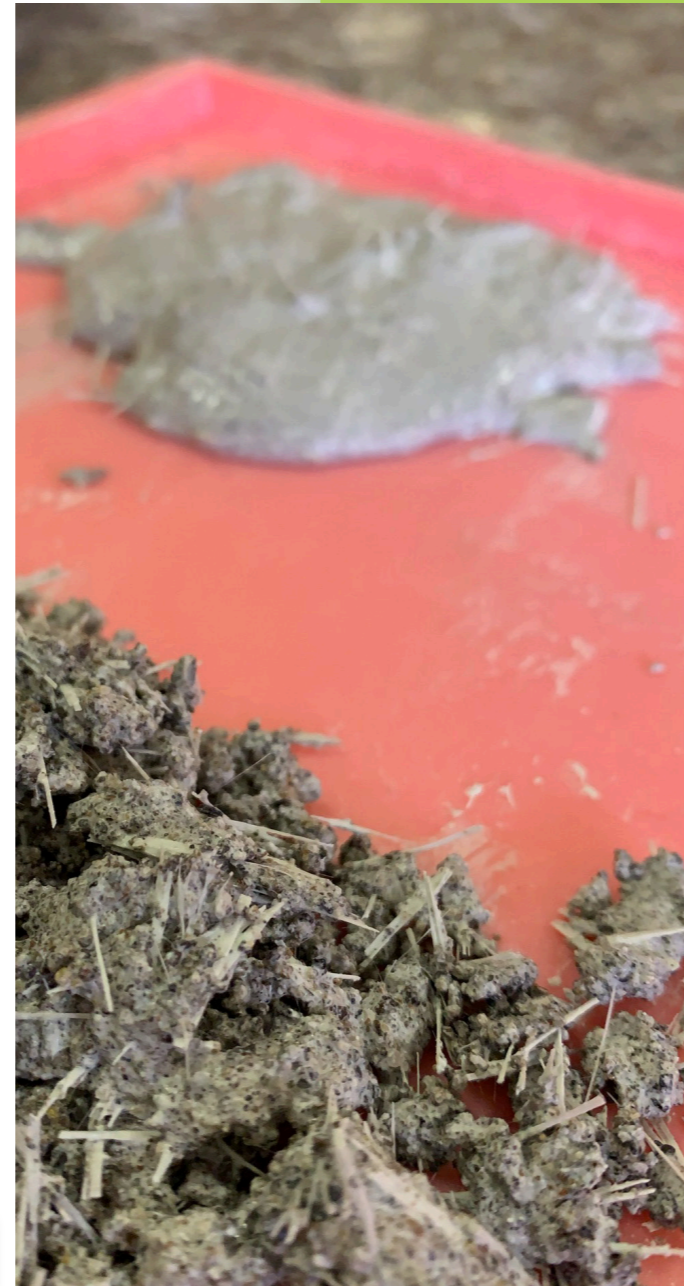
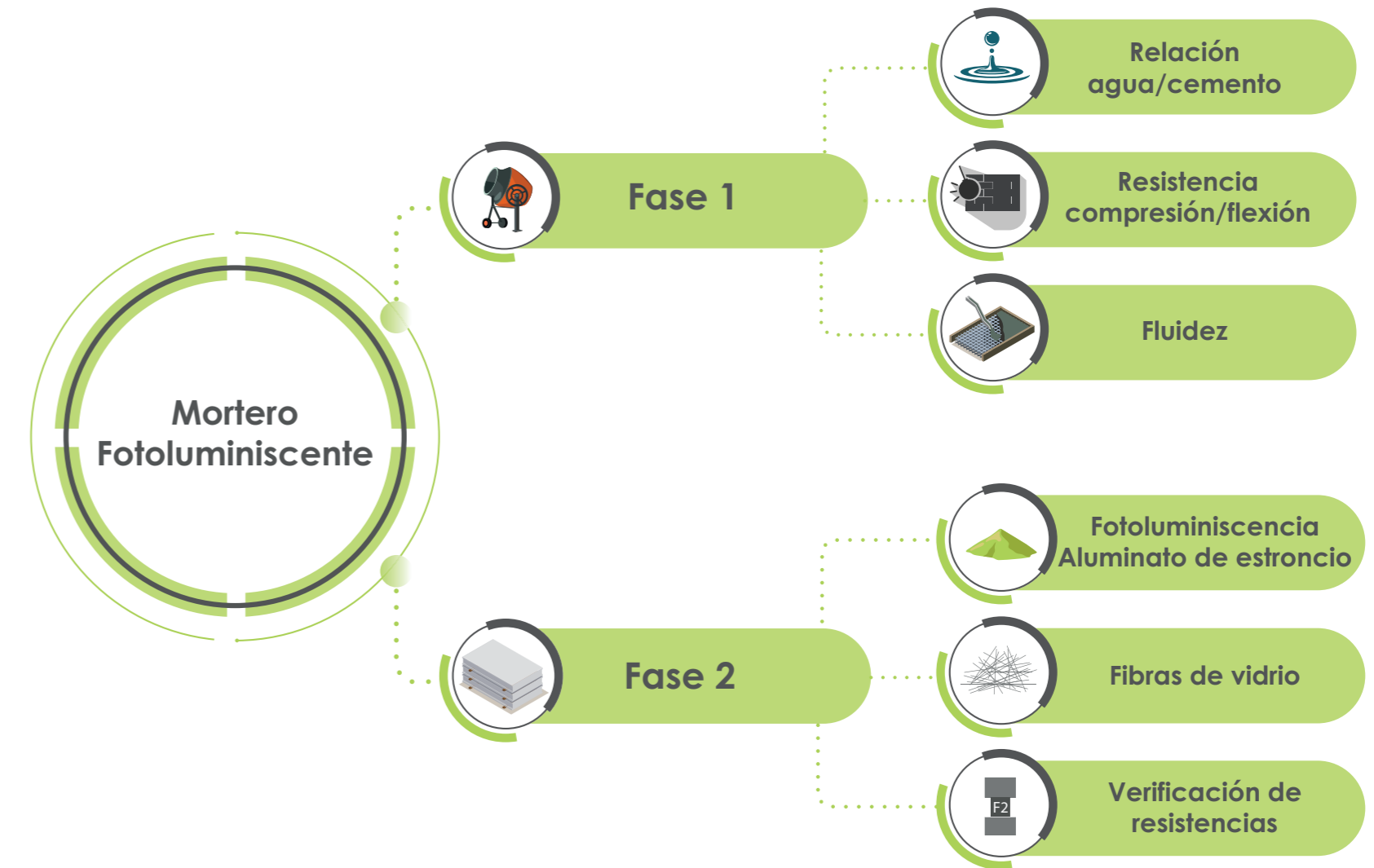


Imagen 50



**Ilustración 3.2:** Fases para elaboración de diseño del mortero fotoluminiscente.

Elaboración: propia



Para llegar a la dosificación ideal (tabla 3.8) se realizaron un aproximado de 30 dosificaciones. En las que se modificaron distintas características como las proporciones de las dosificaciones que oscilan entre 1:2,6 y 1:2 con relación al cemento y el agregado fino. La relación agua cemento (a/c), se varió entre 0,44 hasta 0,50 y se incorporó un aditivo superplastificante.



### 3.1.1.4.2 Segunda Fase

El cemento es un factor clave para que se dé la luminiscencia en el mortero. El estudio empezó experimentando con el cemento gris (imagen 51) el cual se manifestó con resultados óptimos, en cuanto a resistencia. Sin embargo, al realizar pruebas con el Aluminato de Estroncio se observó que este no presenta una buena reacción lumínica debido a sus componentes químicos. Por lo que se optó cambiar con el cemento blanco (imagen 52), el mismo que dio resultados prometedores referente a resistencia y luminiscencia.

Para cumplir el objetivo del estudio, en esta fase se procede a la incorporación del químico para brindar fotoluminiscencia al mortero (imagen 53). Según la ficha técnica, el porcentaje adecuado del material varía del 10% al 50% del peso del elemento principal de la mezcla, en este caso el cemento (Ecuaglow, 2021). Se experimentó con el 20%, 30%, 40% y 50% del químico.

El Aluminato de Estroncio al tener su módulo de finura muy bajo es un material con un gran porcentaje de absorción de agua variando drásticamente a la mezcla. Por ello se reemplaza la cantidad del agregado fino por el aluminato, de esta manera la fluidez en la mezcla no se ve afectada y tampoco su resistencia.

Además, se incorpora fibras (imagen 55) de vidrio con el objetivo de alcanzar resistencia a flexión alta, debido a uno de los usos que se considera proporcionar al mortero. Se experimentó con la cantidad de fibras en cuanto al porcentaje del peso de la mezcla, variando entre 1% 1,5% y 2% (Rosales, 2016).

Después de realizar todos estos cambios en la mezcla maestra, se realizó pruebas de flujo y ensayos mecánicos para la verificación de los resultados deseados, alcanzando la dosificación ideal con el 30% de Aluminato de Estroncio y el 1,5% de fibras de vidrio (Tabla 3.9).

DISEÑO DE MEZCLA PARA M3

Materiales	Cantidad	Unidad
Relación A/C	0,5	-
Cantidad de Agua	310	lt
Cantidad de Cemento	620	Kg
Cantidad de Arena	1233,19	Kg

**Tabla 3.8:** Datos de diseño de mezcla maestra.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

Mediante el análisis de estas fases se procede a cumplir con el objetivo de esta investigación que es estudiar el comportamiento de las propiedades mecánicas del mortero al añadir un elemento químico. Adicionalmente, la indagación de la luminiscencia, debido a que esta es la base del estudio propuesto.

El desempeño esperado al incorporar este elemento (basado en estudios realizados por otras investigaciones) es definir el tiempo de duración de la luminiscencia y la intensidad lumínica. Es así que se realizan pruebas con placas de 80x40x5 mm (imagen 54) en las cuales se mide el tiempo de duración del brillo y la intensidad con un luxómetro.

Finalmente, la investigación apoya la innovación y creación de nuevos materiales para llevarlos a cabo en la construcción, por lo que, se realiza como producto final placas de 200x200x5 mm, como revestimientos arquitectónicos tanto para pisos como para tabiquería.

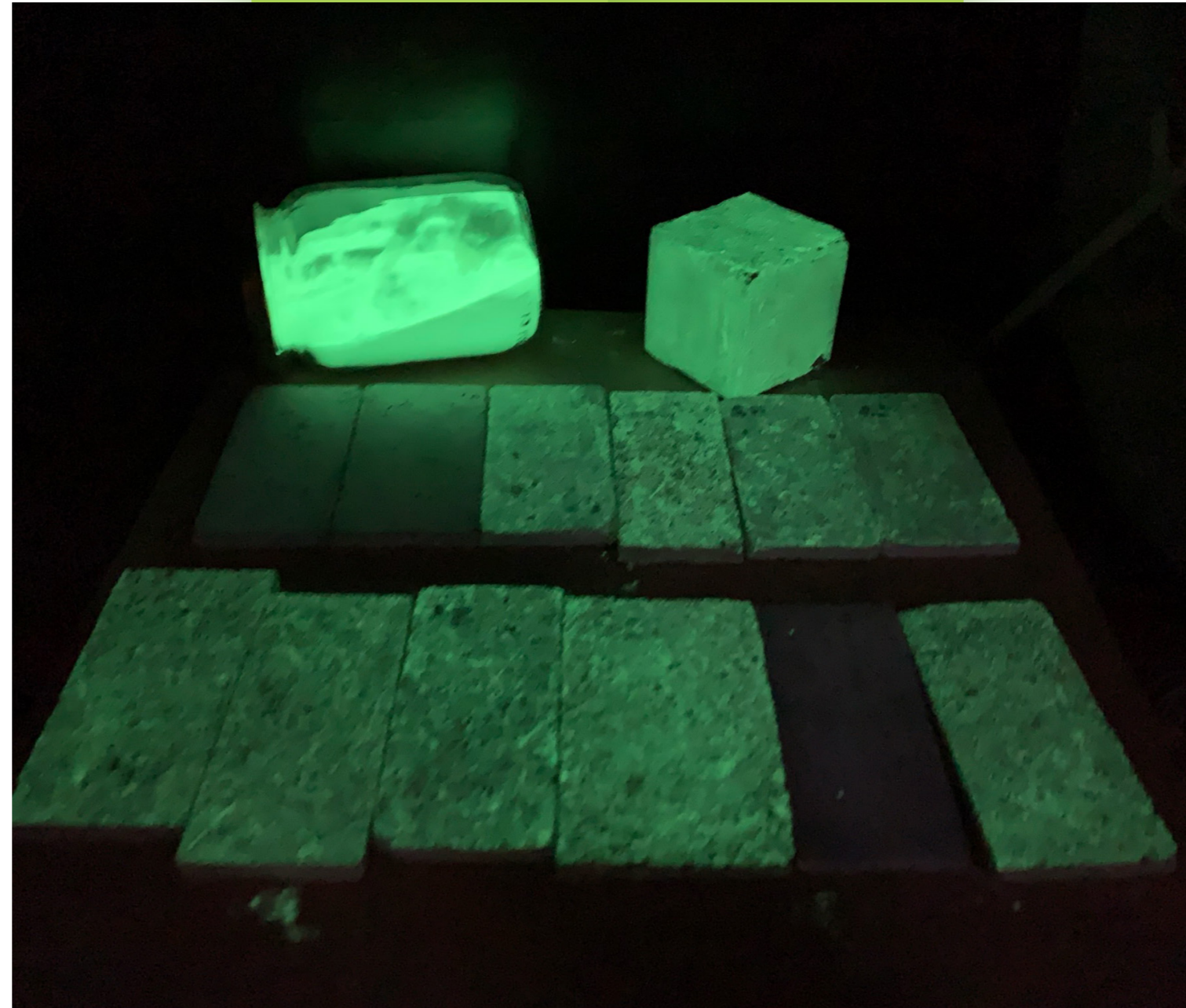


Imagen 54



Imagen 55

DOSIFICACIÓN FINAL 2

Peso para 18 especímenes

Volumen total	0,0034671	m3
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	2,15	kg
Agua	1,07	lt
Arena	4,28	kg
Fibra	0,11	kg
Aditivo	0,03	lt

Tabla 3.9: Dosificación final de mezcla maestra.

Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).

Elaboración: propia

### 3.1.2 ETAPA 2: Elaboración

#### 3.1.2.1 Procedimiento para elaboración de ensayos

##### ■ Proceso de mezcla

El proceso de mezcla se llevó a cabo siguiendo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 155:2009, sin embargo, para este estudio se realizó ciertas modificaciones al incorporar la fibra de vidrio, el Aluminato de Estroncio y el aditivo SikaPlast 1000-R. Paralelamente, se incorpora el Aluminato de Estroncio con el cemento previo al proceso de mezcla para obtener una luminosidad homogénea en el mortero (Imagen 56).

Proceso:

1. Colocar la mezcla del agua con el aditivo en el tazón.
2. Añadir el cemento con aluminato en el agua y batir durante 30 segundos, a velocidad baja (140 rpm +- 5 rpm).
3. Añadir lentamente la cantidad total del agregado fino, mientras se sigue batiendo durante un periodo de 30 segundos.
4. Incorporar a la mezcla las fibras de vidrio y batir por 30 segundos más.

5. Detener la mezcladora, cambiar su velocidad a media (285 rpm +- 10 rpm) y continuar mezclando por 30 segundos
6. Detener la mezcladora incorporar rápidamente dentro de la mezcla todo el mortero que se haya quedado adherido a las paredes del tazón.
7. Terminar el mezclado por 60 segundos a velocidad media.

Debido a los datos de la ficha técnica del aditivo, se recomienda batir durante 3 minutos para obtener mejores resultados, por lo que se agrega al inicio de la mezcla completando el tiempo establecido.



Imagen 56

##### ■ Ensayos preliminares

Luego de que la mezcla está lista se realiza el ensayo de determinación del flujo en el mortero, con los equipos preparados como lo especifica la normativa NTE INEN 2502:2009, se procede a desarrollar la prueba.

1. Se estableció una capa de 25 mm de espesor en el molde (Imagen 42) y se compactó 20 veces con el compactador, la presión debe ser suficiente para asegurar un llenado uniforme; se llenó el molde por completo y se procedió a compactar de la misma manera (Imagen 57, 58).
2. Se cortó el mortero en una superficie plana nivelado con el borde del molde de flujo. Se limpió y secó la superficie de la mesa de ensayo (Imagen 59).
3. Se levantó el molde, inmediatamente se dejó caer la mesa de ensayo 25 veces en 15 segundos (Imagen 60).

4. Con la ayuda de un calibrador se midió el diámetro del mortero a lo largo de las 4 líneas trazadas en la superficie de la mesa de ensayo y se registró los datos para obtener el porcentaje de flujo (Imagen 61).

##### ■ Preparación de las muestras

##### ■ Preparación moldes para especímenes

Los moldes utilizados en las muestras son de 50x50x50 mm para ensayos a compresión y de 40x40x160 mm para ensayos a flexión. Se utilizó un lubricante en aerosol, para cubrir los interiores del molde y placas base, colocando directamente sobre la superficie del molde a unos 150 a 200 mm para lograr una cobertura completa, a continuación, frotar la superficie con un paño para quitar cualquier exceso del lubricante, ya que su cobertura debe ser superficial como lo especifica la norma NTE INEN 488: 2009.



Gabriela Orellana - Gabriela Sánchez

Imagen 57



Imagen 58



Imagen 59



Imagen 60

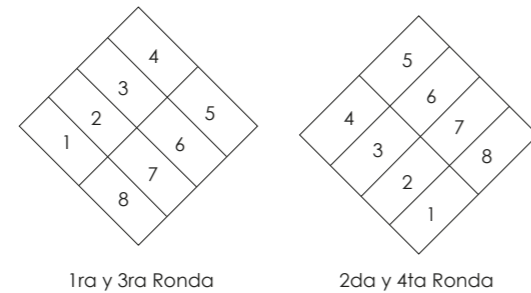


Imagen 61

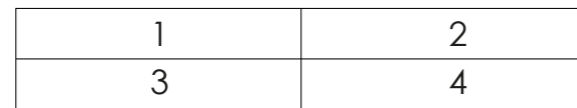
▪ Moldeo de los especímenes de ensayo

Las muestras se realizaron con apisonado manual, siguiendo las especificaciones de la normativa (Imagen 62). La colocación de la mezcla en los moldes se llevó a cabo en un tiempo máximo de 2 minutos y 30 segundos, después de completar el primer mezclado de la amasada del mortero. Se efectuó en dos tiempos, cada uno colocando una capa de aproximadamente 25 mm de espesor en los distintos de los compartimentos (Imagen 63), se apisonó el mortero en cada compartimento cúbico 32 veces alrededor de 10 segundos; se distribuyó en 4 rondas de 8 golpes, cada una en dirección perpendicular de la anterior (NTE INEN 488, 2009) (Ilustración 3.3).

En cada golpe se levantó el apisonador a una altura de 25 mm aproximadamente del nivel del mortero, se debe realizarlo con la suficiente fuerza de tal manera que se consiga un apisonado uniforme.



**Ilustración 3.3:** Orden de apisonado en cubos de 50x50x50 mm.  
Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 488, 2009).  
Elaboración: propia



**Ilustración 3.4:** Orden de apisonado en prismas de 40x40x160 mm.  
Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 198, 1987).  
Elaboración: propia

Para los prismas de 40x40x160 mm, se realizó, de igual manera en dos tiempos con capas de 20mm de espesor cada una (Imagen 64). Se apisonó el mortero de cada compartimento doce veces alrededor de 15 segundos, en tres etapas de 4 golpes cada una (Ilustración 3.4) (NTE INEN 198, 1987).



Imagen 62



Imagen 63

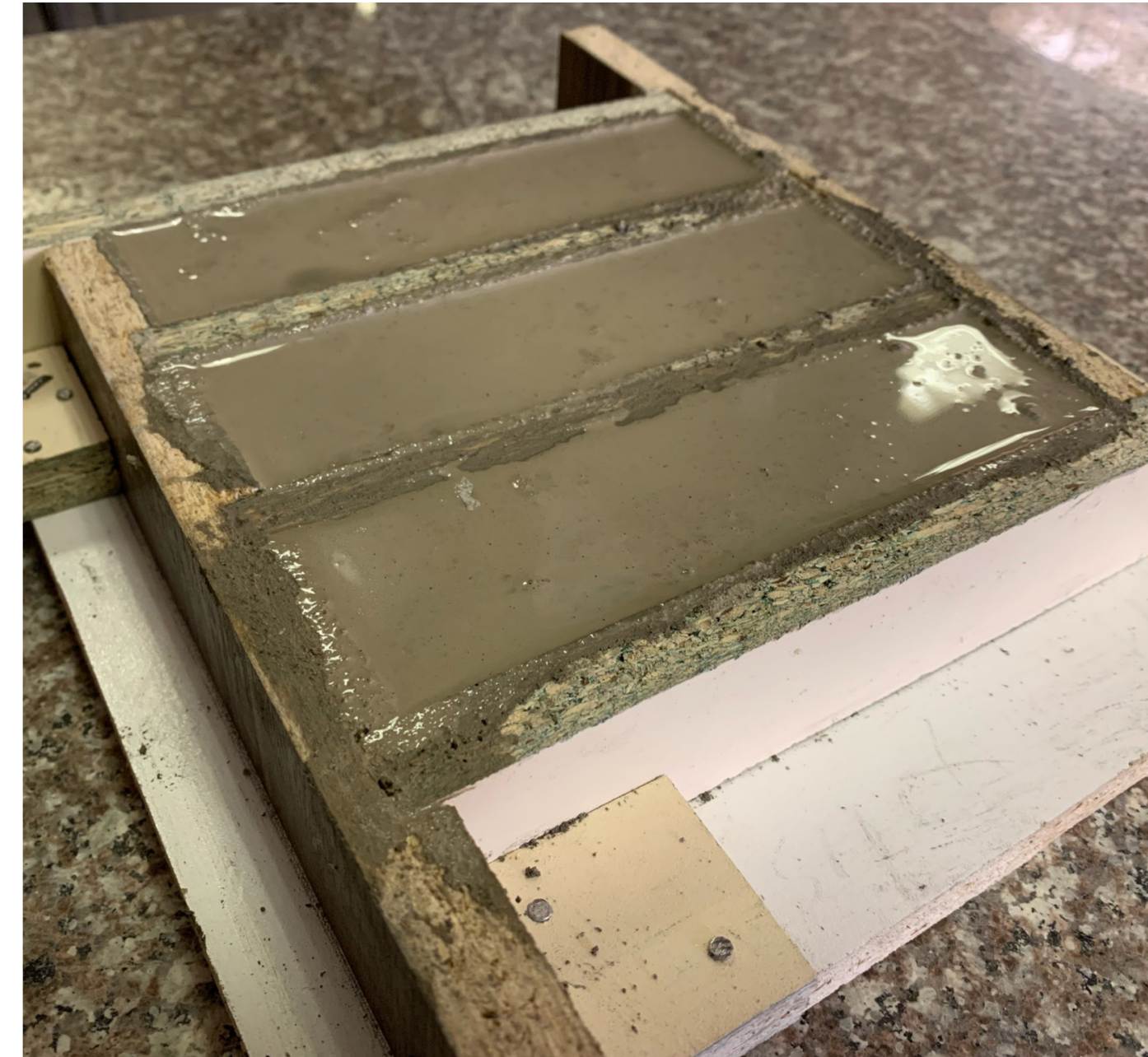


Imagen 64

### 3.1.2.2 Determinación de las propiedades mecánicas

Las muestras para ensayar, después del moldeado se mantiene en los moldes de 20 a 72 horas, con las caras superiores expuestas a aire húmedo pero protegidas de la caída de gotas de agua. Al retirarlas de los moldes a las 24 horas se sumergió en agua saturada con cal como lo indica la norma NTE INEN 2528:2010. Se prepararon 9 probetas de cada uno para realizar las roturas a los 3, 7 y 28 días.

#### ■ Resistencia a la compresión

El ensayo se realizó con los cubos de 50x50x50 mm, las muestras se ensayaron inmediatamente después de retirarlas del agua de almacenamiento, dentro de la tolerancia, según su edad de ensayo. Estas se secaron hasta una condición de superficie seca y se retiraron los granos sueltos de arena u otras incrustaciones en las caras de los cubos que fueron de apoyo en la máquina de ensayo.

Se colocó la muestra en la máquina con cuidado, de tal modo que la carga sea perpendicular a las caras de apoyo de la muestra. La velocidad de la carga aplicada tuvo un incremento uniforme entre los cabezales superior e inferior hasta llegar a una carga entre 900 a 1800 N/s, durante la primera mitad de la carga máxima estimada y se continuó de esta manera sin reajustar la velocidad hasta llegar a la falla de la muestra (Imagen 65). Se registró la carga total máxima indicada en la máquina de ensayo.



Imagen 65



Imagen 66

#### ■ Determinación de la resistencia a la flexión

Los ensayos se realizan con los prismas de 40x40x160 mm, al igual que las pruebas a compresión (Imagen 51), las muestras después de retirarlas del agua tienen una tolerancia entre 1/2h y 24h con respecto a la edad de cada muestra. También se secaron y limpiaron de impurezas externas para sus resultados sean adecuados.

El procedimiento empezó colocando el prisma en la máquina de ensayo con una cara lateral del moldeado sobre los cilindros de apoyo y con el eje longitudinal perpendicular a estos puntos. La carga se aplicó verticalmente, colocando el cilindro de carga sobre la cara lateral opuesta del prisma con una distancia equidistante de los puntos de apoyo. Su velocidad iba en aumento progresivamente de 50 +/- 10N/s hasta su rotura.

El estudio de cada material y la determinación de sus características utilizadas en el trabajo de titulación verifica la importancia de su calidad, los cuales se ven reflejados en sus resistencias finales, por lo que fue de gran importancia tanto el proceso que se llevó a cabo en la preparación de cada material incorporado a la mezcla, como los equipos utilizados, los mismos que deben cumplir con las normas establecidas para obtener resultados verídicos.

El diseño de la mezcla fue la base de estudio para obtener los resultados deseados a la cual después de varias pruebas se incorporó los elementos complementarios para el desarrollo del mortero fotoluminiscente: aluminato de estroncio. Estos pasaron por un proceso de ensayos para garantizar una respuesta favorable en sus propiedades mecánicas.



La importancia de un estudio es obtener resultados. El análisis y comparación de datos obtenidos en el laboratorio es esencial para llegar a un producto final de calidad, por lo que en este capítulo se refleja todo el trabajo que se llevo acabo para el proyecto de titulación; como los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, análisis lumínico, datos considerados para las dimensiones del producto final y para finalizar el análisis de costos y aplicación de caso práctico.

---

Louis I. Kahn

*“La arquitectura es el alcance de la verdad”*

# ANÁLISIS DE RESULTADOS



4.1.1 Análisis de mezclas iniciales

El comportamiento del mortero fotoluminiscente con fibras fue evaluado mediante ensayos en laboratorio. Acorde a la metodología planteada en el trabajo de investigación, se fabricaron muestras con diferentes dosificaciones hasta llegar a la adecuada. Las presentes muestras recibieron un curado en ambiente controlado, sumergidos en agua con una temperatura de 23 Co (imagen 68) hasta su rotura de acuerdo con las edades planteadas, desde el 4 de junio hasta el 16 de Julio del 2021.

La nomenclatura definida para este estudio principalmente en la letra D y el número de la dosificación, sin embargo, existen otras nomenclaturas referentes a un análisis específico.

En primera instancia se realizaron 3 dosificaciones variando el método de dosificación según la bibliografía estudiada (D2, D4 Y D5); obteniendo resultados prometedores a D2, la misma que se ocupa como base para las futuras mezclas.

A partir de la dosificación D7 a la D14 (tabla 4.1) se analizó el módulo de finura, pues se estudian arenas de diferentes orígenes y se varia su granulometría, para obtener resultados más homogéneos. Además, se inició con la incorporación de aditivo para obtener una mejor fluidez obteniendo mejores resultados a partir de la dosificación D15, donde se muestra una resistencia mayor a la esperada. Sin embargo, no se obtiene un buen acabado y se observó segregación de la muestra (D15 a D23).

Es por ello que se cambió el tipo de aditivo y se realizó pruebas con el Aluminato de Estroncio para analizar la reacción de sus componentes químicos; se observó un mejor acabado en Pa1 y Pa2, esto tampoco interfiere en su resistencia, ya que se muestran óptimos resultados. En Pa2 se realizó la muestra con cemento blanco, el cual tiene mejor resultado en cuanto a luminiscencia.

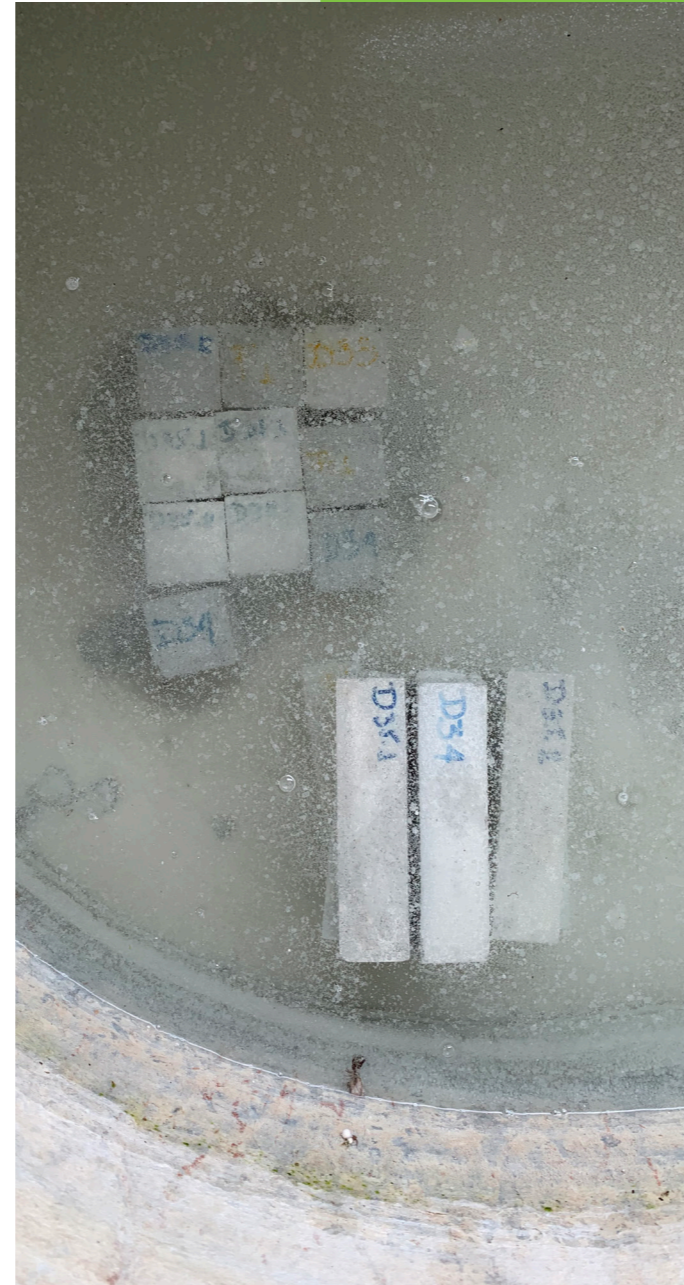


Imagen 68

RESUMEN DE DOSIFICACIONES																	
Nomenclatura	Resistencia estimada Kg/cm2	Variantes						Bibliografía				Resistencia			Comentario		
		A/C	Cemento	Arena	Aditivo	Fibras	Aluminato de Estroncio	El concreto y otros materiales para la construcción.				Tecnología del Concreto y del mortero	Rotura	Compresión		Flexión	
		-	-	Módulo de finura	%	%	%	Gr No 10	Gr No 11	Gr No 12	Gr No 13	Gr No 14	Días	Kg/cm2		Kg/cm2	
D1	210	0,52	Gris	2,67	-	-	-	x	x					3	65,60	-	Resistencia baja; resistencia estimada 115,5kg/cm2.
D2	240	0,44	Gris	2,67	-	-	-	x	x					7	137,66	-	Resistencia estimada 168kg/cm2. Se incorpora aditiv o porque estaba muy seca
D4	240	0,67	Gris	2,67	-	-	-			x	x			7	96,32	-	Resistencia estimada 168kg/cm3.
D5	240	0,70	Gris	2,67	Visocrete 4100: 1%	-	-					x		7	83,91	-	Resistencia estimada 168kg/cm2. Se incorpora aditiv o porque estaba muy seca
D6	320	0,57	Gris	2,67	-	-	-			x	x			7	117,15	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm2.
D7	320	0,41	Gris	2,67	-	-	-	x	x					7	157,852	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3
D8	320	0,42	Gris	2,33	Visocrete 4100: 0,19%	-	-	x	x					7	172,404	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D9	320	0,42	Gris	2,33	-	1%	-	x	x					7	181,778	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D10	320	0,42	Gris	2,57	-	-	-	x	x					7	119	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D11	320	0,42	Gris	2,57	-	1%	-	x	x					7	126,06	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D12	320	0,42	Gris	2,79	-	-	-	x	x					7	142,6	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D13	320	0,42	Gris	2,79	-	1%	-	x	x					7	150,066	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D14	320	0,42	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,19%	1%	-	x	x					7	175,583	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D15	320	0,42	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					7	265,14	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D16	320	0,42	Gris	2,79	Visocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					7	240,43	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D17	320	0,35	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					3	254,07	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 176 kg/cm3.
D18	320	0,39	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					3	217,63	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 176 kg/cm3.
D19	320	0,39	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					3	183,6	-	Modificación en el peso específico del arena. Resistencia estimada 176 kg/cm3. Modificación de la cantidad de agua.
D20	320	0,35	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					7	330,6	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3. método de mezcla diferente.
D21	320	0,39	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					7	320,3	69,48	método de mezcla normado.
D22	320	0,42	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,6%	-	-	x	x					7	275,18	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3. método de mezcla normado.
D23	320	0,39	Gris	2,57	Visocrete 4100: 0,9%	1%	-	x	x					7	-	77,37	Por la incorporación de la fibra, la mezcla se seca. Dosificación D21 con fibras.
Pa1	320	0,42	Gris	2,57	SikaPlast 1000-R:	1%	30%	x	x					7	450,95	-	Modificación de la cantidad de agua. Mezcla seca: 28% de fluidez.
Pa2	320	0,42	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R:	1%	25%	x	x					7	467,52	-	Cambio de fluidez por el cemento blanco: fluidez 116,38%. Método de mezcla normado.

Tabla 4.1: Resultados de dosificaciones D1a Pa2.

Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).

Elaboración: propia

#### 4.1.2 Análisis de dosificación final de mezcla maestra

Al observar mejores resultados en cuanto a luminiscencia con el cemento blanco a partir de la D25, se estudió nuevamente su comportamiento, debido a que este al no contener óxidos férricos, no retiene demasiada agua y se obtiene mezclas más fluidas, por lo que se estudió su relación A/C y se alteró el módulo de finura del agregado, para un acabado más liso.

Con estos resultados se da a conocer las muestras finales F1, F2 Y F3. En estas se modificó la cantidad de fibras, con el propósito de obtener una resistencia apropiada para el formato establecido. Se analizó los resultados a compresión flexión y fluidez de estas 3 dosificaciones para estudiar su comportamiento mecánico.

Tanto para resistencia a compresión como para flexión se utilizó los lineamientos de la normativa INEN 198:1987, para calcular la resistencia a la que fue sometido el espécimen. Para los resultados a compresión

se empleó la ecuación  $P_c/b^2$ , en donde  $P_c$  es la carga de rotura; y  $b$  es el lado de la muestra; mientras que para los resultados a flexión se utilizó  $P_f \cdot 0.002343$ , en donde  $P_f$  es la carga de rotura a flexión (NTE INEN 198, 1987).

Se llevó a cabo 9 especímenes de cada mezcla (imagen 69), tres muestras para cada ensayo realizado a edades de 3, 7 y 28 días. Los resultados de las cuales se muestran a continuación.

En el gráfico 4.1. se reflejan los resultados de las pruebas a compresión de F1, F2 Y F3. Se demuestra que tienen la misma dosificación en la que varía simplemente la cantidad de fibra en un 0,5%. Se observa que la mezcla F1 con una cantidad de 1% de fibra se obtiene mejores resultados en cuanto a resistencia a compresión. Sin embargo, los resultados de las tres muestras ya cumplen con los objetivos deseados, pues son mayores al diseño de la mezcla la cual fue de 28 MPa (imagen 71).



Imagen 69



Imagen 70

Por otra parte, en los ensayos a flexión (imagen 72) se observa que mientras más cantidad de fibra mayor será su resistencia, por lo que F3 tiene los más altos resultados. No obstante, se puede observar que los 3 ensayos cumplen con lo especificado en el libro "Concreto simple" del Ingeniero Gerardo Rivera, en el que especifica que la resistencia a flexión presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión (gráfico 4.2) (Rivera, 2013).

Cabe destacar que, a pesar de tener una resistencia alta, mientras mayor sea su incorporación de fibras, su trabajabilidad es menor, lo que genera la ejecución del objetivo del estudio al obtener resistencias óptimas, con una buena manejabilidad (imagen 70). Por lo que el diseño de la mezcla se realizó para una consistencia de 100% al 120% de fluidez, como se muestra en el gráfico 4.3. Así mismo, para una consistencia plástica, obteniendo como resultado que F2 se encuentra en el rango deseado.



**Gráfico 4.1:** Resultados a compresión de muestras F1, F2, F3.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia



Gabriela Orellana - Gabriela Sánchez



Imagen 71



**Gráfico 4.2:** Comparación de resistencia a flexión entre muestras y bibliografía.  
 Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
 Elaboración: propia



**Gráfico 4.3:** Resultado de ensayo de flujo de las muestras F1, F2 Y F3.  
 Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
 Elaboración: propia

Imagen 72

## 4.2 FASE 2

### 4.2.1 Resultados de mezcla maestra con Aluminato

El análisis de resistencia del mortero fotoluminiscente se realizó conforme a los valores presentados en el punto anterior. El modo de elaboración es el mismo, simplemente se adicionó el aluminato de estroncio con un porcentaje en proporción a la cantidad de cemento que contiene la mezcla. En esta etapa se muestran los cambios que presentó la mezcla al adicionar este material, en la muestra DAL1 y los cambios realizados en la cantidad de los materiales originales del diseño del mortero en la muestra F4 (gráfico 4.4).

Como mezcla final se escogió a la dosificación denominada Final 2 (F2) que contiene 1,5% de fibra, debido a que presenta resultados óptimos en cuanto a los objetivos planteados, teniendo resistencia a compresión de 49,66 MPa, resistencia a flexión de 9,7 MPa y una fluidez de 115,6%; lo que da como resultado una mayor trabajabilidad y altas resistencias (gráfico 4.5).



**Gráfico 4.4:** Comparación de ensayo de flujo de la mezcla DAL1 y F4.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

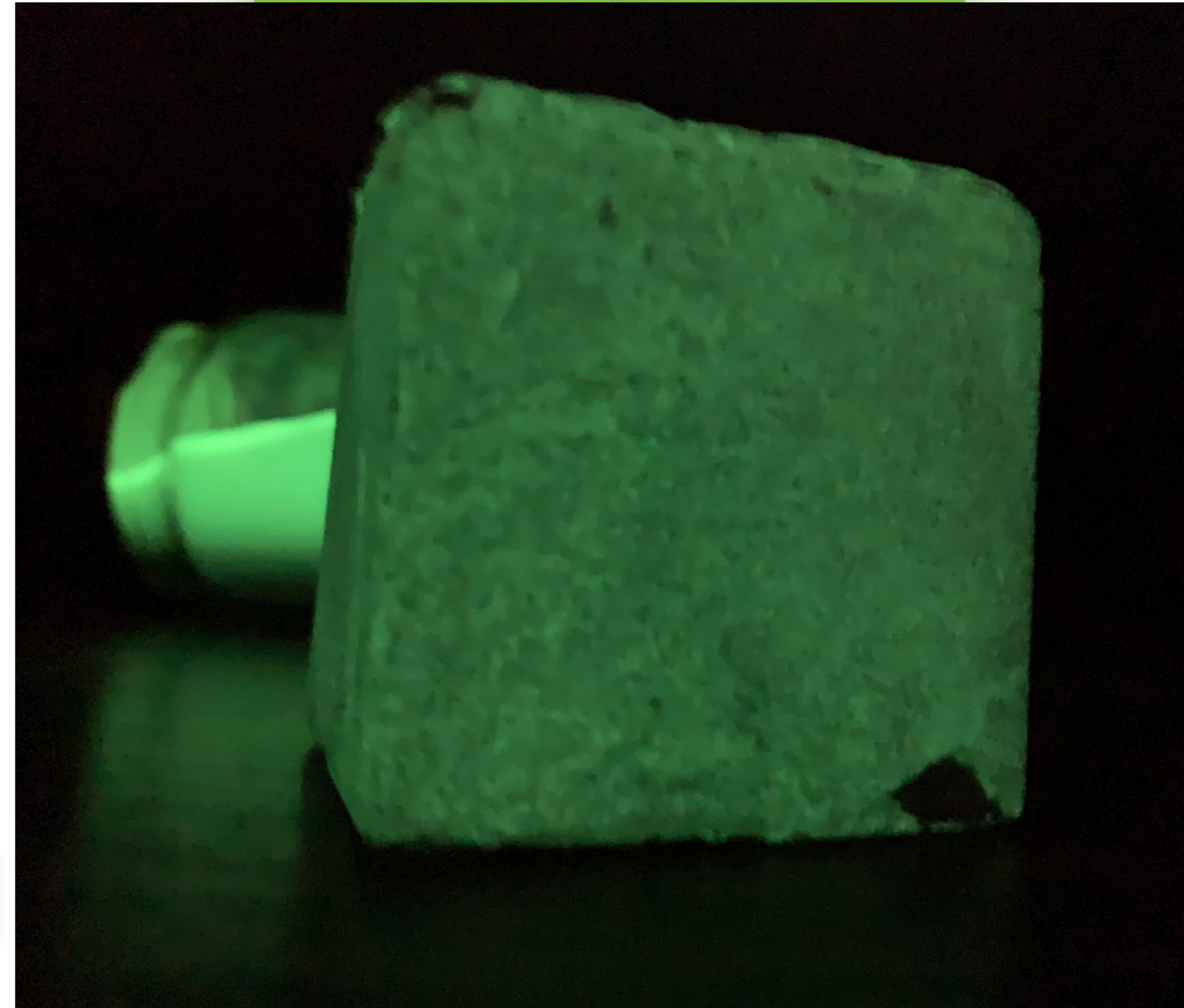
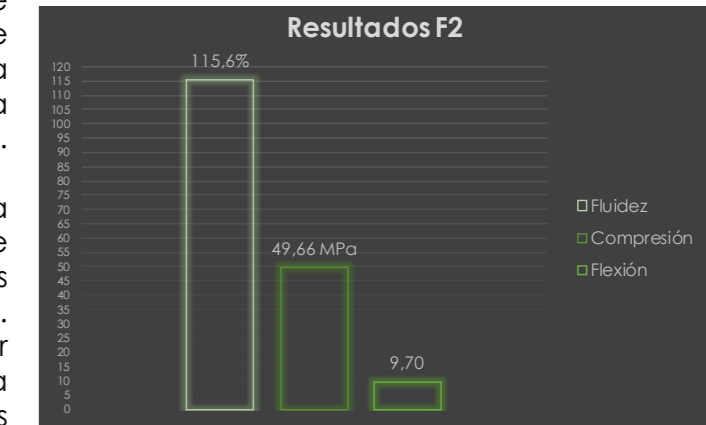


Imagen 73

El aluminato de estroncio al tener un alto porcentaje de absorción, al incorporar en la mezcla se ve afectada su fluidez, por lo que se modificó la cantidad de materiales del diseño, sustituyendo este material en el agregado fino, para obtener mejores resultados como se observa en el gráfico 4.4. Con la cual se permanece en el rango de consistencia deseada, obteniendo como respuesta final la siguiente dosificación (Tabla 4.1).

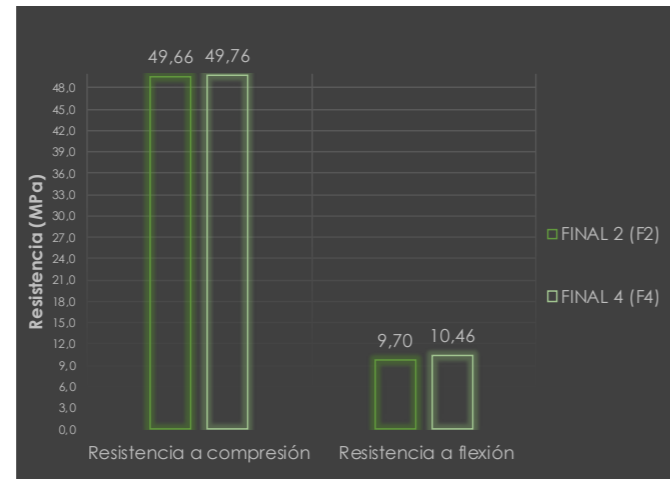
En el gráfico 4.6 se puede observar la resistencia a compresión y flexión entre F2 que es la mezcla escogida y F4 que es el mortero fotoluminiscente (imagen 73). La cual no se ve afectada al incorporar el material que brinda luminosidad a la mezcla, porque como se aprecia los resultados aumenta sus resistencias tanto de compresión como flexión.



**Gráfico 4.5:** Resultados de mezcla F2.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

DOSIFICACIÓN FINAL 4		
Peso para 6 especímenes		
Volumen total	0,0011557	m3
Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento	0,71653	kg
Agua	0,35827	lt
Arena	1,21024	kg
Fibra	0,025	kg
Aditivo	0,00931	lt
Aluminato de estroncio	0,21496	Kg

**Tabla 4.2:** Dosificación final con Aluminato de Estroncio.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia



**Gráfico 4.6:** Resultados de resistencia a compresión y flexión de muestras F2 Y F4.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia



Imagen 74

## 4.2.2 Análisis Lumínico

El mortero fotoluminiscente con fibras, es el resultado de mezclar un mortero tradicional incorporando fibras (Imagen 74), con un material que brinda luminosidad. Para esta investigación se experimentó con aluminato de estroncio codopado con europio y disprosio ( $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ), (Ilustración 2.3). La luminiscencia del producto se producirá luego de haber sido sometido a carga durante un lapso de tiempo en alguna fuente lumínica.

La dosificación del material lumínico será en base al elemento principal de la mezcla, el cemento. Según lo especificado en la ficha técnica, se puede dosificar hasta con el 50% de  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ ; es decir hasta una relación 1:0.5 de cemento – aluminato. Es por ello, que se realizaron pruebas con el 20%, 30%, 40% y 50% de  $\text{SrAl}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ , para seleccionar el apropiado con respecto a eficiencia - costo.

Se elaboraron placas de 40x80 mm, con las cantidades de aluminato especificadas y fueron sometidas a una fuente de luz por un tiempo específico, observándose como resultado que entre las placas con el 30%, 40% y 50%, la intensidad lumínica era similar (Gráfico 4.7), se escogió como dosificación final aquella con el 30% de aluminato. Cabe recalcar que todas las placas tenían el mismo espesor de 5 mm (Imagen 75), pues según un estudio anterior, el espesor de la placa no afectaba a la eficiencia lumínica del material.

En el estudio de Flor, Carpio y Santamaría, 2018, realizaron la medición con un equipo semejante al utilizado en esta investigación, tomando como base la normativa ASTM E 2073-10. No obstante, especifican que por las limitaciones del equipo adaptan las pruebas con la finalidad de cumplir su objetivo. Es por ello que se acopló la investigación a dicho método, evaluando el producto final con el material en estado puro.

Los resultados del material en estado puro equivaldrán al 100% de intensidad lumínica; y acorde a ello, se evalúa el producto final. Tanto las placas como el aluminato de estroncio fueron ensayados con el Luxómetro, teniendo como resultado que el material fotoluminiscente muestra 40 luxes; pero al realizar la medición en las placas de mortero, el equipo no percibe ninguna fuente de luz, a pesar de que la muestra sí genera luminiscencia como se observa en la imagen 76.

Por otra parte, se aprecia que el material lumínico en la placa es homogéneo, y su brillo es mayor, esto gracias a la modificación del agregado fino explicado anteriormente, pues al retirarle el agregado fino el aluminato puede cubrir mayor área.

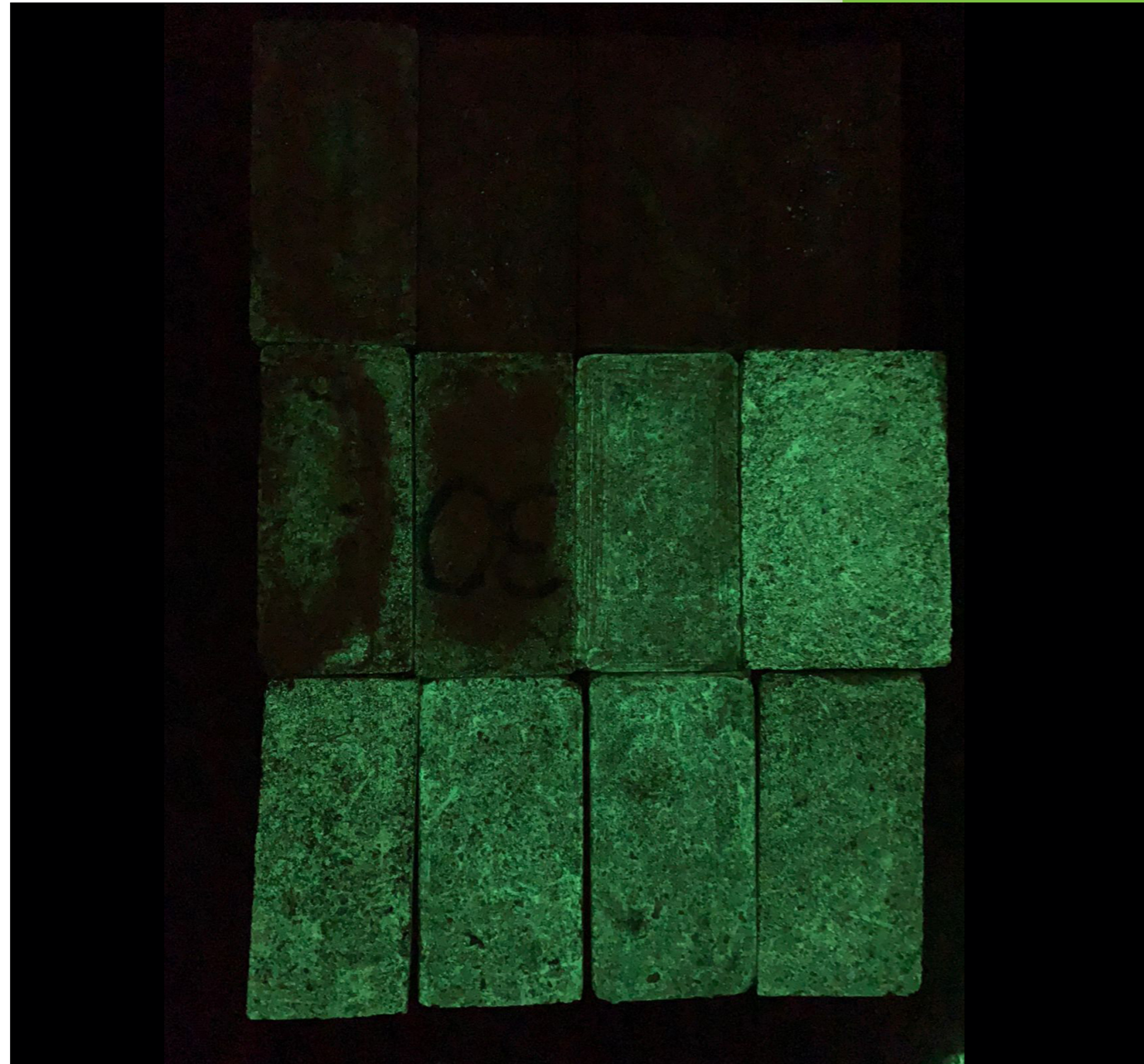


Imagen 75

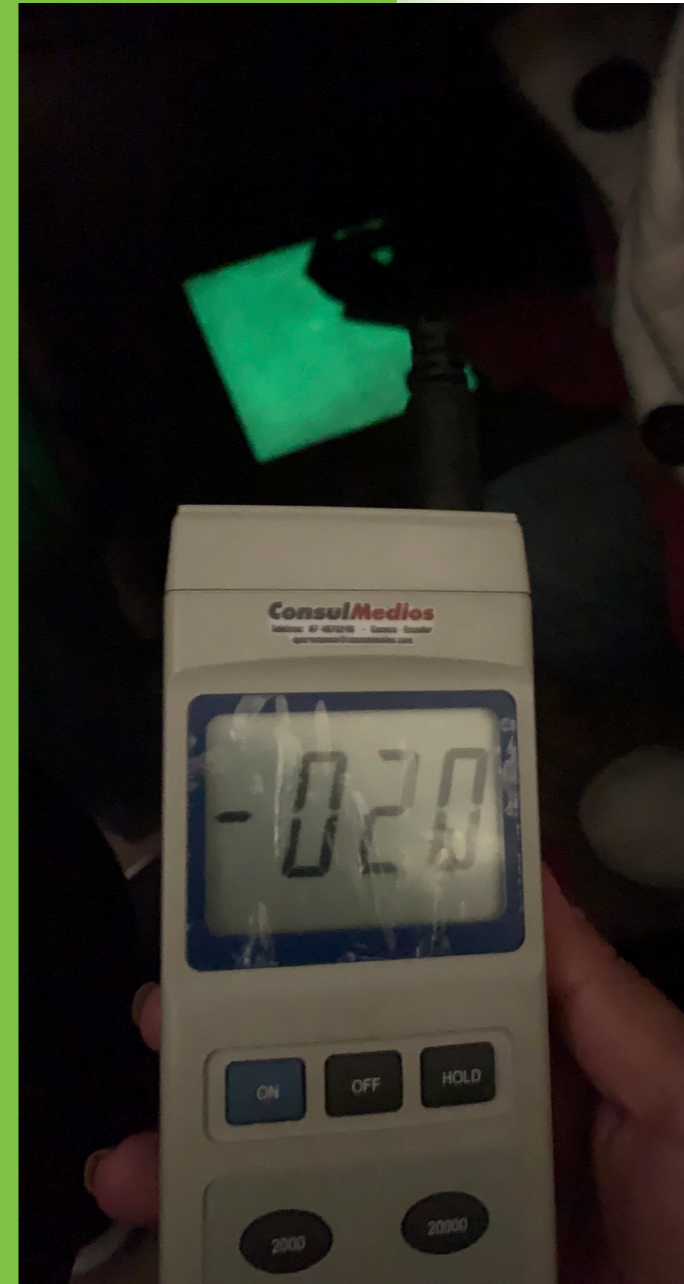
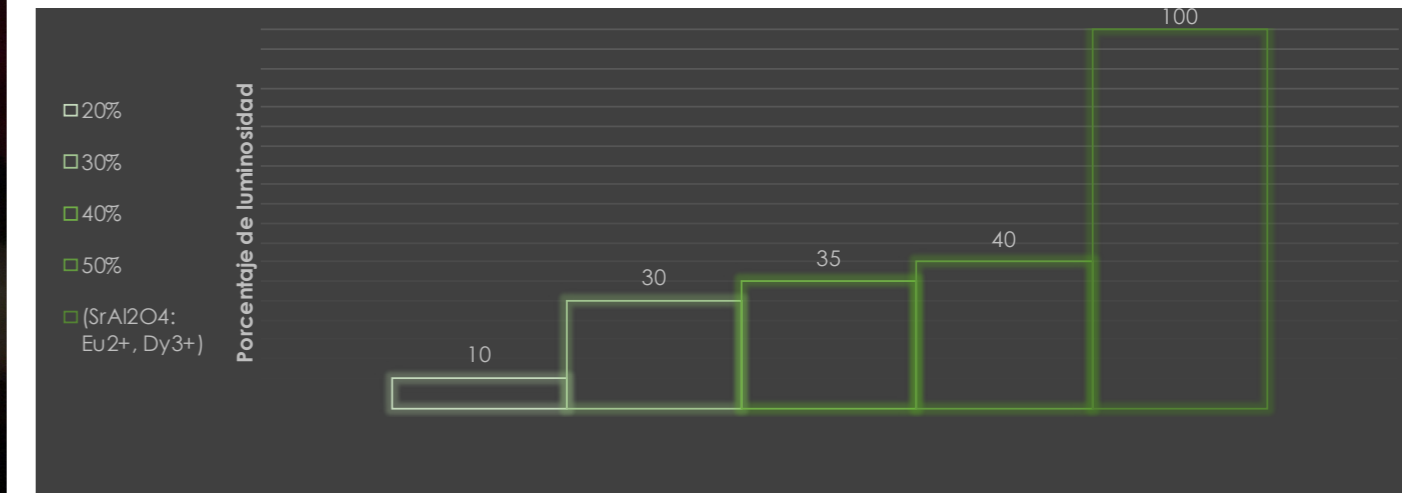


Imagen 76



**Gráfico 4.7:** Resultados de porcentaje lumínico en placas.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

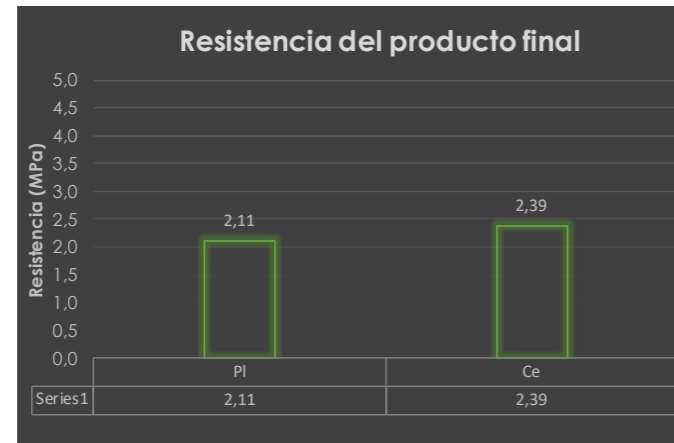
## 4.3 PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

### 4.3.1 Ensayos en placas de revestimiento

El propósito del trabajo de titulación es realizar un mortero para ser ocupado como revestimiento. En base a los análisis realizados en el capítulo 2 se optó por elaborar un molde tipo cerámico con las dimensiones comerciales que varían entre 200 a 600 mm de lado, para su espesor se realizaron muestras de 5 a 20 mm para analizar su comportamiento, con los cuales se eligió 5mm, puesto que cumple con las características deseadas en cuanto a comportamientos mecánicos y físicos (imagen 77).

Así pues, se fabricaron placas de 200x200x5 mm (imagen 78 y 79) para efectuar los ensayos de resistencia a flexión, con el fin de llevar a cabo una comparación con cerámicas sometidas al mismo ensayo (imagen 80 y 81) (tabla 4.3).

El propósito de este estudio no es sobre pasar a productos comerciales, más bien se enfoca en el análisis referencial de la resistencia de las placas de mortero fotoluminiscente y evaluación de su comportamiento ante cargas similares. (gráfico 4.8).



**Gráfico 4.8:** Gráfico comparativo entre una placa de Mortero Fotoluminiscente y una cerámica.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia

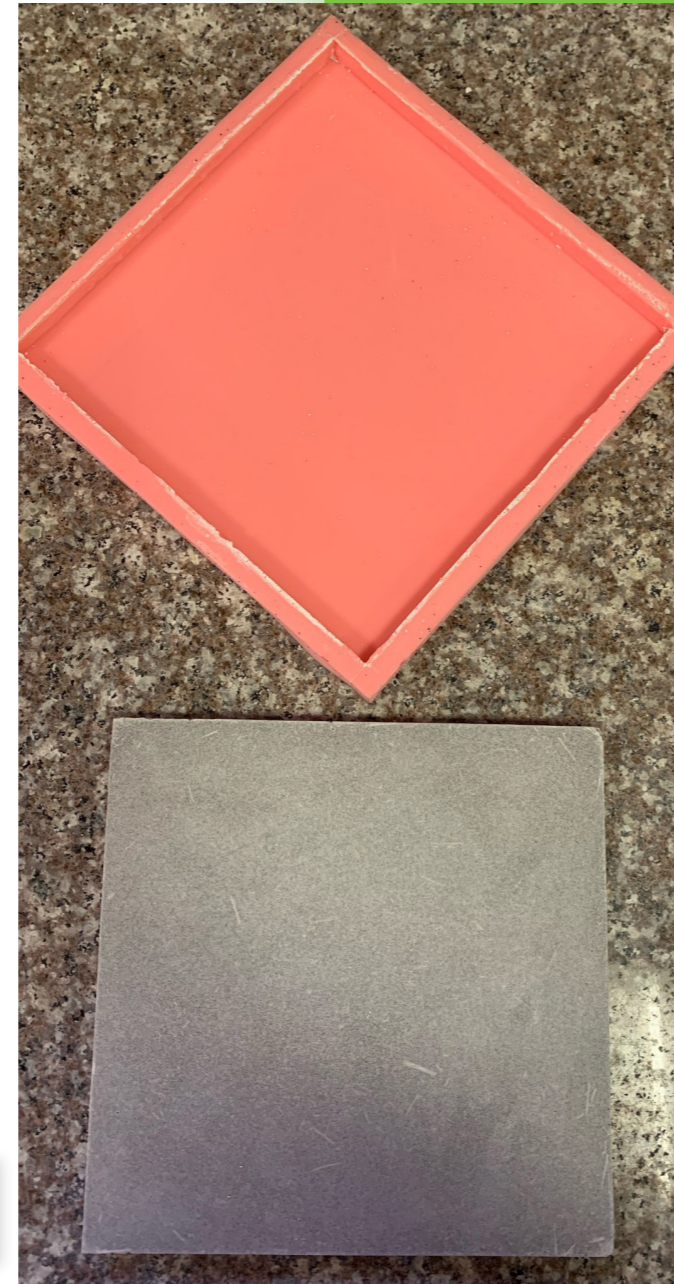


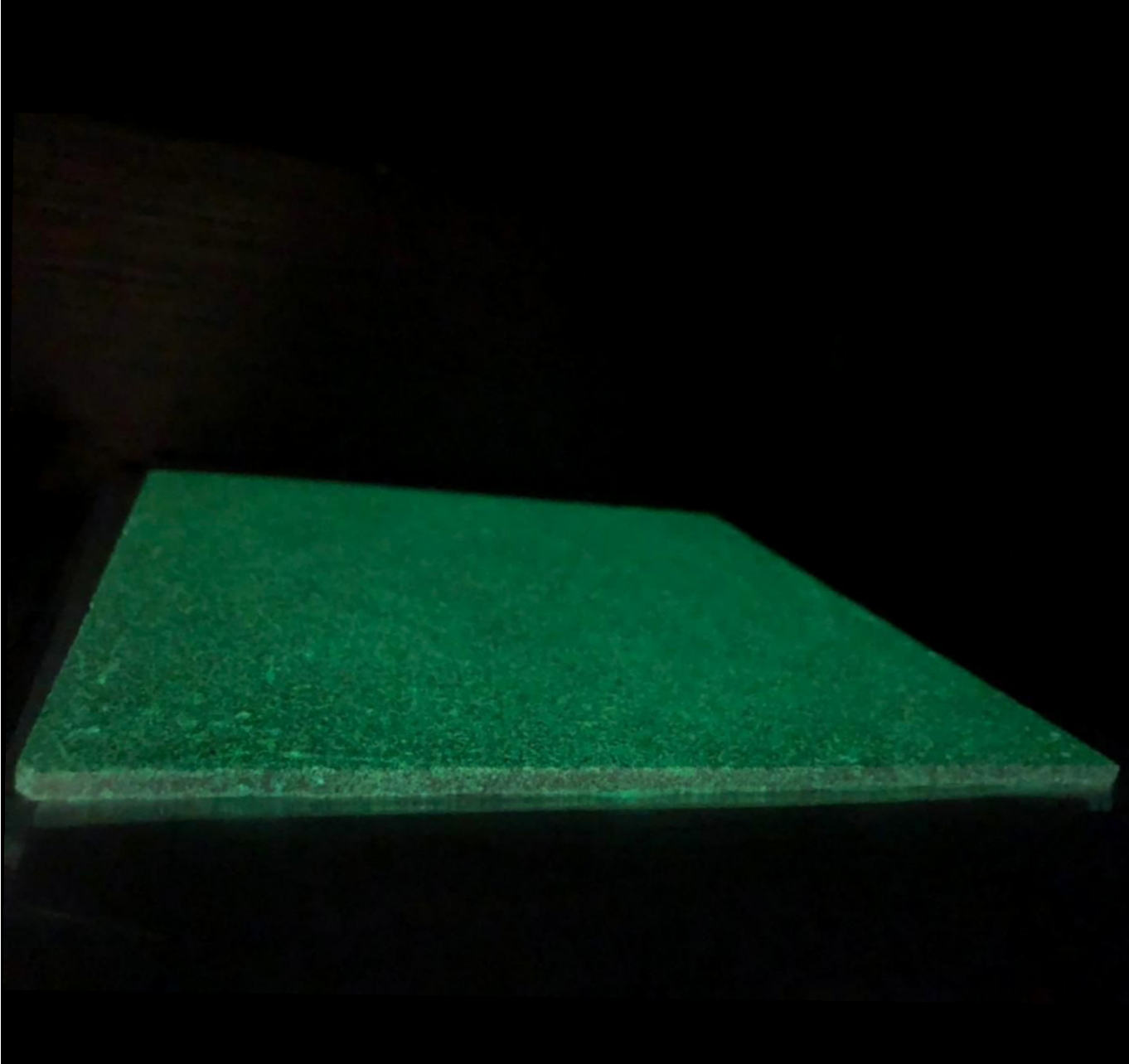
Imagen 77



Imagen 78

Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Carga	Resistencia		Promedio
		-	-	kgf	Kgf/cm2	Mpa	Mpa
PI1	28 días	31/5/2021	28/6/2021	128,6	20,3	2,03	2,11
PI2				138,2	21,8	2,18	
PI3				134,6	21,3	2,13	
Ce1	28 días	Cerámica comercial	28/6/2021	170,5	22,4	2,24	2,39
Ce2				192,8	25,4	2,54	
Ce3				180,9	23,8	2,38	

**Tabla 4.3:** Resultados de ensayos a flexión de placas de Mortero Fotoluminiscente y cerámica.  
Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).  
Elaboración: propia



Gabriela Orellana - Gabriela Sánchez



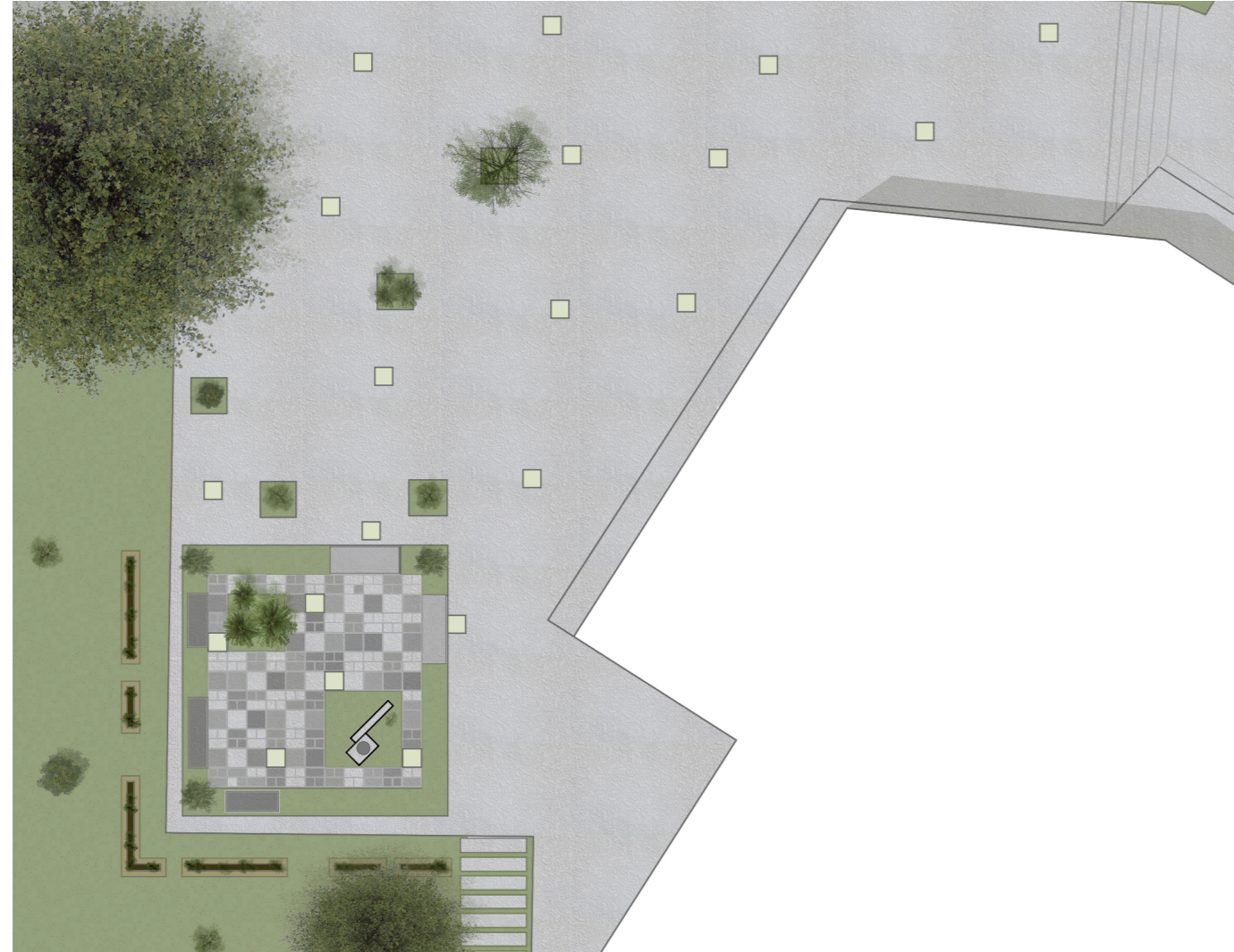
Imagen 79



Imagen 81



## 4.4 APLICACIÓN DE PLACAS COMO REVESTIMIENTO EN PISOS



PLANTA ARQUITECTÓNICA



Imagen 83



Imagen 84



Imagen 85



## 4.5 ANÁLISIS DE COSTOS

Costos de materiales por placa				
Materiales	Cantidad comercial	Precio Comercial	Cantidad de material por placa	Costo del material por placa
-	kg	\$	kg	\$
Cemento	50	\$23,00	0,134	\$0,06
Arena	50	\$3,00	0,267	\$0,02
Agua	1	\$0,83	0,067	0,0557
Fibra de vidrio	1	\$13,50	0,007	\$0,09
Aluminato de estroncio	1	\$180,00	0,040	\$7,25
Aditivo Sikament	1,07	\$18,00	0,002	\$0,03
<b>Costo total</b>				<b>\$7,51</b>

**Tabla 4.4:** Análisis de costos de materiales por unidad de cerámica fotoluminiscente.

Fuente: (Orellana & Sánchez, 2021).

Elaboración: propia

La innovación en el ámbito de la construcción requiere de mucho esfuerzo, sin embargo, es de gran importancia el estudio y mejoramiento de materiales muy utilizados como es el mortero. Durante todo el proceso llevado a cabo en laboratorio fue necesario la documentación mediante tablas, gráficos y fotografías para de esa manera realizar un análisis minucioso de los resultados obtenidos y realizar las correspondientes correcciones.

Por lo que mediante estudios y ensayos prueba y error se llegó a la elaboración del Mortero Fotoluminiscente con Fibras. Durante todo el proceso hubo varios cambios, tanto en la dosificación como en la forma de presentación del producto final. Pero todo el camino recorrido fue necesario y muy productivos ya que se finalizó con el resultado esperado.



Norman Foster

“Para ser arquitecto tienes que ser dos cosas: optimista y curioso”

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 2.1 CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación, se ha realizado una dosificación para morteros con la incorporación de aluminato de estroncio para desarrollar un revestimiento arquitectónico fotoluminiscente adecuado tanto para interiores como para exteriores.

Se creó como producto final una placa de 200x200x5 mm, similar a una cerámica, revestimiento usual en proyectos arquitectónicos. Esta presentación fue evaluada, con el propósito de asemejarse lo más posible a la cerámica, con respecto a las resistencias y su uso en el medio arquitectónico. Cabe recalcar que no se pretende sustituir ningún material existente en el mercado.

Los resultados de la muestra final se basaron en el desarrollo de varias pruebas y errores presentadas en el análisis del capítulo 4, en donde las variantes fueron la resistencia, relación agua cemento, cantidad de aluminato, cantidad de fibra y presentación de la muestra. Se obtuvo como resultado un mortero

fotoluminiscente con condiciones bastante prometedoras para su uso. La resistencia a compresión es de 49.8 Mpa y la resistencia a flexión es de 10.5 Mpa.

Su dosificación cuenta con el 30% de aluminato de estroncio, cantidad apropiada para que el material resplandezca de una manera homogénea y para que su costo no se presente elevado, como se observa en la tabla de presupuesto, se obtuvo un producto con un valor de \$13.14 por unidad.

Con respecto a la presentación de la placa, se eligió aquella que cuente con las características adecuadas para instalaciones tanto en exteriores como en interiores, su formato es regular para una colocación sencilla, rápida y sin desperdicios, asemejándose a la de una cerámica. Es necesario considerar, que no se presentó ningún cambio de luminosidad en el estudio de espesores de las placas, por lo que se eligió aquellas con un espesor de 5 mm.

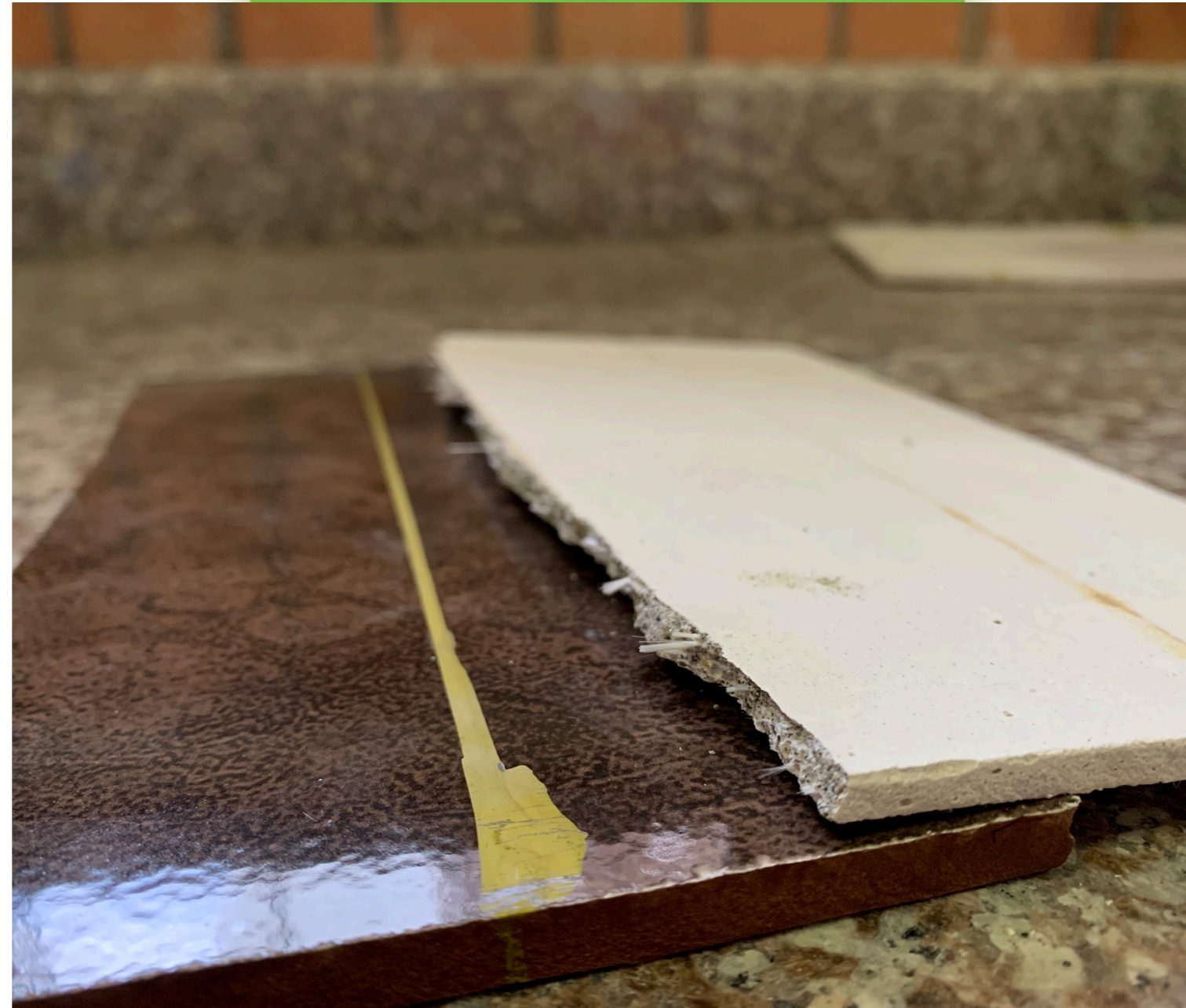


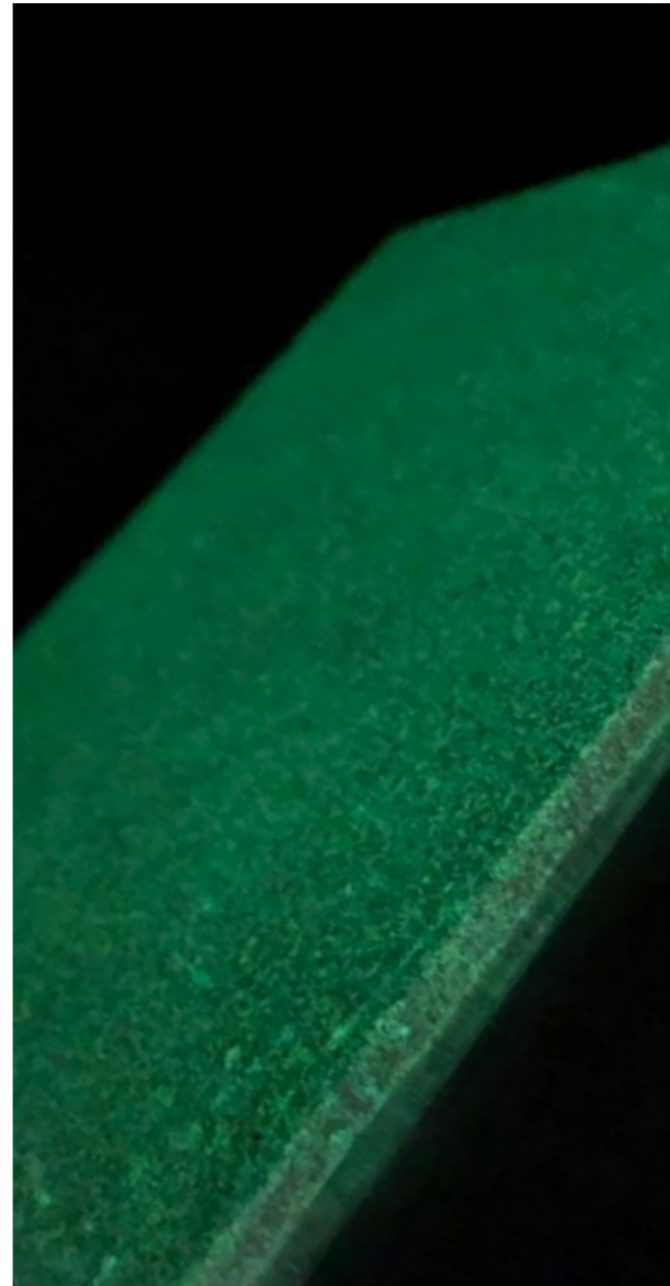
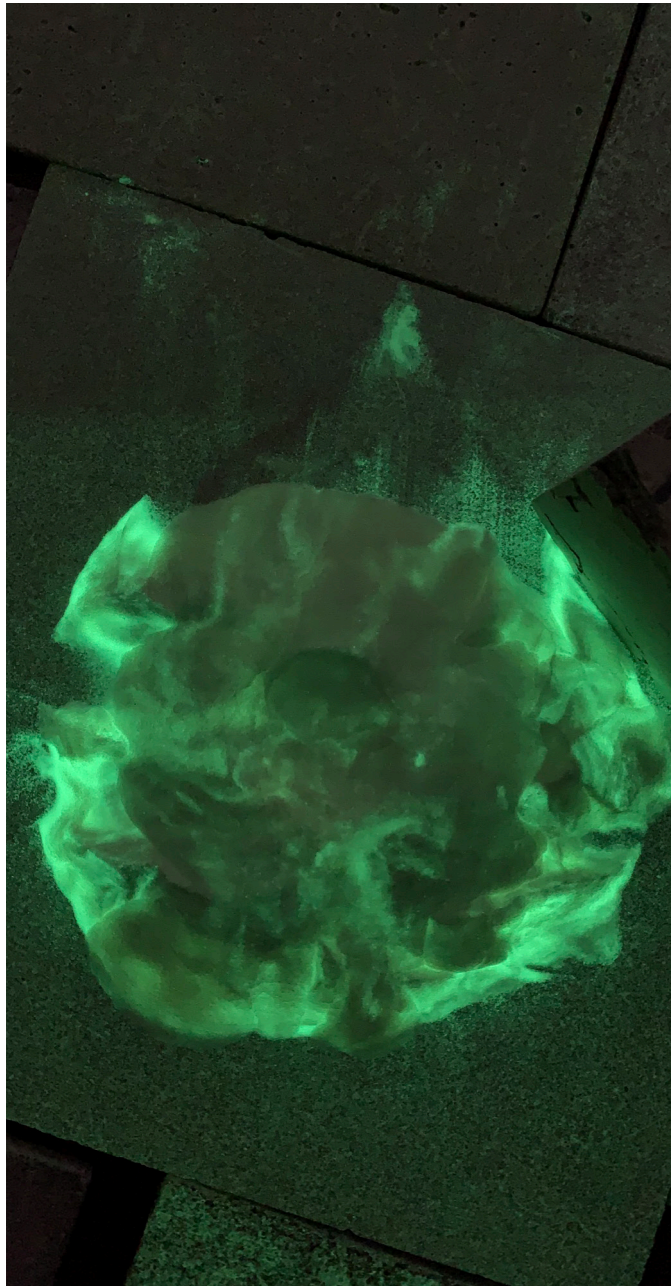
Imagen 71



Imagen 72

Así mismo, es primordial mencionar que son varias las formas de incorporar estas placas en un proyecto arquitectónico, pueden ser desde la señalética de emergencia de un edificio, hasta la utilización estética en cualquier parte del mismo; esto se debe a su acabado, apariencia y luminosidad.

Estas cerámicas de mortero fotoluminiscente son adecuadas para uso de alto tráfico, puesto que se diseñó de tal manera que puedan ser empleadas en áreas exteriores donde el ingreso de vehículo es común, con las pruebas de laboratorio llevadas a cabo en este estudio se aseguró la garantía de durabilidad extensa del producto, en cuanto a factores externos



- En el país se encuentra limitada la distribución del químico denominado aluminato de estroncio, por lo que es escaso el estudio de este elemento, sin embargo, es posible conseguirlo, por lo cual se recomienda continuar con el estudio químico de este material y sus componentes para mejorar los resultados en cuanto a duración e intensidad del brillo.
- La importancia del estudio realizado es el trabajo con mortero y con un componente químico denominado Aluminato de Estroncio, lo que genera que, en futuras investigaciones se pueda experimentar con diferentes materiales que también brinden luminosidad a la mezcla.
- Las dimensiones del producto final fue de 200x200x5 mm, no obstante, se recomienda elaborar en diferentes dimensiones, para facilitar el uso del material en distintos diseños.
- Se podría realizar estudios complementarios para el producto de la investigación, como por ejemplo estudios para juntas de recubrimientos o investigaciones de abrasión del producto.
- El acabado de la placa en esta investigación se presentó en estado natural, lo que genera que en un siguiente estudio se experimente con diferentes acabados tanto en color como textura, es decir se presenta la oportunidad creativa a profesionales que se involucren con el tema para proponer diseños arquitectónicos.
- Si se desea continuar con el estudio se recomienda también, contar con el equipo necesario, para optimizar los análisis.





**Imagen 1:** Walsh, (2019). Centro Heydar Aliyev con revestimientos de GFRC (Hormigón reforzado con fibra de vidrio).

**Imagen 2:** Walsh, (2018). Pabellón de hormigón tejido en 3d.

**Imagen 3:** ArchDaily. (2016). Museo internacional del Barroco, desarrollado con concreto precolado.

**Imagen 4:** Vossmes. (2021). Textura de cubos de mortero

**Imagen 5:** Dionisio Ruiz (2021). Mortero para mampostería

**Imagen 6:** Orellana & Sánchez (2021). Muestras de morteros de cemento y arena para ensayos a compresión [Fotografía].

**Imagen 7:** Recsan. ( 2019). Mezcla de mortero en estado plástico.

**Imagen 8:** Orellana & Sánchez (2021). Muestra de ensayo de determinación de flujo de mortro en estado plástico.

**Imagen 9:** Orellana & Sánchez ( 2021). Muestras de morteros ensayados a pruebas de compresión [Fotografía].

**Imagen 10:** Orellana & Sánchez (2021). Características físicas del agregado fino [Fotografía].

**Imagen 11:** Orellana & Sánchez (2021). Distribución de tamaños del las partículas del agregado fino [Fotografía].

**Imagen 12:** Orellana & Sánchez (2021). Determinación del agregado fino en estado SSS (Saturado superficialmente seco) [Fotografía].

**Imagen 13:** Orellana & Sánchez (2021). Determinación de la densidad del agregado fino [Fotografía].

**Imagen 14:** Orellana & Sánchez (2021). Agregado fino saturado [Fotografía].

**Imagen 15:** Méndez, M. (2018). Mezcla de mortero con cemento.

**Imagen 16:** Orellana & Sánchez (2021). Compuestos de cementos hidráulicos. Muestra de cemento tipo IP [Fotografía].

**Imagen 17:** Decorexpro. (2021). Cemento blanco en revestimientos.

**Imagen 18:** Decorexpro. (2021). Apariencia del cemento blanco. Cemento en estado plástico.

**Imagen 19:** Orellana & Sánchez (2021). Muestras de morteros reforzados con fibras de vidrio alcalino resistentes [Fotografía].

**Imagen 20:** Decorexpro. (2021). Muestra de pieza de hormigón reforzada con fibras de vidrio.

**Imagen 21:** Paviconj. (2020). Hormigón reforzado con fibras de acero tipo dramix.

**Imagen 22:** Orellana & Sánchez (2021). Materiales pesados para mezcla [Fotografía].

**Imagen 23:** Orellana & Sánchez (2021). Mezcla de mortero [Fotografía].

**Imagen 24:** Orellana & Sánchez (2021). Mortero ensayado para pruebas a compresión. Calidad del mortero [Fotografía].

**Imagen 25:** Orellana & Sánchez (2021). Concreto texturizado para revestimientos [Fotografía].

**Imagen 26:** 123RF (2020). Colocación de baldosas cerámicas.

**Imagen 27:** Marzua (2013). Aplicación de materiales fotoluminiscentes.

**Imagen 28:** materialinnovadores. (2016). Materiales fotoluminiscentes

**Imagen 29:** Orellana & Sánchez (2021). Material fotoluminscente (aluminato de estroncio) luego de ser

expuesto ante una fuente de luz [Fotografía].

**Imagen 30:** Orellana & Sánchez (2021). Apariencia de aluminato de estroncio natural [Fotografía].

**Imagen 31:** Orellana & Sánchez (2021). Aluminato de estroncio encendido [Fotografía].

**Imagen 32:** Orellana & Sánchez (2021). Muestras de morteros para ensayos a compresión [Fotografía].

**Imagen 33:** jannoon028 (2021), Imagen referencial para estudios.

**Imagen 34:** Orellana & Sánchez (2021). Arena utilizada para ensayos en laboratorio [Fotografía].

**Imagen 35:** Orellana & Sánchez (2021), Ensayo de determinación de impurezas en agregado fino [Fotografía].

**Imagen 36:** Orellana & Sánchez (2021), Cono de absorción de la arena para determinación de la densidad en el agregado fino [Fotografía].

**Imagen 37:** Orellana & Sánchez (2021), Matraz de Le Chatelier, para ensayo de determinación de la densidad en agregado fino [Fotografía].

**Imagen 38:** Drellana & Sánchez (2021), Ensayo granulométrico de agregado fino [Fotografía].

**Imagen 39:** Drellana & Sánchez (2021), Proceso de lavado del agregado fino mediante tamices [Fotografía].

**Imagen 40:** Drellana & Sánchez (2021), Cemento blanco [Fotografía].

**Imagen 41:** Drellana & Sánchez (2021), Materiales utilizados en la elaboración de un Mortero Fotoluminiscente [Fotografía].

**Imagen 42:** Drellana & Sánchez (2021), Ensayo de absorción en Aluminato de Estroncio [Fotografía].

**Imagen 43:** Drellana & Sánchez (2021), Equipos utilizados en laboratorio, balanza [Fotografía].

**Imagen 44:** Drellana & Sánchez (2021), Equipos utilizados en laboratorio, tamizadora [Fotografía].

**Imagen 45:** Drellana & Sánchez (2021), Equipos utilizados en laboratorio, batidora [Fotografía].

**Imagen 46:** Drellana & Sánchez (2021), Equipos utilizados en laboratorio, mesa de flujo [Fotografía].

**Imagen 47:** Drellana & Sánchez (2021), Equipos utilizados en laboratorio, máquina de compresión [Fotografía].

**Imagen 48:** jcomp (2021), Imagen referencial de bibliografía.

**Imagen 49:** Drellana & Sánchez (2021), Muestras cubicas de las primeras dosificaciones ensayadas en la investigación [Fotografía].

**Imagen 50:** Drellana & Sánchez (2021), Mezclas de mortero con diferente fluidez [Fotografía].

**Imagen 51:** Drellana & Sánchez (2021), Mezclas de mortero con cemento gris [Fotografía].

**Imagen 52:** Drellana & Sánchez (2021), Mezclas de mortero con cemento blanco [Fotografía].

**Imagen 53:** Drellana & Sánchez (2021), Elemento químico añadido en la mezcla, Aluminato de Estroncio [Fotografía].

**Imagen 54:** Drellana & Sánchez (2021), Mortero fotoluminiscente y aluminato de estroncio [Fotografía].

**Imagen 55:** Drellana & Sánchez (2021), Proceso de elaboración de la mezcla de mortero con fibras [Fotografía].

**Imagen 56:** Drellana & Sánchez (2021), Proceso de mezcla del mortero [Fotografía].

**Imagen 57:** Drellana & Sánchez (2021), Colocación del mortero en molde para ensayo de flujo [Fotografía].

**Imagen 58:** Drellana & Sánchez (2021), Compactación del mortero en ensayo de flujo [Fotografía].

**Imagen 59:** Drellana & Sánchez (2021), Nivelación del mortero en ensayo de flujo [Fotografía].

**Imagen 60:** Drellana & Sánchez (2021), Mortero sin molde, listo para dejar caer la mesa de ensayo [Fotografía].

**Imagen 61:** Drellana & Sánchez (2021), Medición del diámetro del mortero con ayuda de un calibrador [Fotografía].

**Imagen 62:** Drellana & Sánchez (2021), Compactación de la mezcla de mortero en muestras de 50x50x50mm [Fotografía].

**Imagen 63:** Drellana & Sánchez (2021), Molde con 25mm de mortero, primer tiempo de compactación [Fotografía].

**Imagen 64:** Drellana & Sánchez (2021), Molde de mezcla para ensayos a flexión [Fotografía].

**Imagen 65:** Drellana & Sánchez (2021), Ensayo de compresión con muestra de 50x50x50mm [Fotografía].

**Imagen 66:** Drellana & Sánchez (2021), 9 muestras de cubos y prismas para ensayos [Fotografía].

**Imagen 67:** Drellana & Sánchez (2021), Prisma de 40x40x160mm con fisura por ensayo a flexión [Fotografía].

**Imagen 68:** Drellana & Sánchez (2021), Muestras en piscina de curado [Fotografía].

**Imagen 69:** Drellana & Sánchez (2021), Prismas de 40x40x160mm [Fotografía].

**Imagen 70:** Drellana & Sánchez (2021), Mezcla fluida de mortero con cemento blanco en mesa de flujo [Fotografía].

**Imagen 71:** Drellana & Sánchez (2021), Muestras finales (F2) con fisuras por ensayo a compresión [Fotografía].

**Imagen 72:** Drellana & Sánchez (2021), Ensayo a flexión de prisma de 40x40x160mm [Fotografía].

**Imagen 73:** Drellana & Sánchez (2021), Cubo de Mortero Fotoluminiscente y Aluminato de Estroncio [Fotografía].

**Imagen 74:** Drellana & Sánchez (2021), Prismas de 40x40x160mm rotos, en la cual se muestran las fibras de vidrio [Fotografía].

## BIBLIOGRAFÍA

**Imagen 75:** Orellana & Sánchez (2021), Placas de 40x80x4mm de Mortero Fotoluminiscente con diferente porcentaje de Aluminato de Estroncio [Fotografía].

**Imagen 76:** Orellana & Sánchez (2021), Ensayo con Luxómetro para medir la intensidad lumínica del mortero [Fotografía].

**Imagen 77:** Orellana & Sánchez (2021), Placa de producto final, Mortero Fotoluminiscente de 200x200x5mm [Fotografía].

**Imagen 78:** Orellana & Sánchez (2021), Placa de mortero y cerámica para ensayo a flexión [Fotografía].

**Imagen 79:** Orellana & Sánchez (2021), Placa de 200x200x5mm de mortero fotoluminiscente [Fotografía].

**Imagen 80:** Orellana & Sánchez (2021), Ensayo a flexión de cerámica [Fotografía].

**Imagen 81:** Orellana & Sánchez (2021), Ensayo a flexión de placa de 200x200x5mm [Fotografía].

**Imagen 82:** Orellana & Sánchez (2021), Planta Arquitectónica de proyecto de aplicación [Plano].

**Imagen 83:** Orellana & Sánchez (2021), Vista superior de plaza con la colocación del mortero fotoluminiscente [Render].

**Imagen 84:** Orellana & Sánchez (2021), Vista lateral de plaza con la colocación del mortero fotoluminiscente [Render].

**Imagen 85:** Orellana & Sánchez (2021), Vista diagonal de plaza con la colocación del mortero fotoluminiscente [Render].

**Imagen 86:** Orellana & Sánchez (2021), Vista exterior hacia plaza con la colocación del mortero fotoluminiscente [Render].

**Imagen 87:** Orellana & Sánchez (2021), Productos de mortero [Fotografía].

ACI Committe 544. (2002). State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Shotcrete. *Concrete International*, 6(12), 15-27.

Álvarez, J., Martín, A. y García, P. (1995). Morteros Prehistóricos. *Revista PH*, (13), 52-59. <https://doi.org/10.33349/1995.13.263>

Alejandre, F. Historia, caracterización y restauración de morteros. Editorial Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221813>

Ambiental Glow Technology. (2021). Acerca de Glow Stones. <https://ambientglowtechnology.com/>

Antillón, J. (2016). Uso de fibras en el concreto. Construcción y tecnología en concreto. <http://imcyc.com/revistacyt/pdf/enero2016/experto.pdf>

Argiz, C. (2019). Cementos fotoluminiscentes. *Afinidad*, 76(588), <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/361875> [View: 4-02-2022].

Arias, E. y Navas, A. (2015). Propiedades del mortero pre-empacado para pega de bloques de mampostería. *Revista Ingeniería*, 25(2), 45-58. <https://doi.org/10.15517/jte.v25i2.18228>

Aroz, R., Lennikov, V., Cases, R., Sanjuán, M. L., Muñoz, E., y de la Fuente, G. (2017). Laser Synthesis and Luminescence Properties of SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>Eu<sup>2+</sup>, Dy<sup>3+</sup> Phosphors. *Physics Letters, Section A. General, Atomic and Solid State Physics*, 381(40), 3519-3522. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2017.08.051>

Asocreto. (2010). Tecnología del Concreto. Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas (3rd ed., Vol. 1, Issue 36).

Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens, 1-178. <https://doi.org/10.17226/18725>

Báez, A., Zamora, L., García, L., Hernández, J., García, M., Guzmán, J., y Falcony, C. (2019). Luminescent Materials: Natural and Synthetic Materiales Luminescentes: Naturales Y Sintéticos. *Ciencia y Nanociencia*, 2(1), 21-30. [www.uv.mx/veracruz/microna/mcynISSN](http://www.uv.mx/veracruz/microna/mcynISSN)

Cabello, S., Campuzano, L., Espinoza, J. y Sánchez, C. (2015). Concreto poroso: constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. *Cumbres*, 1(1), 64-69.

Carvalho, D. (23 de junio de 2020). Vida a Distancia – La Tecnología que nos Conecta. *Lumen*. <https://latamblog.lumen.com/es/vida-distancia-tecnologia-conecta/>

Calderón, M. L. L., Arauz, D. S. y Martínez, I. del P. (2020). Morteros históricos en las construcciones de Quito de los siglos XVI, XVII y XVIII. *Ge-Conservación*, 17, 71-81. <https://doi.org/10.37558/gec.v17i1.687>

Carreño, B. (14 de junio de 2016). Científico mexicano crea cemento luminoso. *Scientific American - Español*. <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/cientifico-mexicano-crea-cemento-luminoso/>

Carrillo, J., Aperador, W. y González, G. (2013). Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 3, 435-450.

Cevallos, D. (6 de marzo de 2020). Materiales que perfeccionan la construcción. *El Comercio*.

Corona, M. (1997). Generalidades sobre el concreto. Concretos dosificados con cemento portland y ceniza volante. Universidad de Sonora. División de Ciencias e Ingeniería.

Correcher, V. y Garcia, J. (2015). Técnicas luminiscentes. *Cietmat*, 3-30.

Costos. (2021). Recubrimientos: Cerámicos y Porcelanatos para Exteriores - Noticias de construcción. <https://noticias.costosperu.com/recubrimientos-ceramicos-y-porcelanatos-para-exterior/>

EcuaGlow. (2021). Ficha técnica de material fotoluminiscente.

Ekos. (22 de octubre de 2018). Se inician pruebas técnicas para elaboración de asfalto con caucho de llantas recicladas. ADN Buenas Prácticas. <https://n9.cl/udla9>

Espinoza, M. (2015). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar.

Facultad de Ciencias Ingeniería y Construcción. (2019). Ingenieros Civiles y su formación integral desde la Academia. Desde la Academia. <https://www.ute.edu.ec/desde-la-academia/>

Flor, M., Carpio, A. y Santamaría, J. (2018). Estudio de un compuesto cementante fotoluminiscente y su aplicación en la construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(1), 62-70. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.811>

González, Á. (2014). Comportamiento frente a la durabilidad de morteros de reparación de cemento modificados con polímeros. [Tesis de Doctorado]. Universidad Politécnica de Madrid.

Ghio, V. y Bascuñan W. (2012). Guía para la innovación tecnológica en la construcción (2a. ed.). Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.

Grijalva, F. y Laines, T. (2016). Diseño De Morteros Fotoluminiscentes Aplicados De Forma Ornamental Y Señalización En Caso De Emergencia Para Edificaciones. Universidad Central Del Ecuador.

Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales (Vol. 2).

Holcim. (2014). Blanco Fuerte. Tipo UG Uso General. [https://www.holcim.com.co/sites/colombia/files/atoms/files/hco\\_blanco40kg.pdf](https://www.holcim.com.co/sites/colombia/files/atoms/files/hco_blanco40kg.pdf).

Huamán, A. (2015). Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibras de Vidrio. [Tesis de Grado]. Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/633>

INEN 151. (2005). Cemento. Definición de términos relacionados con el cemento hidráulico.

INEN 2380. (2005). Cementos Hidráulicos. Requisitos De Desempeño.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, 19. Cementos Hidráulicos Compuestos. Requisitos, 16 (2005).

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2012). Análisis sectorial: La Industria de la Construcción. Infoeconomía, 10, 8.

KIRCA, D. (2005). Ancient binding materials, mortars and concrete technology: history and durability aspects. Análisis Estructural de Construcciones Históricas; Módena, C., Lourenço, PB, Roca, P., Eds., 87-95.

Lema, W. B. y Castillo, E. (2018). Relaciones agua-cemento en diseño de vértices extremos aplicado a mortero. *Maskana*, 9(1), 125-140. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.12>.

León, D. y Serrano, D. (2019). Proponer Un Módulo Prefabricado De Mortero Con Fibra Óptica a Nivel Arquitectónico Para Una Vivienda. [Tesis de Pregrado]. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32855>.

Matallana, R. (2005). Cemento portland. Instituto Colombiano de Productores de Cemento - ICPC, primera ed.

Mundo Constructor. (18 de julio de 2020). Cemento y hormigón con enfoque hacia la sostenibilidad. <https://www.mundo-constructor.com.ec/cemento-y-hormigon-con-enfoque-hacia-la-sostenibilidad/>

Muzquiz, M. (2017). La Experiencia Sensorial De La Arquitectura. [Tesis de Pregrado]. Universidad Politécnica de Madrid.

Navarrete, G. (2006). Caracterización del cemento blanco. [Tesis de Pregrado]. Universidad Austral de Chile.

Navarro, J. (1997). Requisitos técnicos de baldosas cerámicas para usos concretos. *Cerámica Información*, 1, 81-98.

Navas, A. y Arias, E. (2015). Propiedades del mortero preempacado para pega de bloques de mampostería. *Revista Ingeniería*, 25(2), 45-58. <https://doi.org/10.15517/jte.v25i2.18228>.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN] 1528. (2015). Cemento para mampostería. Requisitos. Inen, 1, 4.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 696]. (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. NTE INEN 696. Determinación Del Tamaño de Partículas En Árido Fino y Grueso., 1(Primera Edición).

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 856]. (2014). Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del árido fino.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 198]. (1987). Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 2551]. (2011). Hormigón y Mortero. Materiales secos combinados, ensacados para elaborar hormigón y mortero. Requisitos.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 488]. (2009). Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la Compresión de 50 mm de Arista.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 694]. (2010). Hormigón y Áridos para elaborar hormigón terminología. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2007.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 872]. (2010). Áridos para hormigón. Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Norma Técnica Ecuatoriana [NTE INEN 873]. (2017). Arena Normalizada. Requisitos. Segunda revisión.

Ojeda, J. P., Mercante, I. T. y Fajardo, N. H. (2020). Diseño y ensayo de fibras plásticas recicladas para refuerzo de mortero. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(1), 55-62. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53423>.

Puertas, E., Amat, T. y Vázquez, T. (2000). Comportamiento de morteros de cementos alcalinos reforzados con fibras acrílicas y de polipropileno. *Materiales de construcción*, 50, (259) 10.3989/mc.2000.v50.i259.400.

Rebuild. (23 de mayo 2019). La evolución de la arquitectura y sus mejoras tecnológicas. <https://www.rebuildexpo.com/evolucion-de-la-arquitectura-mejoras/>

Remontiro. (2018). Medidas estándar de revestimientos cerámicos. Tamaños de baldosas. <https://remontiro.ru/es/tile/standard-dimensions-of-ceramic-tiles-for-walls-dimensions-of-floor-tiles/>

Rivera, G. (2013). Concreto Simple. Universidad Del Cauca, 256. [https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO\\_SIMPLE](https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO_SIMPLE)

Rojas, R. E. (2015). Diseño y síntesis de materiales nanoestructurados basados en aluminatos de estroncio con propiedades fotoluminiscentes. Universidad Politécnica de Madrid, 278. <http://oa.upm.es/38330/>

Rosales, S. (2016). Diseño de paneles de hormigón prefabricado arquitectónico para cerramientos verticales y particiones interiores. [Tesis de Pregrado]. Universidad de Cuenca.

Salamanca, R. (2009). Tecnología De Los Morteros. *Ciencia E Ingeniería*, 24, 2-6.

Sánchez de Guzmán, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Bhandar Editores, 5, 334.

Sánchez, M. M. T. y Sánchez, M. M. (2001). "LUZ FRÍA": trabajos experimentales sencillos.

Santillán, N. (2020). Utilización de fibras naturales para el desarrollo de morteros reforzados con fibras. [Tesis de Posgrado]. Universidad Politécnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/192804>.

Serpell, A. (1987). Innovación tecnológica en la construcción. Revista de Ingeniería de Construcción, (3), 1-15.

Taborda, J. A., Cañas, L. A. y Trisancho, J. L. (2017). Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de la resina poliéster reforzada con fibra de bambú, como material sustituto de la fibra de vidrio. DYNA (Colombia), 84(202), 35-41.

UTE. (2019). El futuro de la construcción combina la tecnología de punta y la tradición milenaria. <https://www.ute.edu.ec/el-futuro-de-la-construccion-combina-la-tecnologiay-la-tradicion-milenaria/>

Norman Foster

*“No soy una criatura de hábitos. Me gusta encontrar cosas de fuentes inesperadas”*

ANEXOS

# 6.1 RESUMEN DE MUESTRAS

## Anexo 01: Recopilación de datos de dosificaciones

RESUMEN DE DOSIFICACIONES																	
Nomenclatura	Resistencia estimada Kg/cm2	Variantes						Bibliografía					Resistencia			Comentario	
		A/C	Cemento	Arena	Aditivo	Fibras	Aluminato de Estroncio	El concreto y otros materiales para la construcción.					Tecnología del Concreto y del mortero	Rotura	Compresión		Flexión
		-	-	Módulo de finura	%	%	%	Gr No 10	Gr No 11	Gr No 12	Gr No 13	Gr No 14	Días	Kg/cm2	Kg/cm2		
D1	210	0,52	Gris	2,67	-	-	-	x	x					3	65,60	-	Resistencia baja: resistencia estimada 115,5kg/cm2.
D2	240	0,44	Gris	2,67	-	-	-	x	x					7	137,66	-	Resistencia estimada 168kg/cm2. Se incorpora aditivo porque estaba muy seca la mezcla.
D4	240	0,67	Gris	2,67	-	-	-			x	x			7	96,32	-	Resistencia estimada 168kg/cm3.
D5	240	0,70	Gris	2,67	Viscocrete 4100: 1%	-	-					x		7	83,91	-	Resistencia estimada 168kg/cm2. Se incorpora aditivo porque estaba muy seca la mezcla.
D6	320	0,57	Gris	2,67	-	-	-			x	x			7	117,15	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm2.
D7	320	0,41	Gris	2,67	-	-	-	x	x					7	157,852	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3
D8	320	0,42	Gris	2,33	Viscocrete 4100: 0,19%	-	-	x	x					7	172,404	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D9	320	0,42	Gris	2,33	-	1%	-	x	x					7	181,778	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D10	320	0,42	Gris	2,57	-	-	-	x	x					7	119	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D11	320	0,42	Gris	2,57	-	1%	-	x	x					7	126,06	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D12	320	0,42	Gris	2,79	-	-	-	x	x					7	142,6	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D13	320	0,42	Gris	2,79	-	1%	-	x	x					7	150,066	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D14	320	0,42	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,19%	1%	-	x	x					7	175,583	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D15	320	0,42	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					7	265,14	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.
D16	320	0,42	Gris	2,79	Viscocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					7	240,43	-	Resistencia estimada 224 kg/cm3.

D17	320	0,35	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,45%	-	-	x	x					3	254,07	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 176 kg/cm3.
D18	320	0,39	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					3	217,63	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 176 kg/cm3.
D19	320	0,39	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					3	183,6	-	Modificación en el peso específico del arena. Resistencia estimada 176 kg/cm3.
D20	320	0,35	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					7	330,6	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3. método de mezcla diferente.
D21	320	0,39	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,9%	-	-	x	x					7	320,3	69,48	método de mezcla normado.
D22	320	0,42	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,6%	-	-	x	x					7	275,18	-	Modificación de la cantidad de agua. Resistencia estimada 224 kg/cm3. método de mezcla normado.
D23	320	0,39	Gris	2,57	Viscocrete 4100: 0,9%	1%	-	x	x					7	-	77,37	Por la incorporación de la fibra, la mezcla se seca. Dosificación D21 con fibras.
Pa1	320	0,42	Gris	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	1%	30%	x	x					7	450,95	-	Modificación de la cantidad de agua. Mezcla seca: 28% de fluidez.
Pa2	320	0,42	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	1%	25%	x	x					7	467,52	-	Cambio de fluidez por el cemento blanco: fluidez 116,38%. Método de mezcla normado.
D25	320	0,35	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	-	-	x	x					3	520,77	-	Resistencia estimada 176 kg/cm3. Método de mezcla normado. Puebas con cemento blanco
D26	320	0,39	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	-	-	x	x					3	437	-	Resistencia estimada 176 kg/cm3. Método de mezcla normado. Dosificación D21 y D18. Fluidez: 97,2%
D27	320	0,42	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	-	-	x	x					3	424,03	-	Resistencia estimada 176 kg/cm3. Método de mezcla normado. Dosificación D22.
D28	320	0,42	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,6%	1%	-	x	x					3	315,47	-	Resistencia estimada 176 kg/cm3. Método de mezcla normado. Fluidez: 43,04%. Se altera el tipo de arena.
D29	320	0,42	Blanco/C	2,57	SikaPlast 1000-R: 0,75%	1%	-	x	x					3	272,03	-	Resistencia estimada 176 kg/cm3. Método de mezcla normado. Fluidez: 122,27%. Se altera el tipo de arena.
D30	280	0,42	Blanco Cemex y Huascarán	2,15	SikaPlast 1000-R: 1%	1%	-	x	x					3	C: 285 H: 325	-	Se realiza una comparación entre cemento Cemex y cemento huascarán, para elegir el más apropiado para la mezcla. Se escoge el cemento Huascarán por tener mejores resultados
D31	280	0,45	Blanco/H	2,15	SikaPlast 1000-R: 1%	2%	-	x	x					3	335,2	-	Resistencia estimada 154 kg/cm3. Fluidez 22%. Se realiza la dosificación con un nuevo módulo de finura





## Anexo 03: Aditivo Sika Plast 1000-R



### HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO SikaPlast®1000-R

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA, RETARDANTE DE MEDIO RANGO - TECNOLOGÍA SIKA VISCOCRETE

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaPlast 1000-R es un reductor de agua multi-propósito y superplastificante utilizando la tecnología Sika Viscocrete en base a policarboxilatos. SikaPlast 1000-R está diseñado para cumplir con la norma ASTM C-494 Tipos A, D y F.

#### USOS

Sikaplast 1000-R puede ser usado, tanto en hormigón premezclado así como en plantas de prefabricados.

• **Como reductor de agua de alto rango:** Proporciona excelente plasticidad, manteniendo la trabajabilidad hasta una hora. Por su control sobre los tiempos de fraguado, el SikaPlast 1000-R es ideal para hormigones de vaciado directo tanto en horizontal como en vertical.

• **Como reductor de agua de medio rango:** Se usa para hormigones bombeados y aplicaciones donde se requieran acabados de mejor calidad. Sikaplast 1000-R es ideal para trabajar con mezclas de hormigón pobres, áspers y hormigones que contengan cenizas volantes o microsílca.

#### VENTAJAS

• **Reductor de agua:** SikaPlast 1000-R puede ser dosificado en pequeñas cantidades, para obtener reducciones de agua entre un 5 al 12% y se pueden obtener reducciones de hasta un 20% a altas dosificaciones. SikaPlast 1000-R es aplicable para todos los niveles de reducción de agua.

• **Alta plasticidad:** La acción superplastificante del SikaPlast 1000-R proporciona hormigones altamente fluidos y de larga trabajabilidad que se colocan con una mínima vibración.

Concretos plastificados con SikaPlast 1000-R son altamente fluidos, manteniendo por largos periodos de tiempo la cohesión, evitando que se produzca segregación. Trabajabilidad extendida y control del fraguado: SikaPlast 1000-R está formulado para proporcionar trabajabilidad entre 60 y 90 minutos con tiempos de fraguado normales.

La acción combinada de reductor de agua de medio rango y superplastificante del SikaPlast 1000-R proporciona los siguientes beneficios al hormigón endurecido:

- **Altas resistencias tempranas** para un desmoldado rápido en hormigones estructurales.
- **Altas resistencias finales**, permitiendo flexibilidad en el plan mayor de Ingeniería.
- **Reducciones de la relación agua cemento** producen hormigones más durables, más densos y menos permeables.
- La alta efectividad plastificante, hace que reduzca los defectos de la superficie en elementos de hormigón y mejore la apariencia estética.
- SikaPlast 1000-R no contiene cloruros ni ningún otro compuesto que produzca la corrosión del acero de refuerzo. Está formulado para proporcionar la máxima reducción de agua y trabajabilidad extendida a lo largo todo el rango de dosificación.

Hoja técnica de producto  
SikaPlast 1000-R  
Edición Nº1\_04-2014  
Documento Nº 021301011000001101

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>BASES</b>	Agente dispersante de alto rendimiento en base a policarboxilatos
	<b>ASPECTO</b>	Líquido café
	<b>DENSIDAD</b>	1.07 Kg/l aprox.
	<b>ALMACENAMIENTO</b>	12 meses en su envase original bien sellado, bajo techo
	<b>PRESENTACIÓN</b>	Tambores de 200 kg y al granel.

#### PRODUCCIÓN DEL HORMIGÓN

##### DOSIS

Las dosis varían de acuerdo a los materiales usados, condiciones ambientales y requerimientos específicos del proyecto. Sika recomienda dosis entre 0.3% a 0.6% del peso del cemento si se requiere reducciones de agua entre 5 al 12%.

Si se requiere mayores reducciones de agua se pueden usar dosificaciones de hasta 1.4% del peso del cemento. SikaPlast 1000-R puede causar retardos del fraguado del hormigón si es usado en dosificaciones superiores a las recomendadas.

Dosis fuera del rango recomendado, pueden ser utilizadas cuando estén especificados materiales especiales tales como, microsílca o cenizas volantes, condiciones ambientales extremas o cuando condiciones usuales del proyecto requieran consideraciones especiales. Para mayor información, consulte con el Departamento Técnico de Sika.

#### MEZCLADO

Para mejores resultados de superplastificante, adicionar el SikaPlast 1000 R al final de la mezcla y dejar por lo menos 3 minutos mezclarse a máxima velocidad.

#### Combinaciones con otros aditivos

El SikaPlast 1000-R es altamente efectivo, sólo o en combinación con otros aditivos Sika, con aditivos base naftaleno no es recomendable.

Evaluaciones de campo con materiales locales, permitirán determinar la dosis de agentes incorporados de aire que necesiten ser usados.

#### Combinación con microsílca

SikaPlast 1000-R es particularmente efectivo para usar con microsílca o cenizas volantes por su capacidad de reducción de agua y superior control de la fluidez.

#### SEGURIDAD

##### Primeros auxilios

En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos o mucosas, lavar con abundante agua y acudir inmediatamente donde un especialista.

##### Ecología

No verter directamente sobre vertientes de agua o el suelo, actuar de acuerdo a las regulaciones locales.

##### Toxicidad

No tóxico.

##### Transporte

No peligroso.

#### NOTA LEGAL

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como ninguna responsabilidad que surja de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se debe respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

Sika Ecuatoriana S.A. dispone de un sistema de gestión de la calidad y ambiental certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 respectivamente, por SGS.

Sika Ecuatoriana S.A. <http://ecu.sika.com>  
Durán - Km. 3 1/2 vía Durán - Tambo (Cajilla 10093) PBX (593-4) 2812700 Fax (593-4) 2801229  
Quito - Av. Naciones Unidas entre Itaguigo y Nuñez de Vela, Edificio Metropolitan, PBX (593-4) 2812700  
Cuenca - Av. Ordoñez Lasso y Los Claviles, Edif. Palermo Tel: 5937 4 089725 - 4102829

Hoja técnica de producto  
SikaPlast 1000-R  
Edición Nº1\_04-2014  
Documento Nº 021301011000001101



## Anexo 04: Fibras de vidrio

### CTG® PRODUCT DATA SHEET



## Cem-FIL® 60

### AR Chopped Strands for Repair Mortars and Premix GRC

#### PRODUCT DESCRIPTION

Cem-FIL® 60 is a high integrity AR glass fibre chopped strand designed for pre-mixing with other materials and the resulting mix is formed by vibration casting or other processes into molded GRC components.

It can also be used as a component of repair mortars to enhance their performance.



#### PRODUCT APPLICATION

The high integrity of the product makes it suitable for use in a variety of production processes including vibration-casting, pumping, spraying, or dry-blending with other materials.

Cem-FIL® 60 chopped strands are designed for ease of incorporation even at high dosage and remain integral during mixing. It is used in the manufacture of repair mortars, standard GRC components such as drainage channels or meter boxes, or in architectural applications such as decorative screen walling and ornate moldings.

Cem-FIL® 60's hydrophobic behavior makes the mix more fluid and that ensures better compaction and easier release of trapped air.

#### ADVANTAGES AND BENEFITS

- High integrity during mixing
- Low tex strand
- Easy incorporation
- High performance with low dosage
- Excellent reproduction of detail
- Good level of workability
- Reduced water demand compared to other fibers
- Improves mechanical performance of GRC elements
- Makes highly durable GRC elements
- Safe and easy to handle



#### FEATURES (nominal values)

Fiber length	Filament Diameter	Tex (g/km)	Loss on Ignition (%) (ISO 1887 : 1995)	Moisture (%) (ISO 3344 : 1997)
6 - 12 - 18 (mm) / ¼" - ½" - ¾"	14 µm / 0.000546"	82	0.85	0.50 max

6 - 9 - 12 - 18 (mm) / ¼" - 1/3" - ½" - ¾"	18.5 µm / 0.00073"	135	0.85
--	--------------------	-----	------

- Electrical Conductivity: Very low
- Specific Gravity: 2.68 g/cm<sup>3</sup>
- Material: Alkali Resistant Glass\*
- Softening point: 860°C • 1580°F
- Chemical Resistance: Very high
- Modulus of elasticity: 72 GPa • 10x10<sup>6</sup> psi
- Tensile Strength: 1,700 MPa • 250 x 10<sup>3</sup> psi

\* Our fibers are manufactured with high Zirconia content in compliance with ASTM C1666/C 1666M-07 and EN 15422 and under the recommendations of PCI and GRCA

## Cem-FIL® 60

### AR Chopped Strands for Repair Mortars and Premix GRC

#### HOW TO USE - DOSAGES

For repair mortars, recommended dosage is between 1 to 2%, or 25 to 50 kg/m<sup>3</sup> (42 - 84 lb/cu.yd).

For Premix GRC, recommended dosage is from 2.5 to 3.5% by weight.

#### PACKAGING and STORAGE

Cem-FIL® 60 chopped strands are packed in individual plastic bags (6 - 18 Kg).

Cem-FIL® 60 chopped strands should be stored away from heat and moisture, and in their original packaging. The best conditions are:

- Temperature: 15°C - 35°C.
- Humidity: 35% - 65%.

If the product is stored at lower temperatures it is advisable to condition it in the workshop for at least 24 hours before use, to prevent condensation.

#### QUALITY STANDARDS - CERTIFICATION

- Cem-FIL® 60 fibers are manufactured under a quality Management System approved to ISO 9001.
- Cem-FIL® fibers are not classified as dangerous by the Regulation 1272/2008/EC. For more information, please refer to our Safe Use Instructions Sheet.

**Sinoma** Taishan Fiberglass Inc

Tel.: +86 538 6626827

Fax: +86 538 6627917

Jerry.xu@ctgf.com

www.ctgf.com

Cem-FIL®, Anti-CRAK® and Slurry-FIL® are Owens Corning brands of Alkali Resistant glass fiber reinforcements.

A strategic alliance was established between Owens Corning and Taishan Fiberglass, to manufacture specialty glass products in China. With strong technical support from Owens Corning global Research and Development centers, Cem-FIL®, Anti-CRAK® and Slurry-FIL® AR glass fiber reinforcements are jointly developed,

### Anexo 05: Aluminato de Estroncio



#### HOJA DE SEGURIDAD

De acuerdo a 93/112/CE

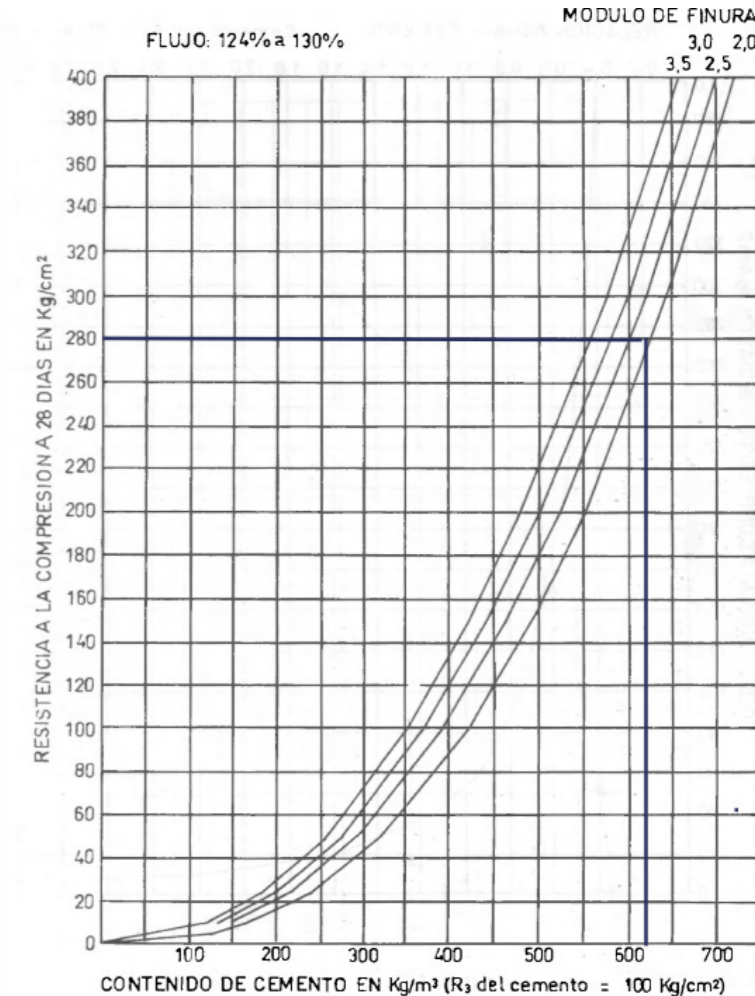
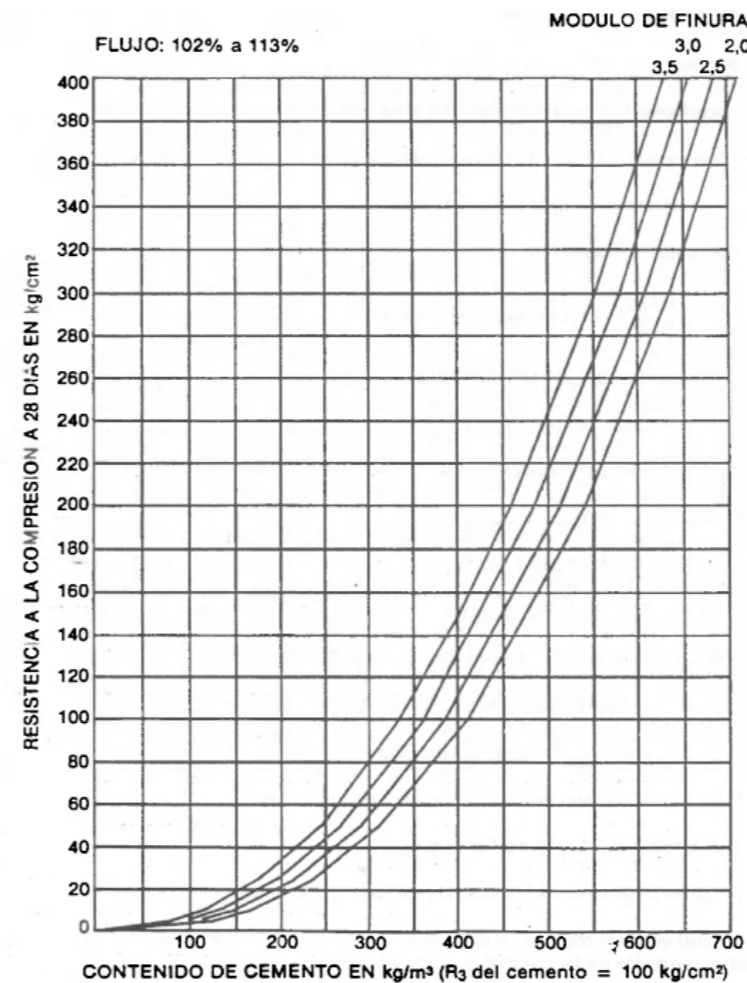
- IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA**  
EMPRESA: ECUAGLOW  
Nombre comercial: PL PIGMENTOS Glow-in-the-dark pigmento
- Composición / información sobre los componentes Caracterización química:**  
- C.A.S. Denominación: 12004-37-4  
EINECS No. : 234-455-3  
Nombre y Alias: Aluminato de estroncio, dialuminio estroncio tetróxido  
Formula: MAI2O4.nB2O3: Eu2 + Dy3 + (M significa uno o algunos de Sr, Ca, Ba, etc).  
Contenido: Sr, Ca, Ba, Al, Eu, B, Dy, etc.
- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:**
  - Destino Peligro: Adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente: la experiencia en el uso del producto indica que no es un riesgo conocido para la salud humana para el medio ambiente.
  - Sistema de clasificación: La clasificación corresponde con la lista actual de la CE. Se amplió, pero siempre completada por la literatura especializada y los informes de las empresas proveedoras.
- MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS:**  
Recomendaciones generales: ninguno  
Si se inhala: trasladar al aire libre. Llame al médico  
Contacto con la piel: lavar con agua simple.  
Contacto con los ojos: lavar con una solución de jabón suave.  
Tras ingestión: buscar ayuda médica de inmediato  
Indicaciones para el médico: nada de particular, consulte al médico para un efecto prolongado.
- Medidas para combatir incendios:**
  - Medios de extinción adecuados: agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono, polv. seco.
  - Medios de extinción no apropiados

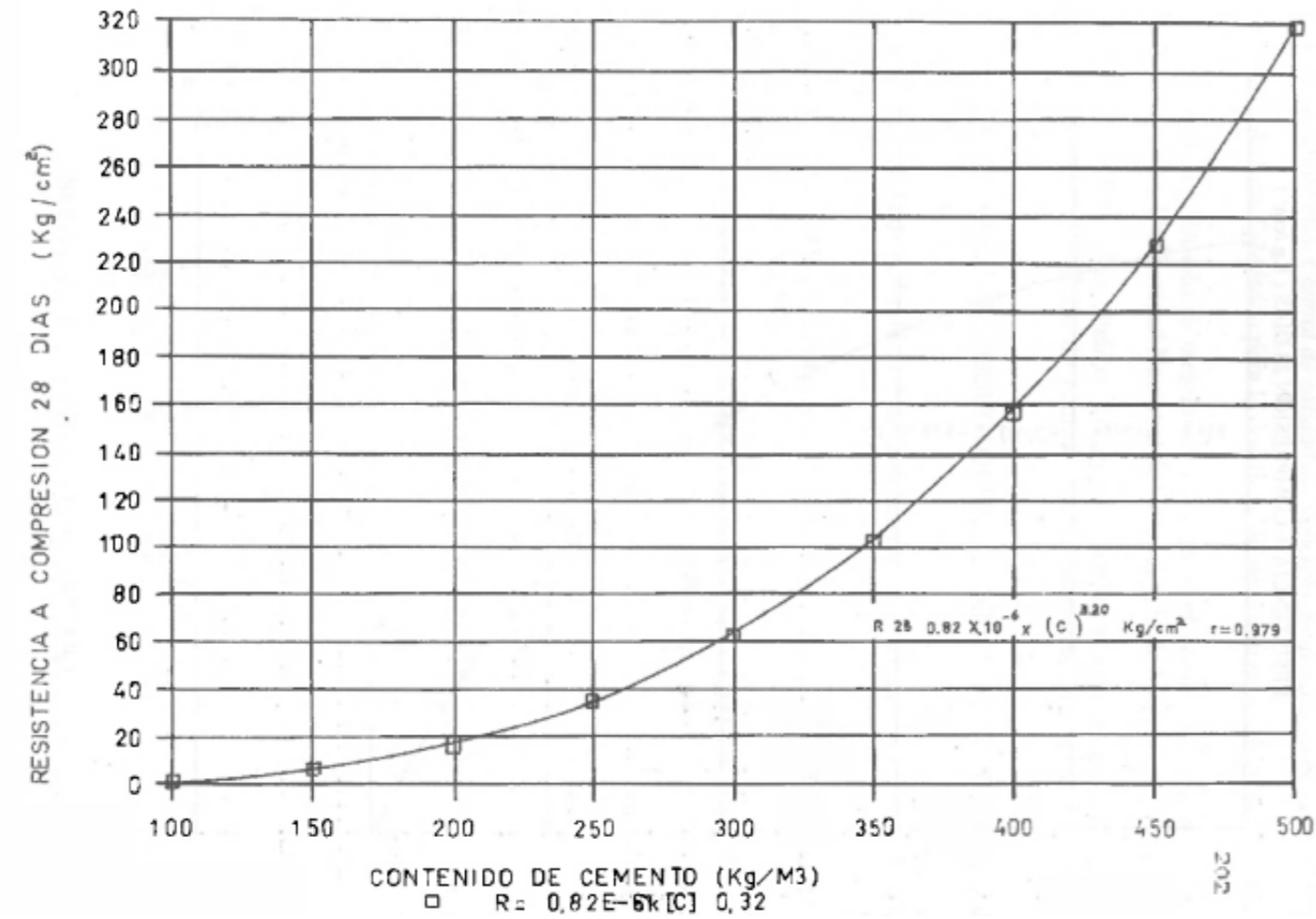


- MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL:**
  - Precauciones personales: no se exigen como no peligroso, en caso de barrido derra y ponerlo contenido y lavar el área con agua.
  - Precauciones ambientales: Ninguno
  - Métodos de limpieza: Barrer y colocar en un recipiente con cierre, para su eliminación.
- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO:**  
Manipulación: mantenerse en un recipiente bien cerrados, almacenados en un lu fresco, seco y ventilado, mantener lejos del agua.  
Protección contra incendios y explosiones: no es explosivo; ninguna precaución especial, mantener alejado del fuego  
Almacenamiento: Embalaje adecuado.
- CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL:**
  - Información adicional sobre el trazado de instalaciones técnicas: EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:
  - Protección respiratoria: Usar mascarilla de tela
  - Protección de las manos: guantes
  - Protección de los ojos: Gafas
  - Protección del cuerpo: Utilizar ropa protectora para evitar el contacto del cuerpo
  - Seguridad general y la higiene
- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:**
  - Forma: Polvo • Olor: inodoro
  - Cambio en la etapa física:
    - Punto de fusión / 1745 °C
    - Punto / intervalo de ebullición: na °C
    - Punto de inflamación: na °C
  - Combustibilidad: libre de combustibilidad Límites
  - de explosión: n.a.
  - Temperatura de ignición: n.a.
  - Temperatura de auto ignición: n.a.

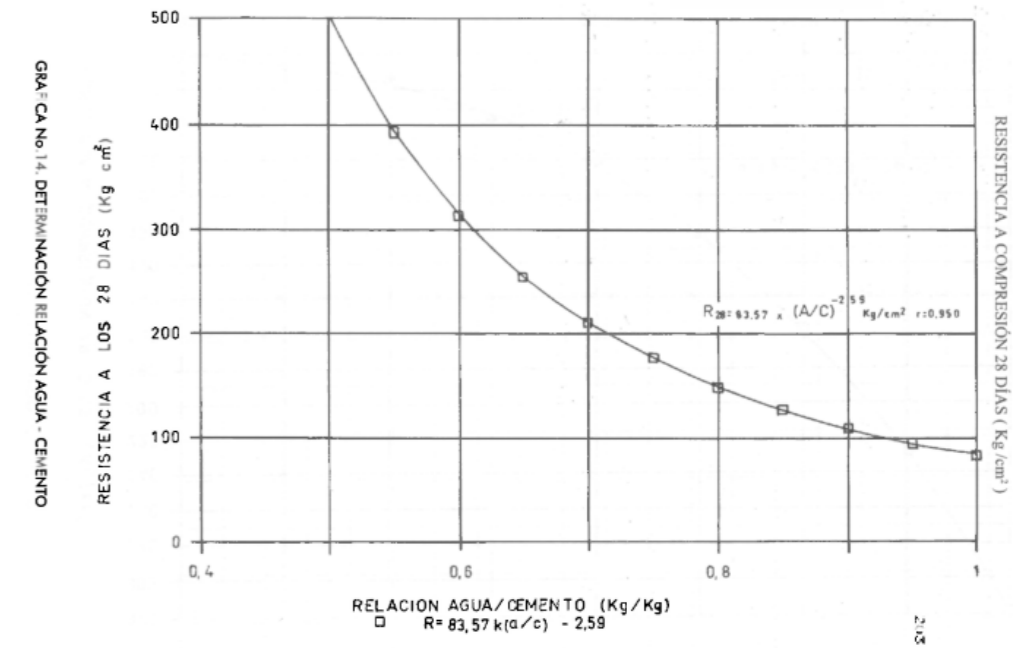
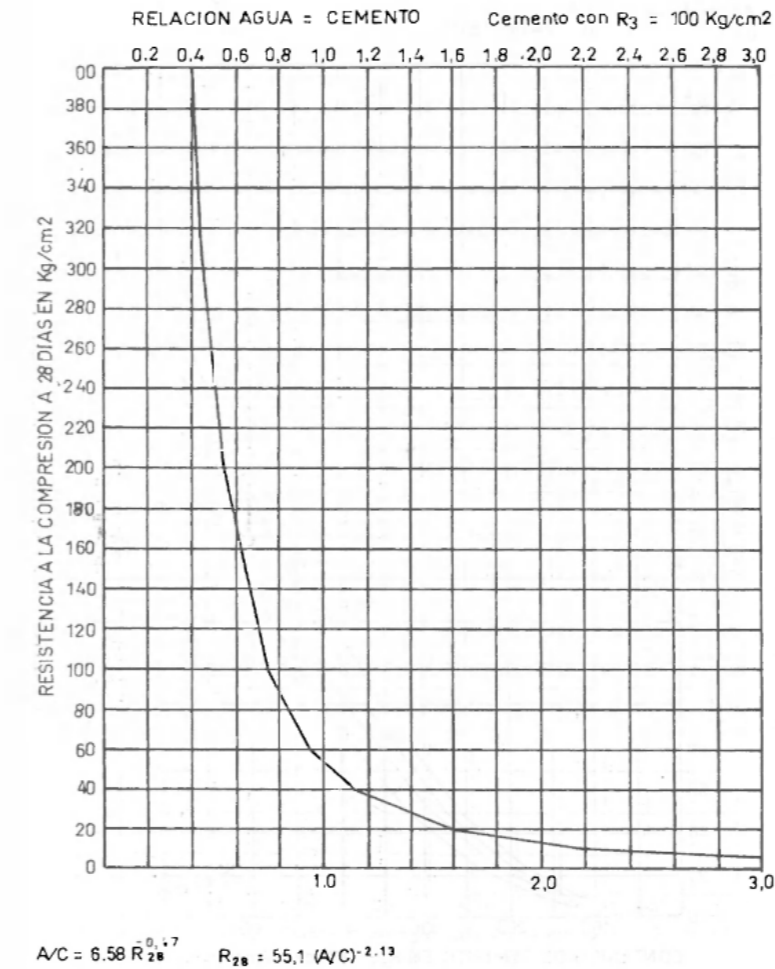
## 6.3 Gráficos de dosificación

### Anexo 06: Cálculo de contenido de cemento





Anexo D7: Relación Agua - Cemento



# 6.4 Resumen de muestras finales

Anexo 08: Ensayos a Compresión y Flexión F1

FINAL 1 (F1)											
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio		
		-	-	gr	gr	kgf	Kgf/cm2	Mpa	Mpa		
C1	3 días	07/06/2021	10/06/2021	269.9	275.60	8988.3	359.5	36.0	35.61		
C2				270	272.6	8746.9	349.9	35.0			
C3				270.5	273.3	8975.8	359.0	35.9			
C4	7 días		07/06/2021	14/06/2021	267.9	271.1	10603	424.1	42.4	41.54	
C5					269.6	272.9	10105.5	404.2	40.4		
C6					268.1	271.4	10447.3	417.9	41.8		
C7	28 días			07/06/2021	05/07/2021	268.2	272.8	14653.8	586.2	58.6	57.94
C8						268.8	273.1	13539.1	541.6	54.2	
C9						268.1	272.9	15264.3	610.6	61.1	

FINAL 1 (F1)											
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio		
		-	-	gr	gr	kgf	Kgf/cm2	Mpa	Mpa		
F1	3 días	07/06/2021	10/06/2021	529	537.00	288.3	67.6	6.63	6.86		
F2				549	556.9	301.5	70.7	6.93			
F3				524	533.2	305	71.5	7.02			
F4	7 días		07/06/2021	14/06/2021	529	538.2	315.6	74.0	7.26	7.00	
F5					532	541.5	288.2	67.5	6.63		
F6					543	553.4	309.2	72.5	7.11		
F7	28 días			07/06/2021	05/07/2021	542	553.6	341.4	80.0	7.85	8.37
F8						548	556.9	344.4	80.7	7.92	
F9						520	530.6	405.8	95.1	9.33	

Anexo 09: Ensayos a Compresión y Flexión F2

FINAL 2 (F2)											
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio		
		-	-	gr	gr	kgf	Kgf/cm2	Mpa	Kgf/cm2		
C1	3 días	04/06/2021	07/06/2021	264	267.80	7512.5	300.5	30.1	30.29		
C2				264.8	268.5	7657	306.3	30.6			
C3				264	268	7548.5	301.9	30.2			
C4	7 días		04/06/2021	11/06/2021	265	269.8	10121.6	404.9	40.5	39.72	
C5					268	271.1	9448.7	377.9	37.8		
C6					263	267.5	10222.8	408.9	40.9		
C7	28 días			04/06/2021	02/07/2021	263	266.9	13086.5	523.5	52.3	49.66
C8						266	98.5	11692.2	467.7	46.8	
C9						265	299.8	12463.1	498.5	49.9	

FINAL 2 (F2)											
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio		
		-	-	gr	gr	kgf	Kgf/cm2	Mpa	Mpa		
F1	3 días	04/06/2021	07/06/2021	538.9	545.20	245.4	57.5	5.64	7.23		
F2				537	543.8	362.7	85.0	8.34			
F3				558.1	564.6	335.1	78.5	7.71			
F4	7 días		04/06/2021	11/06/2021	531.7	538.9	360.5	84.5	8.29	8.18	
F5					543	549.5	349.7	82.0	8.04		
F6					547.4	554.1	356.5	83.6	8.20		
F7	28 días			04/06/2021	02/07/2021	550.3	560.2	503.7	118.1	11.59	9.70
F8						541.2	550.1	385.5	90.3	8.87	
F9						542.7	552.1	375.6	88.0	8.64	

## Anexo 10: Ensayos a Compresión y Flexión F3

FINAL 3 (F3)										
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio	
		-	-	<i>gr</i>	<i>gr</i>	<i>kgf</i>	<i>Kgf/cm2</i>	<i>Mpa</i>	<i>Kgf/cm2</i>	
C1	3 días	18/06/2021	21/06/2021	259	263.00	7419	296.8	29.7	30.49	
C2				257	261.4	8048.7	321.9	32.2		
C3				259	262.5	7397.3	295.9	29.6		
C4	7 días		25/06/2021	25/06/2021	258	262.5	8799.8	352.0	35.2	38.40
C5					257	260.3	9997.3	399.9	40.0	
C6					258	262.8	10004.9	400.2	40.0	
C7	28 días	23/06/2021	23/06/2021	257	265.7	11455.9	458.2	45.8	47.13	
C8				257	269.2	12016.2	480.6	48.1		
C9				259	264.9	11876.4	475.1	47.5		

FINAL 3 (F3)										
Muestra	Ensayo	Fecha de elaboración	Rotura	Peso Seco	Peso Húmedo	Carga	Resistencia		Promedio	
		-	-	<i>gr</i>	<i>gr</i>	<i>kgf</i>	<i>Kgf/cm2</i>	<i>Mpa</i>	<i>Mpa</i>	
F1	3 días	18/06/2021	21/06/2021	548	556.40	350.6	82.2	8.06	8.01	
F2				531	538	345.2	80.9	7.94		
F3				535	541.6	349.6	81.9	8.04		
F4	7 días		25/06/2021	25/06/2021	524	532.2	430.7	100.9	9.91	10.05
F5					513	522.9	444.9	104.3	10.23	
F6					534	543.2	435.6	102.1	10.02	
F7	28 días	23/06/2021	23/06/2021	524	540.6	533.7	125.1	12.28	11.54	
F8				526	538.7	493.4	115.6	11.35		
F9				513	528.2	478	112.0	10.99		

