



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA

**“COMPARATIVO DEL MORTERO ELABORADO CON CEMENTO
BLANCO VS CEMENTO GRIS, DESDE LOS PARÁMETROS
RESISTENCIA Y TRABAJABILIDAD”.**

TUTOR

ING. JAIME AMÓN VALLE MSc.

AUTORES

**GALO FABIÁN BERRONES SUÁREZ
BORYS MICHAEL HINOJOSA MURILLO**

GUAYAQUIL,

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: “Comparativo del mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros resistencia y trabajabilidad.”	
AUTOR/ES: Berrones Suárez Galo Fabián. Hinojosa Murillo Borys Michael.	REVISORES O TUTORES: Ing. Jaime Amón Valle M.Sc. Teléfono: 0991765815 E-mail: Jamonv@ilvr.edu.ec
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero civil
FACULTAD: Ingeniería Industria y Construcción	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 86
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Mortero, Resistencia, Cemento Blanco, Cemento Gris	
RESUMEN: Mediante la elaboración, se procederá a realizar el análisis y comparación del mortero con el cemento blanco y cemento gris para medir la diferencia de la resistencia y trabajabilidad de cada uno.	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web)		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Berrones Suárez Galo Fabián. Hinojosa Murillo Borys Michael.	Teléfono: 0987675995 0996628455	E-mail: gberroness@ulvr.edu.ec bhinojosamu@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSc. Ing. Civil Milton Gabriel Andrade Laborde DECANO Teléfono: 042 2596500 Ext. 242 Decanato E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO DE BERRONES & HINOJOSA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	6%	0%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	4%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Católica del CIBAO Trabajo del estudiante	<1%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words



Ing. Jaime Amón Valle, M.Sc.
Profesor Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado GALO FABIÁN BERRONES SUARÉZ, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

GALO FABIÁN BERRONES SUÁREZ

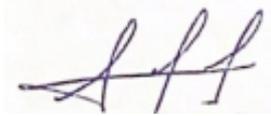
C.C. 0603676917

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado BORYS MICHAEL HINOJOSA MURILLO, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

BORYS MICHAEL HINOJOSA MURILLO

C.C. 0920488566

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, presentado por el estudiante GALO FABIÁN BERRONES SUÁREZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, reading "Jaime Amón V.", enclosed in a blue oval.

ING. JAIME AMÓN VALLE M.SC.

C.C. 0923001085

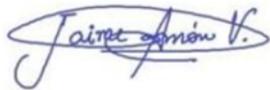
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industrial y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “Comparativo del Mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad”, presentado por el estudiante BORYS MICHAEL HINOJOSA MURILLO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, reading "Jaime Amón V.", enclosed within a blue oval scribble.

ING. JAIME AMÓN VALLE M.SC.

C.C. 0923001085

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer en primer lugar a Dios y luego a todas las personas que hicieron posible llegar a la culminación de mi carrera y que de una manera estuvieron conmigo en todo momento. A mis padres Marco Berrones y Zoila Suarez por su apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia, amor comprensión y apoyo incondicional a mi esposa Lisseth Vallejo.

A mi hija Dominica Berrones que ha sido mi pilar y mi motor para llegar a la meta. A mis compañeros con los que compartí dentro y fuera de las aulas, aquellos que se convierten amigos de vida y que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

A mi tutor M.Sc. Jaime Amón Valle quien con su amplia experiencia y conocimiento me oriento al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo investigativo. A las autoridades y docentes quienes a lo largo de la carrera aportaron con su granito de arena para llegar a tan anhelado día.

No puedo dejar de agradecerte a ti Borys mi compañero de tesis con quien tengo gratos recuerdos de clases y de este proceso de tesis que nos llenó de temores, dudas, aciertos, risas, momentos compartidos que ante todo se vuelven gratificantes al saber que lo logramos.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios por a verme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por ser mi fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad. Le doy gracias a mis padres Isidro y Soraya por apoyarme en todo momento, por lo valores que me han inculcado, y por a verme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, sobre todo ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

De igual manera a mi tutor de tesis M.Sc. Jaime Amón Valle quien, con mística, generosidad y mucha sabiduría supo orientarme teórica y metodológicamente de manera correcta, además de motivarme en momentos que el cansancio parecía a verme ganado la batalla.

Agradezco a todos mis docentes por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera, por su tiempo y conocimiento que me transmitieron especialmente los Ing. Javier Areche, Max Almeida, por la paciencia, por siempre estar pendiente aconsejándome cuando lo he necesitado,

Un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abrió y abre las puertas a jóvenes como yo, preparándonos a un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

DEDICATORIA

Este logro obtenido se lo dedico en primer lugar a Dios que es a quien le debo todo lo que se me presenta en vida y premia mis aciertos para mejorar en mi vida. También va dedicado a mi familia, mi hogar y esposa y mi hija que son mi todo.

Cada día y cada logro obtenido cambia luego de ser padre porque se vuelve algo que dedicas a esa persona que te llena de dulzura, amor y para quien te vuelve su todo y eso le da más valor a todo lo que se obtiene.

Con todo el amor a ellos, siempre juntos para disfrutar de muchos logros más.

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis es el resultado del esfuerzo y culminación de mi vida universitaria le dedico al ser superior, guía y protector de mi vida diaria a Dios, quien supo guiarme por el buen camino darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban.

A mi familia, amigos y personales especiales en mi vida, que siempre creyeron en lo lejos que podía llegar, mi padre Isidro Hinojosa y mi madre Soraya Murillo por brindarme su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta larga y hermosa carrera que es ingeniería civil.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.4. Sistematización del Problema	3
1.5. Objetivos de la Investigación.....	3
1.5.1. Objetivo General.....	3
1.5.2. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Justificación de la Investigación	4
1.7. Delimitación del Problema	4
1.8. Hipótesis	5
1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	5
CAPITULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Antecedentes Históricos.....	6
2.1.2. Ventajas del Cemento Blanco vs Cemento Gris	10
2.1.3. Sostenibilidad del Cemento Blanco	10
2.1.4. Comparaciones de Morteros	12
2.1.5. Componentes del Mortero	12
2.1.5.1. Aglomerante	12
2.1.5.2. Árido	14
2.1.5.3. Agua.....	14

2.1.5.4. Aditivo.....	14
2.1.6. Mezcla del mortero.....	14
2.1.6.1. Equipos.....	14
2.1.7. Aplicaciones del Mortero.....	16
2.1.7.1. Pegado de Piezas	17
2.1.7.2. Enlucido de Paredes	17
2.1.8. Ensayos y Especificaciones	18
2.1.8.1 Especificación para Cemento Portland (ASTM C150).....	18
2.1.8.2. Ensayo de Granulometría (ASTM C136)	20
2.1.8.3. Ensayo de Resistencia a la Abrasión (ASTM C131).....	21
2.2. Marco Conceptual	22
2.3. Marco Legal	24
CAPÍTULO III.....	28
3. MARCO METODOLÓGICO	28
3.1 Metodología de estudio	28
3.2 Tipos de Investigación	29
3.3 Enfoque de la investigación.....	29
3.4 Técnicas de la investigación	30
3.5 Población y Muestra.....	32
CAPÍTULO IV	35
4. PROPUESTA.....	35
4.1 Desarrollo Experimental.....	35
4.2 Diseño de mortero con cemento blanco	35
4.2.1 Densidad del Cemento.....	35
4.2.2 Peso y Humedad del Agregado Fino.....	36
4.2.3 Granulometría Agregado Fino.....	37
4.2.4 Norma ASTM C40	39

4.2.5 Norma ASTM C -142	40
4.2.6 Norma ASTM C – 117.....	40
4.2.7 Diseño para 1m3	41
4.3 Diseño de mortero con cemento gris.....	44
4.3.1 Densidad del cemento gris	44
4.3.2 Peso y Humedad del Agregado Fino.....	45
4.3.3 Granulometría de Agregado Fino	45
4.3.4 Norma ASTM C40	48
4.3.5 Norma ASTM C-142	49
4.3.6 Norma ASTM C-117	49
4.3.7 Diseño para 1 m3	50
4.4 Ensayo de Cono de Abraham.....	51
4.5 Resistencia a la Compresión obtenido mediante ensayo.....	53
4.6 Conclusiones	63
4.7 Recomendaciones	65
Bibliografía.....	66

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Línea de Investigación Institucional	5
Tabla 2: Composición Química del Clinker	7
Tabla 3: Especificaciones para Cemento Portland	19
Tabla 4: Normas Técnicas Ecuatorianas	24
Tabla 5: Normativa ASTM	24
Tabla 6: Normas investigación experimental	31
Tabla 7: Muestra de Mortero con Cemento Blanco	33
Tabla 8: Muestra de Mortero con Cemento Gris	34
Tabla 9: Densidad de Cemento Blanco	36
Tabla 10: Peso, Gravedad Especifica y Humedad del Agregado Fino	37
Tabla 11: Granulometría del Agregado Fino	38
Tabla 12: Colorimetría del Agregado Fino	39
Tabla 13: Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables en Agregados	40
Tabla 14: Material más Fino que el Tamiz 200	40
Tabla 15: Calculo de cantidades mediante el método de la Densidad Óptima .	41
Tabla 16: Resumen de cantidades para 1 m³	42
Tabla 17: Densidad del Cemento Gris	44
Tabla 18: Peso, Gravedad Especifica y Humedad del Agregado Fino	45
Tabla 19: Granulometría de Agregado Fino	47
Tabla 20: Colorimetría	48
Tabla 21: Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables en Agregados	49
Tabla 22; Material más Fino que el Tamiz 200	49
Tabla 23: Calculo de cantidades mediante el método de la Densidad Óptima .	50
Tabla 24: Resumen de Cantidades para 1 m³	51
Tabla 25: Asentamiento del Mortero	53
Tabla 26: Ensayo de Compresión de Mortero con Cemento Gris	60
Tabla 27: Ensayo de Compresión de Mortero con Cemento Blanco	61
Tabla 28: Crecimiento por día de resistencia en porcentaje	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de calor de temperatura	11
Figura 2: Comparación de Luces por la noche	11
Figura 3: Relación tamaño-peso del agregado.....	20
Figura 4: Procedimiento para calcular la humedad de arena	36
Figura 5: Colocación del agregado fino a los tamices	37
Figura 6: Figura 4.3 Ensayo de Granulometría.....	38
Figura 7: Peso del Agua	42
Figura 8: Recogiendo cemento blanco a utilizar	43
Figura 9: Pesando el Agregado Fino	43
Figura 10: Recogiendo el agregado fino por tamiz	45
Figura 11: Pesando el Agregado Fino por tamiz	46
Figura 12: Resultados de la Granulometría	46
Figura 13: Colocación del mortero con cemento gris al molde	51
Figura 14: Ensayo de Cono de Abrams CB.....	52
Figura 15: Ensayo de Cono de Abrams CG	52
Figura 16: Medición del molde mediante vernier	54
Figura 17: Colocación del mortero en los moldes	54
Figura 18: Cubos de Mortero	55
Figura 19: Medición de cubos mediante vernier.....	55
Figura 20: Muestra de Mortero con cemento gris a los 3 días en la máquina ..	56
Figura 21: Muestra de Mortero con cemento gris a los 7 días en la máquina ..	56
<i>Figura 22: Muestra de Mortero con cemento gris a los 28 días en la máquina ...</i>	<i>57</i>
Figura 23: Muestra de Mortero con cemento gris a los 60 días en la máquina.	57
<i>Figura 24: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 3 días en la máquina .</i>	<i>58</i>
Figura 25: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 7 días en la máquina	58
Figura 26: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 28 días en la máquina	59
Figura 27: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 60 días en la máquina	59
Figura 28: Cubos después del ensayo a la compresión	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Curva Granulométrica	39
Ilustración 2: Curva Granulométrica	47
Ilustración 3: Resistencia vs Dias.....	62

ABREVIATURAS

ACI: American Concrete Institute.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ASTM : American Society of Testing Materials.

NEC: Norma Ecuatoriana de Construcción.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad el mortero es un material muy utilizado en Ingeniería Civil y carreras afines en la construcción. El mortero es la mezcla de un material aglutinante como es el cemento portland y otros cementantes, junto con los agregados finos, agua y algunas veces se suele utilizar aditivos para mejorar sus propiedades. Normalmente se usa al pegado de bloques de revestimiento y enlucidos en edificaciones.

El mortero para que sea eficiente debe tener una adecuada resistencia y trabajabilidad. Cabe resaltar, que la trabajabilidad es la facilidad que se puede manejar y colocar el mortero, evitando riesgos de segregación. La fluidez y consistencia del mortero nos determina su trabajabilidad, debido a que una mezcla fluida es mucho más trabajable que una mezcla endurecida.

El agua es un importante factor que afecta a la consistencia del mortero. Por lo tanto, es necesario mantener una adecuada relación agua/cemento para no afectar la consistencia del mortero y evitar pérdida importante de trabajabilidad.

Actualmente se utiliza cemento blanco y cemento gris en la elaboración de mortero, por lo tanto, el objetivo es comparar y conocer las diferencias entre estos desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad. De tal manera, saber cuál tiene una mayor ventaja tanto en la parte constructiva como la parte económica. Debido a que la parte económica es fundamental a la hora de realizar algún proyecto constructivo.

Para conocer más a detalle sus propiedades se toma muestras, se analizan los resultados de los ensayos realizados, para dosificar y diseñar los morteros con los distintos cementos. En la cual, los ensayos se rigen de las normas ASTM

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente Capitulo 1 se va a exponer el tema a tratar, con el planteamiento de una problemática que se tiene hoy en día y con su respectiva justificación de la importancia de esta investigación. Los objetivos generales y objetivos específicos planteados necesarias para cumplir el propósito final.

1.1. Tema

Comparativo del mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros resistencia y trabajabilidad.

1.2. Planteamiento del Problema

La idea de usar morteros para uso exclusivo de mampostería no es de hoy, es una práctica muy utilizada desde la antigüedad. Históricamente muchas construcciones usaron cementos naturales con cenizas volcánicas para mejorar su resistencia. A partir del siglo XIX se patentó el cemento Portland que fue un punto de inflexión y que posteriormente sirvió como base para obtener los cementos que se tiene en la actualidad.

En el mercado se tienen cemento gris y cemento blanco, cada producto tiene un uso específico que depende del elemento a construir. En la cual, cada uno tiene resistencia y trabajabilidad adecuada para elaborar mortero de calidad y que es esencial en el ámbito de la construcción. Debido a que, el mortero puede ser afectado por el mal uso de los materiales, así como factores externos del medio ambiente. Por consiguiente, su mal uso puede ocasionar pérdidas económicas y vidas humanas.

Además, el factor económico es fundamental en construcción, debido a que gracias a esto se puede avanzar y terminar la construcción y remodelación de obras. En la actualidad se busca minimizar costos en acabados sin dejar a lado la calidad de estos

materiales, por el cual se utilizaría el cemento blanco para enlucidos y pegado de bloques de revestimiento.

1.3. Formulación del Problema

¿Qué parámetros debo considerar a la hora de utilizar mortero con cemento blanco y cemento gris con fines de acabado?

¿Cómo los parámetros del mortero influyen en el acabado de una edificación?

1.4. Sistematización del Problema

¿Qué parámetros afectan a las edificaciones la presencia de fisuras en los revestimientos de paredes?

¿Qué se debe realizar para embellecer el entorno arquitectónico?

¿En que afecta el mobiliario en el ambiente en el que se vaya a colocar o restaurar con mortero fisuras, picadas y resanes?

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Realizar un comparativo de mortero blanco y mortero gris, desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad

1.5.2. Objetivos Específicos

Consolidación de la estructura generando resistencia a la mampostería.

Reemplazar los enlucidos deteriorados o agrietados que respondan a las necesidades específicas de cada elemento arquitectónico.

Restaurar o replicar los enlucidos interiores y exteriores integrándolo de manera armónica con las viviendas.

1.6. Justificación de la Investigación

A la hora de construir o remodelar una construcción, es muy importante el tiempo, dinero y mano de obra para su viabilidad. El uso de mortero es esencial en acabados, por lo que se trata economizar y tener una buena dosificación. De aquí nace la necesidad de utilizar el cemento blanco en vez del cemento gris (tradicional).

De aquí nace la necesidad de utilizar cemento blanco con una buena dosificación con materiales de buena calidad garantizando una adecuada resistencia. Obteniendo como resultado un buen pegado a los bloques o ladrillos y evitando futuros daños de la vivienda y al ser humano. Además, el color blanco aviva el efecto del pigmento. por lo que se tiene unos colores muchas más intensos. Reduciendo el uso de pintura, debido a que tiene una mayor luminosidad por su color intenso con una mejor apariencia en los acabados.

Este proyecto tiene la finalidad de conocer la viabilidad del mortero blanco a la hora de utilizarlo en acabados como enlucidos y pegados de bloques de revestimiento, mediante la comparación del mortero blanco con el mortero gris conociendo sus propiedades.

1.7. Delimitación del Problema

Campo: Educación Superior. Tercer nivel

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación Experimental

Tema: Comparativo del mortero elaborado con cemento blanco vs cemento gris, desde los parámetros resistencia y trabajabilidad.

Delimitación Espacial: Santo Domingo-Ecuador. Laboratorio ECUACONTROL.

Tiempo: 1 mes

1.8. Hipótesis

Al realizar una comparación del cemento blanco y cemento gris dentro de la mezcla del mortero, nos permite conocer sus semejanza y diferencias de sus propiedades, mediante la elaboración de ensayos. Además, nos permite saber cuál es mucho más viable.

Variable dependiente

Mortero gris y mortero blanco

Variable Independiente

Comparación de las propiedades del mortero gris y mortero blanco.

1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad

Tabla 1: Línea de Investigación Institucional

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

Fuente: Universidad Laica (2021)

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo 2 de Marco Teórico se va a exponer los siguientes puntos: 2.1 Marco Teórico se realiza unas recopilaciones de estudios previos del cemento blanco y de los morteros, con sus aplicaciones en la actualidad. 2.2 Marco Conceptual se introduce una serie de palabras definiendo su significado para que exista un mejor entendimiento del termino al lector. 2.3 Marco Legal se explica las normas y especificaciones internacionales a seguir, para cumplir y garantizar los estándares internacionales. 2.4 Componente innovador se analiza dos posibles escenarios para la comparación del mortero gris y mortero blanco.

2.1. Marco Teórico

En el marco teórico se profundiza los antecedentes de investigaciones previas del mortero, explicando cómo fue la primera aparición del mortero, su uso y constitución en esa época y como mediante los avances tecnológicos e investigaciones se fueron mejorando para llegar al mortero que se tiene hoy en día. Se introduce lo que es el cemento blanco y cemento gris. Por lo cual, se indica las ventajas del cemento blanco frente al cemento gris y su sostenibilidad al medio ambiente. Se especifica los componentes que lleva hoy en día los morteros, con sus aplicaciones en el pegado y enlucidos de mamposterías con sus respectivas ensayos y especificaciones para lograr una buena calidad.

2.1.1. Antecedentes Históricos

Primeras Apariciones del Mortero

“Uno de los aspectos problemáticos del comienzo del mortero es la invalidez del concepto actual de mortero” (Sanchez, 2002). El mortero se define como “conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua, que puede contener además algún aditivo” (RAE, 2020). Debido a que los conglomerantes de la antigüedad no estaba perfectamente delimitada, por lo que se emplearon un sinnúmero de materias primas para su perfecta adherencia.

Aparición del Cemento Portland como Aglomerante

James Parker descubrió un cemento al quemar accidentalmente unas piedras calizas y fue conocido como cemento romano. James Parker y Joseph Aspdin patentaron el primer cemento Portland de color gris oscuro, denominado así por tener un color similar a la piedra de la Isla Portland (Vidaud, 2013).

En 1845, L.C Johson descubre el clinker que en esa época se consideraba como un residuo. Al mostrar mejores resultados que los cementos de esa época, obtuvo un prototipo. A partir de este momento, fue un punto de inflexión donde usa considerablemente los derivados del cemento Portland (Cazalla, 2002) .

Fabricación del Cemento Portland

Para la fabricación del cemento se extrae la piedra caliza y arcilla de las canteras o depósitos naturales. Junto con compuestos de hierro son la materia prima del cemento y se debe dosificar en proporciones precisas para obtener como resultado final de excelente calidad. Las materias primas son molidas finamente y mezcladas, son calcinadas en hornos rotatorios a una temperatura aproximada de 1500 °C para formar el Clinker. Posteriormente se muele, para añadir pequeñas cantidades de yeso para controlar las propiedades de fraguado (Polanco, 2012).

Tabla 2: Composición Química del Clinker

Compuestos	Formula	Abreviaturas	Rango
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C_3S	46-79
Silicato dicálcico	2CaO SiO_2	C_2S	5-30
Ferritoaluminato tetracálcico	$4\text{CaO (Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	$\text{C}_4(\text{A, F})$	4-16
Aluminato tricálcico	3CaO SiO_2	C_3A	6-18
Cal libre	CaO	C	0,1-0,4
Óxidos de magnesio libre	MgO	M	0,7-1,5

Fuente: (Sanjuán & Chinchón, 2014)

En la tabla 2., nos muestra la composición química del Clinker con su rango de porcentaje. El silicato tricálcico se encuentra en grandes cantidades, e influye en el rápido endurecimiento y en su alta resistencia. El Ferritoaluminato tetracálcico en esas cantidades otorga el color gris al cemento. El compuesto Aluminato tricálcico, al reaccionar con el agua mejora la resistencia inicial del cemento. El cal libre y óxido de magnesio libre se encuentran en pequeñas cantidades, debido a que provoca pequeñas expansiones, por lo que la normativa limita sus cantidades (Sanjuán & Chinchón, 2014)

Resistencia

La resistencia a la compresión es una de las propiedades del material más importantes que se utiliza en el diseño estructural y control de calidad del mortero por lo cual existe una cultura de investigación para mejorarlo y encontrar puntos de falla en los diseños convencionales.

Las características generales de la pasta de cemento, mortero y hormigón no presentan ningún efecto negativo al utilizar el cemento blanco, por el contrario, los resultados de las diversas pruebas de resistencia realizadas sobre el cemento blanco y el cemento gris demuestran que la resistencia a la compresión incrementa cuando se ensaya la muestra de cemento blanco debido a sus propiedades químicas. El porcentaje de silicato total (C3S + C2S) del cemento blanco, incide que posea una mayor tasa de hidratación temprana lo que provoca que gane una resistencia mayor en menor tiempo sin embargo por esta propiedad se deben tener procedimientos de curado mayor como medida de protección para que se produzcan grietas (Hamad, 1995).

A pesar de que el cemento blanco posee la propiedad de tener mayor resistencia a la compresión, su defecto es que necesita mayor agua o un curado riguroso, para que no se formen grietas debido a su mayor capacidad de absorción. El motivo de las grietas según investigaciones se produce por el crecimiento de etringita microcristalina (sulfoaluminato de calcio hidratado) la cual causa degradación, deterior y aumento de micro fisuras. Por esta razón se desarrolló un ensayo para solucionar el problema,

consistió en un reemplazo del 15% del agregado grueso por piedra caliza, quien aplacó el crecimiento de la etringita brindando un 55% de disminución de grietas, otorgando un mayor rango de protección al colapso que varió de los 90 días para un mortero normal contra 260 días para un mortero con la variación de piedra caliza. (Patsikas, y otros, 2012)

Para reducir la contaminación y la extracción en canteras de los agregados utilizados para el mortero y se ha ido experimentando en reemplazar dichos materiales, como en el siguiente caso de estudio, en el cual se estableció una evaluación de viabilidad del uso de vidrio reciclado para producir mortero de cemento blanco autocompactante, el ensayo consiste en reemplazar el agregado fino por vidrio reciclado demostrando que el contenido de vidrio reciclado mejoró la fluidez de la mezcla pero aumentó la absorción de agua superficial y presentó una reducción en la resistencia final tanto en compresión como flexión. Por otro lado, resultó satisfactorio en el ensayo de resistencia a ataque químicos, que aumentó considerablemente y sólo se redujo un 3% de su masa en una inmersión de 13 semanas bajo una solución de H₂SO₄. Lo cual invita a creer que es una solución factible sobre todo para exteriores y elementos arquitectónicos. (Tung-Chai, Chi-Sun, & Shi-Cong, 2011)

Cemento Blanco

“Gracias a los avances tecnológicos y las exhaustivas investigaciones sobre las propiedades del clinker blanco industrial, se obtiene el cemento blanco con una buena resistencia” (Cassar, y otros, 2001). El cemento blanco nos da un mayor aspecto arquitectónico, así mismo reduciendo nuestros costos.

El cemento blanco es un cemento Portland su color se debe a la ausencia de óxidos férricos (Fe₂O₃) y es fabricado con materia prima muy puro. También presenta cantidades reducidas de Mn en su composición. Al calcinar la caliza y arcilla en hornos rotatorio con un aceite especial, se obtiene los clinker blancos. (Meyer, 1962).

La composición química de los cementos blancos varía según el tipo resistente y el fabricante, lo cierto es que la cantidad de óxido férrico no supera el 1%, siendo este porcentaje menor cuanto más blanco sea el cemento.

2.1.2. Ventajas del Cemento Blanco vs Cemento Gris

El cemento blanco requiere menos agua en comparación con el cemento gris para alcanzar una misma plasticidad. Por consiguiente, es un material que da como resultado final un hormigón y mortero de mayor calidad (Rimathé, 1959). Lo que permite que haya una menor segregación del mortero, mejorando su aspecto una vez que este endurecido.

En el proceso de calcinado se produce un gran consumo energético en la fabricación del cemento blanco a diferencia del cemento gris, esto ocurre por la falta de óxidos fundentes. Según Argos, empresa dedicada a la producción de cemento y uno de los mayores productores de Latinoamérica nos muestra las diferencias principales y son (Argos, 2020):

Sus propiedades físicas permiten un menor tiempo de fraguado y a la vez una alta resistencia a la compresión, por lo que permite vaciados de menor duración.

La diferencia principal es el uso de pigmentos, su color blanco requiere menos porcentaje de colorante. Esto permite un color mucho más vivo.

2.1.3. Sostenibilidad del Cemento Blanco

Una de las mayores problemáticas es la contaminación que producen el área urbana con respecto al consumo de energía eléctrica. El 40% de consumo de energía es producido por las edificaciones. Además, la mayoría de los materiales que se utilizan en la construcción tienen baja reflectancia solar, por lo que se produce un alto absorbencia en el rango solar. Produciéndose un efecto conocido como la isla de calor urbana (Álvarez, Mota, Pons, & Guerrero, 2016).

Las altas temperaturas en las zonas urbanas causan muchos impactos negativos al medio ambiente. Acelera las reacciones químicas produciendo ozono a nivel del suelo y esmog, que afectan la salud y confort de los residentes. Amplifica de manera extrema el clima, produciendo olas de calor con alto impacto a las personas y puede ocasionar insolación en especial a personas de mayor edad. Aumenta el consumo de energía eléctrica, debido a que las altas temperaturas provocan el uso de aire acondicionado (Topličić, Grdić, Ristić, & Grdić, 2016).

El efecto de los materiales sobre la temperatura hace la necesidad de realizar investigaciones. Las investigaciones se centran en el color, composición de los materiales y su habilidad de reflejar o absorber la radiación solar.

Se realizó un estudio sobre la reflectancia solar con distintos materiales de asfalto y concretos (concreto gris, concreto blanco). Según el análisis de resultados indicaron que el concreto blanco tiene una reflectancia solar con un 95% más que el asfalto y un 50% más que el concreto gris (Topličić, Grdić, Ristić, & Grdić, 2016).



Figura 1: Mapa de calor de temperatura

Fuente: (Topličić, Grdić, Ristić, & Grdić, 2016)



Figura 2: Comparación de Luces por la noche

Fuente: (Topličić, Grdić, Ristić, & Grdić, 2016)

En la figura 2.1 se puede apreciar que el color claro de concreto tiene menor temperatura que el asfalto de la calle. En la figura 2.2 se realiza la comparación del parqueadero de una tienda con la misma iluminación artificial. En el lado izquierdo tenemos asfalto y en el lado derecho se tiene concreto claro. Según (Nielsen, 2004) se

puede reducir hasta un 30% de consumo de energía, porque se requiere menor cantidad de iluminación artificial para alcanzar un brillo similar.

En conclusión, el color del Cemento Portland blanco es uno de los mayores atributos que tiene como material. Con el paso del tiempo se ha aumentado el uso del cemento blanco y ha ganado terreno en el área de la construcción al usarse en mortero al pegado de bloques y enlucido de paredes. También ha ganado terreno en el uso de fachadas, en los sitios mobiliarios.

2.1.4. Comparaciones de Morteros

Con respecto a la funcionalidad constructiva de los morteros a lo largo del tiempo, no han cambiado substancialmente. Los morteros se han empleado para pegar bloque o ladrillos de revestimiento, enlucir paredes y decoraciones arquitectónicas (Sanchez, 2002). Por lo tanto, los materiales, técnicas de elaboración y utilización de morteros de la antigüedad fueron fundamentales como base de los morteros utilizados en la actualidad. Presenciando una mejora en la calidad de los materiales, y modernizando los procesos constructivos debido a los estudios y avances tecnológicos.

2.1.5. Componentes del Mortero

Para la elaboración del mortero los elementos que se utilizan son:

Aglomerante (Cemento)

Árido

Agua

Aditivo

2.1.5.1. Aglomerante

El aglomerante para utilizar es cemento y se define como “mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endure” (RAE, 2020).

Cemento

La palabra cemento se define como “mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endure” (RAE, 2020). Los tipos de cemento a utilizar son:

Cemento Portland

En (Holcim, 2015) ofrece en el mercado existen 6 tipos diferentes de cemento y cada uno tiene su función específica. Sin embargo, cuando no se especifica el tipo de cemento la norma establece que es de Uso General. Estos son:

- Tipo GU: Es de uso general
- Tipo HE: Posee una resistencia inicial elevado
- Tipo MS: Moderada a la resistencia a los sulfatos
- Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

Como aglomerante se usa el cemento portland gris de uso general, según (Holcim, 2007), las características del cemento gris son:

- Apto para todo tipo de construcción.
- Mayor trabajabilidad de mezclas.
- Disminuye la segregación.
- Alta resistencia a la compresión.

El cemento GU cumple con los parámetros establecido de la norma NTE INEN 2380, y como dice su nombre de uso general se puede utilizar en cualquier tipo de obra de construcción como:

- Cimentaciones
- Vigas, Columnas, Losas, Escaleras
- Losas
- Mortero
- Postes
- Tuberías
- En canales de agua no residual

Cemento Portland Blanco

Según (S.A., 2015) las características del cemento blanco son:

- Similitudes de propiedades que el cemento gris.

- Tiene una alta resistencia a la compresión cumpliendo con los requerimientos especificados por la normativa ASTM.
- Su blancura nos permite obtener un sinfín gama de colores, con alto reflectividad.
- Bajo contenido de álcalis
- Endurecimiento Rápido

2.1.5.2. Árido

El agregado fino para utilizar es arena con una granulometría media establecido por la normativa ASTM-C 033. La arena proviene del río Boliche.

2.1.5.3. Agua

Para tener una mayor calidad al diseñar el mortero, el agua a utilizar es limpia de origen potable. Es fundamental el uso del agua, debido a que da fluidez al mortero, a la vez, afecta la estabilidad del volumen, por lo que se recomienda el uso de un aditivo.

2.1.5.4. Aditivo

El ViscoCrete es un aditivo reductor de agua e hiperplastificante de la marca Sika, para proporcionar plasticidad y consistencia requerida. La finalidad del uso del aditivo es que exista una adecuada relación agua/cemento.

2.1.6. Mezcla del mortero

Se realiza una dosificación al mortero blanco y mortero gris, se escoge cantidades específicas de cemento, arena, agua y aditivos. Para luego realizar ensayos sobre estos, en la cual, nos brinda cual tiene mejores resultados.

2.1.6.1. Equipos

La normativa INEN-155 nos indica los equipos necesarios para la elaboración del mortero.

- Mezcladora: Es un dispositivo mecánico que realiza movimiento planetarios y rotatorios a la pala de mezcla. Además, debe tener dos velocidades que son controlado de manera mecánica (INEN-155, 2009).
- Paleta: Hecho de acero inoxidable y de fácil uso, sus dimensiones están especificado (INEN-155, 2009).
- Tazón de Mezclado: Hecho de acero inoxidable, su capacidad nominal es de 4,73 litros. Es necesario que el tazón este sujetado firmemente durante el proceso de mezcla (INEN-155, 2009).
- Raspador: Es una hoja de caucho semirrígida, sus dimensiones están especificado en la normativa (INEN-155, 2009).
- Equipos suplementarios: Son objetos que nos permiten medir y preparar los materiales a utilizar.

Para obtener una adecuada mezcla de mortero con buena consistencia plástica. La (INEN-155, 2009) muestra el procedimiento a realizar:

- Colocación de la paleta y tazón secos en la mezcladora, posicionados adecuadamente para introducir los materiales.
- Colocación del agua en el tazón de mesclado.
- Se debe añadir el cemento al agua y comenzar el mezclado a una velocidad baja de (**140 rpm \pm 5 rpm**) durante 30 segundos.
- Añadir la cantidad de arena a utilizar de forma lenta durante 30 segundos, mientras se mezcla a una velocidad baja.
- Detener el mezclado, para cambiar a velocidad media (**285 rpm \pm 10 rpm**) y seguir mezclando durante 30 segundos.
- Detener el mezclado, debido a que el mortero debe descansar durante 30 segundos. Los primeros 15 segundos de este intervalo, empujar hacia abajo el mortero pegado a los lados del tazón, durante el resto del intervalo colocar la tapa al tazón.
- Con una velocidad media (**285 rpm \pm 10 rpm**), se mezcla durante 60 segundos.
- En caso de ser necesario adicionar un mezclado, empujar hacia abajo el mortero pegado a los lados del tazón con el raspador.

2.1.7. Aplicaciones del Mortero

“Las condiciones de trabajo son el conjunto de factores que determinan la actividad del trabajador, así como las consecuencias que pueden acarrear para este y la obra” (Rubio & Rubio, 2005). Por lo que es fundamental brindar buenas condiciones de trabajo al personal, para no afectar la salud del personal. Por eso se entrega equipos de protección personal, para evitar accidentes.

La compañía de Holcim (Holcim, 2015) nos indica los equipos de protección personal a la hora de aplicar el mortero y son:

- Casco
- chaleco Reflectante
- Camisa con manga larga
- Mascarillas
- Guantes de Seguridad
- Botas con punta de acero

Antes de realizar el pegado de bloques de revestimiento, se debe tomar ciertas consideraciones. Para así evitar futuros problemas y afectar la rigidez tanto de los elementos estructurales como los elementos no estructurales.

Se debe realizar las siguientes consideraciones según (Holcim, 2015):

- Ubicar puertas y ventanas de la forma más regular posible en los muros no estructurales.
- Las ubicaciones de los muros dentro de la vivienda deben ser perpendiculares entre sí.
- Se coloca muros de mampostería entre las columnas y vigas de amarre. Además, su altura debe ser inferior a los 3 metros.
- Al construir los muros de mampostería, no dejar aberturas o espacios vacíos entre columnas.

Una vez que los trabajadores se han puesto el equipo de protección personal, y ser capacitados para tomar precauciones al momento de construir el muro con bloques de revestimiento se procede la construcción del muro de mampostería.

2.1.7.1. Pegado de Piezas

Consiste en pegar los bloques uno de encima de otro, se debe preparar la base donde se construye el muro. Por lo menos, se debe regar 1 hora antes con abundante para que el pegado sea efectivo. “El método consiste en untar el mortero con un bailejo en la superficie lisa del bloque para luego colocar encima otro bloque” (Arroyo Cabezas, 2010).

Al momento de preparar y mezclar el mortero y el pegado de bloques en las paredes se suele ser cometer errores que afecta consistencia del mortero. La empresa Holcim (Holcim, 2015) nos indica los errores más comunes:

- Mezclar los materiales en el suelo, debido a que se contamina con residuo o materiales impuros.
- Medir incorrectamente las cantidades a utilizar.
- Verter el agua en un solo lugar, lo mas adecuado es verterlo por todas partes.
- La consistencia del mortero es muy fluida para obtener una buena trabajabilidad.
- Utilizar inmediatamente la mezcla, no dejándolo reposar 5 minutos.
- Mezclar de nuevo antes de uso
- Añadir agua cada vez al revolver la mezcla.
- Colocar bloques en mal estado, con mucha porosidad, con dimensiones y forma no establecidas por la norma.
- Doblar o romper los chicotes o refuerzos secundarios.

2.1.7.2. Enlucido de Paredes

En construcciones, normalmente para enlucir paredes se suele utilizar diferentes métodos y depende de cual está familiarizado el albañil. El primer método se llama champeado consiste con una pala coger el mortero y lanzarlo hacia las paredes de

mampostería o elementos. Es fundamental que el mortero tenga una consistencia fluida, para que haya buena trabajabilidad. El segundo método es aplicado con paleta o liana, se coloca el mortero en la paleta de madera o liana de aluminio y se realiza movimientos verticales o en dirección donde se quiere enlucir. El tercer método es aplicado con una máquina, consiste en colocar el mortero seco en la máquina y se espera un tiempo hasta que se mezcle con el agua. El obrero con la ayuda de una manguera lanza el mortero hacia las paredes (Arroyo Cabezas, 2010).

2.1.8. Ensayos y Especificaciones

Para la ejecución de los respectivos ensayos en la elaboración de morteros usando el cemento blanco y cemento gris, con el fin de determinar sus propiedades como es la resistencia y trabajabilidad, es necesario conocer cómo se realizarán cada ensayo y las especificaciones acorde a las normas ASTM.

A continuación, se mencionarán las especificaciones y ensayos más representativos junto con el detallamiento de materiales, procedimientos y cálculos si es el caso.

2.1.8.1 Especificación para Cemento Portland (ASTM C150)

La norma ASTM C 150 establece ocho diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción.

Tipo I.- Este tipo de cemento es de uso general, y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación. Entre los usos donde se emplea este tipo de cemento están: pisos, pavimentos, edificios, estructuras, elementos prefabricados.

Tipo II.- El cemento Portland tipo II se utiliza cuando es necesario la protección contra el ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje, siempre y cuando las concentraciones de sulfatos sean ligeramente superiores a lo normal, pero sin llegar a ser severas. Genera normalmente menos calor que el cemento tipo I, y este requisito de moderado calor de hidratación puede especificarse a opción del comprador. En casos donde se especifican límites máximos para el calor de hidratación, puede emplearse en obras de gran volumen y particularmente en climas

cálidos, en aplicaciones como muros de contención, pilas, presas, etc. La norma establece como requisito opcional un máximo de 70 cal/g a siete días para este tipo de cemento.

Tipo III.- Este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, a 3 y 7 días. Esta propiedad se obtiene al molerse el cemento más finamente durante el proceso de molienda. Su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, cuando es necesario retirar cimbras lo más pronto posible o cuando por requerimientos particulares, una obra tiene que ponerse en servicio muy rápidamente, como en el caso de carreteras y autopistas.

Tipo IV.- Se utiliza cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo. El desarrollo de resistencias de este tipo de cemento es muy lento en comparación con los otros tipos de cemento. Los usos y aplicaciones del cemento tipo IV están dirigidos a obras con estructuras de tipo masivo, como por ejemplo grandes presas.

Tabla 3: Especificaciones para Cemento Portland

Tipo	Nombre	Aplicación
I	Normal	Para uso general, donde no son requeridos otros tipos de cemento.
IA	Normal	Uso general, con inclusor de aire.
II	Moderado	Para uso general y además en construcciones donde existe un moderado ataque de sulfatos o se requiera un moderado calor de hidratación.
IIA	Moderado	Igual que el tipo II, pero con inclusor de aire.
III	Altas resistencias	Para uso donde se requieren altas resistencias a edades tempranas.
IIIA	Altas resistencias	Mismo uso que el tipo III, con aire incluido.
IV	Bajo calor de hidratación	Para uso donde se requiere un bajo calor de hidratación.
V	Resistente a la acción de los sulfatos	Para uso general y además en construcciones donde existe un alto ataque de sulfatos.

Fuente: ASTM C150

2.1.8.2. Ensayo de Granulometría (ASTM C136)

El ensayo tiene como objetivo obtener la distribución por tamaño entre finos y gruesos, de las partículas presentes en una muestra de suelo.

Materiales

Agitador mecánico de tamices

Cuarteador

Juego de tamices

Muestra de ensayo

Balanza

Brocha

Procedimiento

1. Se debe llenar un balde con ripio para después establecer el peso necesario para realizar el ensayo en base a una tabla de datos mostrada en la figura 3 que relaciona peso-tamaño.

Nominal Maximum Size, Square Openings, mm (in.)	Test Sample Size, min, kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Figura 3: Relación tamaño-peso del agregado

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

2. Se usa el cuarteador para dividir estadísticamente la muestra hasta obtener el peso requerido. Este proceso se tiene que hacer varias veces para llegar al tamaño establecido en la figura 2.3.
3. Se pesa la muestra en la balanza y se anota la masa.
4. Se usa el agitador mecánico por dos minutos, con los juegos de tamices 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", No. 4, No.10, No.20, No.40, No.50, No. 140, No.200

5. Al finalizar los dos minutos que dura el agitador mecánico, se procede a retirar cada tamiz y se pesa en la balanza.
6. Se separa las cantidades retenidas con su respectiva titulación.
7. Se anota los datos obtenidos en la tabla de datos del análisis granulométrico.
8. Una vez obtenidos los datos, se dibuja la curva granulométrica.

2.1.8.3. Ensayo de Resistencia a la Abrasión (ASTM C131)

El ensayo tiene como objetivo medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento, así como asignar los límites de especificación de los tipos de agregados.

Materiales

- Máquina de los Ángeles
- Balanza
- Carga de esferas de acero
- Muestra de ensayo
- Balanza
- Brocha

Procedimiento

1. Colocar la muestra en la máquina de los ángeles y dejar rotar la máquina con una velocidad entre 30 a 33 r/min a 500 revoluciones.
2. Después ubicar la muestra en el separador de tamices para ejecutar el ensayo de granulometría ASTM C136
3. Lavar el material que haya pasado el tamiz No.12 y secar al horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
4. Determinar la masa alrededor de 1g y realizar el respectivo siguiente cálculo mostrado.
5. Pérdida Máxima = $(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}) / (\text{Peso Inicial}) \times 100$

2.2. Marco Conceptual

Absorción del Agua: Es el incremento en la masa del agregado debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un periodo de tiempo. Se la expresa como un porcentaje de la masa seca.

Aditivos: Materiales que pueden ser agregados en cantidades limitadas al cemento para evitar o bien modificar una o más propiedades del cemento.

Agregados: Se describe como roca triturada, grava, arena, etc; las cuales en su composición presentan en algunas ocasiones partículas de limo o arcilla.

Agregado Grueso: Partículas de agregado que son retenidas en el tamiz No.4 (4,75mm).

Agregado Fino: Partículas de agregado que pasa el tamiz 3/4'' y se retiene en la malla No. 200.

Análisis Granulométrico: Consiste en cernir una muestra a través de un juego de tamices estandarizados y de acuerdo con aquello, se determina el porcentaje de masa acumulado en cada uno de estos respecto a la masa inicial.

Cemento: Aglutinante instantáneo que une los agregados para producir hormigón, esto con ayuda del agua.

Cemento Portland ordinario: Es la integración de clinker portland, sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza.

Cemento Portland compuesto: Es el cemento producido a base de la molienda de clinker portland y usualmente sulfato de calcio.

Clinker de Cemento Portland: Es un Clinker calcinado y sintetizado hasta la fusión parcial; consistente predominante de silicatos de calcio cristalinos.

Consideraciones de Producción y Elaboración: Se refiere a la disponibilidad del material y capacidad de fabricación del material de acuerdo a las especificaciones requeridas.

Consideraciones Estéticas: Se refiere a la apariencia del material, siendo primordial en proyectos donde se busca obtener reconocimiento o notoriedad.

Curva Granulométrica: Indica la representación gráfica de los resultados obtenidos en el laboratorio desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo conforman.

Cuartheador: Divide estadísticamente en partes iguales la muestra. Lleva cantidades grandes a cantidades analizables.

Densidad aparente: Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de los agregados.

Densidad relativa: Es la relación entre la densidad de un material y la densidad de agua destilada a una temperatura dada.

Diseño Sustentable: Se refiere al diseño y construcción de diferentes estructuras, las cuales deberán desarrollarse acorde a principios económicos, sociales y ambientales sostenibles.

Granulometría: Es la distribución de tamaños de partículas de agregado determinado por un análisis de tamices, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.

Ripio: Arena y grava combinadas.

2.3. Marco Legal

Los trabajos de laboratorio se los realiza acorde a las respectivas normas nacionales como son las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN, la cual está expedida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización para hacer cumplir a los productos con estándares de calidad, y a normas internacionales como son las normas ASTM.

Tabla 4: Normas Técnicas Ecuatorianas

NTE INEN 0695	Muestreo de agregados
NTE INEN 0857, 0858	Determinación de masa unitaria y peso específico en agregados gruesos
NTE INEN 696 y 697	Ensayos Granulométricos
NTE INEN 1762	Hormigón. Definiciones y Terminología
NTE INEN 1806	Requisitos del Cemento para Mampostería
NTE INEN 2615	Requisitos del Cemento para Mortero
NTE INEN 0860	Ensayos de Abrasión
NTE INEN 0691	Límite Líquido
NTE INEN 0692	Límite Plástico
NTE INEN 1858-2536	Áridos para Morteros de Mampostería

Fuente: INEN

Tabla 5: Normativa ASTM

ASTM C88	Ensayos de Durabilidad
ASTM C131, C535	Ensayos de Resistencia a la Abrasión, Tenacidad y Dureza
ASTM C128	Determinación del Peso Específico en Agregado Fino
ASTM C29	Peso Unitario Bruto y Porcentaje de Vacíos en Agregado
ASTM C136	Ensayos Granulométricos
ASTM C33	Especificación Estándar para Agregados de Hormigón
ASTM C172	Toma de Muestra de Concreto
ASTM C192	Elaboración y Curado de Muestra de Concreto
ASTM C150	Especificación Normalizada para Cemento Portland

ASTM C142	Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables en Agregados
ASTM C143	Ensayo de Asentamiento del Hormigón
ASTM C430	Método de Prueba Estándar para la Finura
ASTM C270	Especificación Estándar para el Mortero

Fuente: ASTM

De las anteriores normativas enlistadas se escogió las normativas que nos servirá de útil en caso de escoger los materiales para la dosificación del mortero y con su respectivo control de la calidad.

La norma NTE INEN 0695 es muy útil, porque determina los parámetros que deben cumplir las muestras como el número de muestras, con sus respectivas masas para un mayor rendimiento de los ensayos. Además de los cuidados de la misma.

Las normas NTE INEN 0857 nos permite calcular la gravedad específica y absorción en los agregados gruesos. La norma NTE INEN 0858 nos permite obtener los pesos unitarios de los agregados. En la cual, nos indica la preparación de la muestra como el tamaño de la muestra debe ser aproximadamente 125% a 200% la cantidad necesaria para llenar el molde. Además de su procedimiento a la hora del llenado del molde. Mediante estas normativas se encontró las siguientes expresiones que nos servirá en los siguientes capítulos como:

$$\text{Gravedad Especifica (SSS)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} * 100$$

A= Masa en aire de la muestra seca al horno

B= Masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca

C= Masa aparente en agua de la muestra Saturada

$$M = \frac{G - T}{V}$$

M= Peso Volumétrico del agregado Grueso (kg/m³)

G= Masa del Árido mas el molde (kg)

T= Masa del Molde (kg)

V= Volumen del molde (m³)

La norma NTE INEN 1806 y 2615 nos especifica ciertos parámetros que debe cumplir el cemento para su uso en mortero y posteriormente para mampostería. Por lo tanto, el cemento escogido debe cumplir con los requisitos para una mayor calidad al usar mortero y evitar fisuras o agrietamiento en los enlucidos.

La norma ASTM C136 nos permite obtener mediante los ensayos granulométricos la curva granulométrica (% porcentajes que pasan del agregado vs número de tamiz). Con el fin de determinar el módulo de finura, entre menor sea el módulo de finura se logra una mayor trabajabilidad, debido a que presenta una mejor adherencia a las unidades de albañilería. La norma ASTM C33 define los requisitos para calificar la calidad del agregado fino y grueso. Mediante una tabla nos muestra los límites superiores e inferiores de la curva granulométrica. Además, nos indica que el módulo de finura para agregados finos debe ser mayor de 2.3 y menor de 3.1

La norma ASTM C-142 nos sirve para determinar si un árido está libre de impurezas orgánicas. En caso de que contenga impurezas orgánicas, su color será mucho más oscuro y deberá ser rechazados. Debido a que puede tener suficiente cantidad de reactivo, que al mezclar con el cemento puede ocasionar una expansión al mortero. En la siguiente expresión se determina el porcentaje de partículas desmenuzables y de arcilla, en la cual el valor especificado deber ser menor a 3.

$$P \% = \frac{W - R}{W} * 100$$

P= Porcentaje de partículas desmenuzables y de arcilla

W= Peso de la muestra inicial

R= Peso de la muestra retenida en Tamiz N° 16

2.4 Componente innovador

Considerando que el proyecto de investigación se trata de la comparación del mortero de cemento blanco y gris, se realizarán varios ensayos con el fin de determinar mediante el análisis de las características del producto final como la trabajabilidad, resistencia, la elección de un cemento dependiendo de la necesidad o la actividad que se ejerce sobre el mortero, por ejemplo: enlucidos impermeables, enlucidos de contrapisos, morteros de pega de bloque, morteros de reparación de grietas, etc. Para obtener las características necesarias se han planteado dos escenarios:

Utilizar para ambas mezclas la misma dosificación, para que sin alteraciones se obtengan las características principales de ambos morteros.

Realizar el ensayo con dosificaciones diferentes con el fin que ambas mezclas teóricamente alcancen la misma resistencia.

El objetivo de realizar el segundo planteamiento es para determinar qué aspectos o características se ven afectados al de mantener la resistencia para mezclas o cual sería el beneficio dependiendo del contexto para aplicar el producto final tanto en la parte de trabajabilidad, duración y resistencia.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología de estudio

Para la metodología es muy importante el proceso investigativo que se va realizar, debido a que tiene como finalidad generar conocimientos en base a la resolución del problema establecido al inicio del estudio. El marco metodológico son todas las decisiones que toma el investigador para alcanzar los objetivos propuestos. En la cual, se enfocan en aspectos para aumentar la calidad del trabajo. Estos aspectos son el tipo de investigación a realizar, su enfoque, técnicas de investigación para la recolección de datos y análisis de resultado, la población y muestra a estudiar. (Ugalde & Balbastre, 2013).

Esta investigación está ligada al método científico, por lo que nos regimos a una serie de procedimientos lógicos para comprobar nuestra hipótesis mediante el razonamiento riguroso y observación empírica. Además, el método científico no descubre la verdad sino determina la demostración del procedimiento del enunciado. El método científico surge a partir de una serie de interrogantes como ¿Qué voy a investigar? ¿Para qué lo quiero investigar? ¿Cómo lo voy a investigar?, permitiendo formular un planteamiento de problema. Estos planteamientos deben ser delimitados para tener un enfoque adecuado (Tamayo, 2004).

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada en el desarrollo de la presente investigación. En la cual se recopilará información mediante los ensayos de granulometría de agregados finos, ensayos para el límite de Atterberg y ensayos de humedad, cumpliendo con las especificaciones establecidas en las normativas. Se realiza una adecuada dosificación para comparar el mortero blanco y mortero gris, con el fin de dar a una respuesta a los objetivos planteados y dar la mejor solución

3.2 Tipos de Investigación

La mejor forma de clasificar las investigaciones es según un orden cronológico, es decir se ubica en un tiempo específico. Una investigación que describe lo que era (Histórica), Interpretación de lo que es (Descriptiva) y describe lo que puede suceder (experimental).

Descriptiva: Describe la realidad de una situación, comprendiendo la interpretación correcta sobre un análisis de resultado. El investigador debe plantear el problema, para formular una hipótesis y explicar hechos o situaciones en que se basa su hipótesis. Los tipos de estudios pueden ser entrevistas o encuestas a una población y muestra, exploratorios, etc. (Tamayo, 2004).

Experimental: El investigador se encarga de manipular o alterar una o más variables de un experimento en condiciones estrictamente controladas. Con el fin de analizar y observar las distintas situaciones, para entender el acontecimiento particular (CEA, 2008).

Históricos: Representa una búsqueda crítica de la verdad de experiencias pasadas, de querer entender esta experiencia. Aplica no solo a historias sino a disciplinas científicas como medicina, derecho, etc. El investigador cuenta con fuentes de información primarias y secundarias. En la cual, debe examinar cuidadosamente y verificar su veracidad. De tal manera, propone distintas hipótesis para explicar los hechos (Tamayo, 2004).

Al analizar los tipos de investigación, para esta investigación se escoge la descriptiva debido a que se interpretara los resultados de los ensayos para comparar el mortero gris y mortero blanco.

3.3 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación en términos generales depende de la aplicación de etapas, independientemente que sean cualitativas o cuantitativas. Ambos enfoques implementan pasos similares tales como recolección de datos, observación,

evaluación, análisis y resultados. A pesar de tener un proceso similar cada uno tiene características diferentes, se elige entre ellos dependiendo de la investigación que se realizará.

El enfoque cualitativo aprovecha la literatura como un punto de partida es un proceso circular debido a que no respeta una jerarquía de pasos y se pueden cambiar a mitad de la investigación. En algunos casos es más flexible permitiendo cambiar etapas desde su concepción es decir que no prueban hipótesis, sino que a lo largo de la investigación se van planteando y puliendo en realización a los datos obtenidos basándose en vivencias, códigos verbales y no verbales, visuales, etc. Partiendo de lo subjetivo tanto por el investigador como de la recolección de los datos. Por otro lado, el enfoque cuantitativo parte de un plan que sigue fielmente los pasos, permitiendo rediseñar, pero sin omitir ninguno. En base a la literatura se plantean hipótesis y se establecen variables, el investigador construye una guía de trabajo en la cual se ponen a prueba esas hipótesis, si las consecuencias del ensayo aprueban o desaprueban la idea. Por lo tanto, pretende medir o cuantificar los diferentes fenómenos observados que están referidos en algo real, los datos resultan mediciones que se cuantifican y se las analiza mediante técnicas estadísticas, es decir el resultado del proyecto devolverá algo objetivo en base a una escala real capaz de ser comparada (D'olivares & Casteblanco, 2015).

Al analizar ambos enfoques, para esta investigación se escoge el cuantitativo debido a que se evaluarán técnicas o ensayos basados en normativas que no pueden ser modificadas y los resultados servirán para la comparación entre dos productos en base a sus características físicas como resistencia y trabajabilidad.

3.4 Técnicas de la investigación

Al aplicar un enfoque cuantitativo la investigación se orienta a un diseño experimental, este tipo de diseños consideran aspectos como una selección aleatoria de muestra, asignación de grupos, manipulación de variables y control de factores externos, por ende, estos diseños poseen una alta tasa de confiabilidad aportando resultados con argumentos de peso (Mousalli-Kayat, 2015). Para determinar los resultados aplicando

una investigación experimental se hace uso de las técnicas y normativas planteadas por los entes reguladores de control de calidad tanto internacional como nacional tales como ASTM e INEN de las cuales se aplicarán las que se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 6: Normas investigación experimental

Variable	Indicador	Índice	Técnica
Cemento Blanco y Cemento Gris	Elaboración de Mortero	Elaboración y Curado de Muestra de Mortero	ASTM C192
	Consistencia Normal	Ensayo de consistencia Cono de Abrams (m)	ASTM C143
	Peso Unitario	Ensayo de peso unitario Balanza digital (kg)	NTE 0857, 0858 INEN
	Resistencia a la compresión	Ensayo a la resistencia a la compresión. Prensa hidráulica (Kg/cm ²)	ASTM C39
	Trabajabilidad	Ensayo de la trabajabilidad Asentamiento del Cono de Abrams (m)	ASTM C143
	Durabilidad	Ensayos de Durabilidad	ASTM C88

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

3.5 Población y Muestra

La población es el conjunto total de objetos que influirán en una investigación de los cuales se escogen las características necesarias a evaluar, por lo tanto, es importante determinar el tipo de población a utilizar porque dependerán de estos los resultados de la investigación (López, 2004).

La muestra es un subconjunto de una población, existen procedimientos para obtener la cantidad necesaria estableciendo criterios como lógica, formulas, etc. La muestra es una parte que representa a la población, existen distintos tipos como aleatoria, estratificada, sistemática (López, 2004).

Aleatoria: Este método es de los más sencillos, se caracteriza porque cada individuo de la población posee la misma probabilidad de ser seleccionado, es un procedimiento realizado al azar, esto se da en una población en la cual no varíen significativamente sus características de individuo a individuo.

Estratificada: Al aplicar este método se debe realizar una subdivisión de grupos dependiendo de características específicas que los representen, con el fin de reducir los datos y que sea más preciso los resultados sin sesgos.

Sistemática: Cuando se estable una especie de patrón o característica específica al momento de seleccionar llevando un plan en la parte estadística.

Para la investigación se usará los distintos tipos de muestras dependiendo siempre lo que indiquen las normativas, debido a que en ellas se encuentra especificadas la cantidad de elementos a utilizar preservando el control de calidad.

Para el presente proyecto se realizaron 24 muestras, en las cuales 12 son mortero con cemento blanco y 12 son mortero con cemento gris. Con una relación $a/c=0.86$ y a una temperatura ambiente de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el cubo tiene un área de 2500 mm^2 .

La fecha de elaboración de las 24 muestras fue el 23 de agosto del 2021, en la cual se determina la resistencia a la compresión de los morteros de a los 3, 7, 28 y 60 días. Teniendo como la última fecha de rotura el 26 de octubre del 2021. Para este ensayo

se basa en la norma NTE INEN 488:2009, dándonos a conocer la preparación de la muestra para los ensayos, para determinar una adecuada resistencia a la compresión de los morteros.

Tabla 7: Muestra de Mortero con Cemento Blanco

No. De Especimen	Elemento/ Nomenclatura	Relación a/c	Temperatura °C	Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura
1	Diseño de cemento blanco	0.86	26	23-08-2021	26-08-2021
2					
3					
4	Diseño de cemento blanco	0.86	26	23-08-2021	30-08-2021
5					
6					
7	Diseño de cemento blanco	0.86	26	23-08-2021	20-09-2021
8					
9					
10	Diseño de cemento blanco	0.86	26	23-08-2021	22-10-21
11					
12					

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 8: Muestra de Mortero con Cemento Gris

No. De Especimen	Elemento/ Nomenclatura	Relación a/c	Temperatura °C	Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura
1	Diseño de cemento gris	0.86	26	23-08-2021	26-08-2021
2					
3					
4	Diseño de cemento gris	0.86	26	23-08-2021	30-08-2021
5					
6					
7	Diseño de cemento gris	0.86	26	23-08-2021	20-09-2021
8					
9					
10	Diseño de cemento gris	0.86	26	23-08-2021	22-10-21
11					
12					

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

En la actualidad, en nuestro país los diseños de morteros se suelen hacer con cemento gris y no se usan otras alternativas por desconocimiento o por el poco nivel investigativo sobre el tema del cemento blanco en el uso del mortero. En internet se puede encontrar papers o artículos de investigación acerca de la utilización del cemento blanco como reemplazo del cemento gris en los morteros. Estas investigaciones han demostrado que puede mejorar las características de los morteros desde los parámetros de resistencia y trabajabilidad. Además de ser sostenibles para las ciudades debido a sus propiedades químicas.

La investigación que realizamos es para demostrar que es mucho más beneficioso el uso del cemento blanco en morteros con una adecuada dosificación. Para poder evitar fisuras o agrietamiento del enlucido o despegue de los bloques en los muros de mampostería, debido a que Ecuador se encuentra en una zona donde hay alto riesgo sísmico.

4.1 Desarrollo Experimental

En este capítulo, para su desarrollo se realizó el diseño de un mortero con cemento blanco y cemento gris con una resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con materiales apropiados. Con el fin de realizar los ensayos correspondientes y cumplir con las normas especificadas en ASTM (American Society for Testing and Materials), para su comparación con el mortero con cemento gris.

4.2 Diseño de mortero con cemento blanco

4.2.1 Densidad del Cemento

Para determinar la densidad del cemento, se utiliza el método del picnómetro que es muy útil para obtener las densidades de cualquier sustancia, puede ser tanto líquido

como solido a través de la gravimetría. En este caso se utiliza la gasolina, como liquido base. Se realiza dos muestras y se obtiene un promedio de 2.813 g/cm^3 de densidad.

Tabla 9: Densidad de Cemento Blanco

Descripción	ENSAYO		Unidad
	I	II	
Masa del cemento	64,00	64,00	gr
A Masa del picnómetro vacío	166,39	166,41	gr
B Masa del picnómetro + cemento	230,39	230,41	gr
C Masa del picnómetro + cemento + gasolina	586,41	584,10	gr
D Masa del picnómetro + 500 cm ³ de gasolina	539,30	537,04	gr
Masa de la gasolina desplazada (D-A) -(C-B)	16,89	16,94	gr
Densidad de la gasolina (D-A) / 500 (cm ³)	0,75	0,74	gr/cm ³
Volumen del liquido desplazado = (Masa de la gasolina desplazada)/(densidad de la gasolina)	22,65	22,85	cm ³
Densidad del cemento= (masa del cemento) / (Volumen del liquido desplazado)	2,826	2,801	gr/cm ³
PROMEDIO	2,813		gr/cm ³

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.2.2 Peso y Humedad del Agregado Fino



Figura 4: Procedimiento para calcular la humedad de arena

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 10: Peso, Gravedad Especifica y Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO			
TIPO DE MATERIAL=	ARENA LAVADA Y ZARANDEADA		
PROCEDENCIA=	MINA COPETO		
FECHA=	lunes, 16 de agosto de 2021		
PESO DEL RECIPIENTE =	6415	gramos	
VOL. DEL RECIPIENTE =	5,469	dm3	
PESOS UNITARIOS			
PS1=	15452	gramos	PC1= 16200 gramos
PS2=	15488	gramos	PC2= 16189 gramos
PS3=	15476	gramos	PC3= 16177 gramos
MEDIA=	15472	gramos	MEDIA= 16189 gramos
P. U. S. =	1,656	Kg/dm3	P. U. C. = 1,787 Kg/dm3
GRAVEDAD ESPECIFICA			
MASA DE LA MUESTRA S.S.S [D]=	500,0	gramos	
MASA PICN.+MUESTRA+AGUA [C]=	964,6	gramos	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA [B]=	654,3	gramos	
MASA DE LA MUESTRA SECA [A]=	485,4	gramos	
DSSS = D / (B+D-C) =	2,636	Kg/dm3	
%ABS = (A-D) / D * 100 =	3,01	%	
HUMEDAD NATURAL			
MASA RECIPIENTE+MUESTRA HUMEDAD=	292,85	gramos	
MASA RECIPIENTE+ MUESTRA SECA=	284,24	gramos	
MASA DEL RECIPIENTE=	98,41	gramos	
% DE HUMEDAD=	4,63	%	

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.2.3 Granulometría Agregado Fino



Figura 5: Colocación del agregado fino a los tamices

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 6: Figura 4.1 Ensayo de Granulometría

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 11: Granulometría del Agregado Fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Agregado Fino							
Informe N° :		1					
Pedido por :		GALO BERRONES					
Atención :		GALO BERRONES					
Obra :		DISEÑO DE MORTERO CON CEMENTO BLANCO					
Material :		ARENA LAVADA Y ZARANDEADA					
Procedencia :		MINA COPETO					
NORMA DE ENSAYO :		ASTM C - 136					
NORMA DE ESPECIFICACION :		ASTM C - 33					
						Fecha :	14-ago-21
						Calculado por :	JORGE ESCOBAR
Módulo de finura:		2,4					
Tamiz mm.	#	Peso Retenido grms.	% Retenido	% Ret. Acum.	%que pasa	LÍMITES	
						AGREGADO FINO	
						Lim.Sup	Lim.Inf
100,00	4.0"	0	0	0	100	100	100
90,00	3½"	0	0	0	100	100	100
75,00	3.0"	0	0	0	100	100	100
63,00	2½"	0	0	0	100	100	100
50,00	2.0"	0	0	0	100	100	100
37,50	1½"	0	0	0	100	100	100
25,000	1.0"	0	0	0	100	100	100
19,000	¾"	0	0	0	100	100	100
12,500	½"	0	0	0	100	100	100
9,510	3/8"	0	0	0	100	100	100
4,760	N° 4	0	0	0	100	95	100
2,380	N° 8	0	0	0	100	80	100
1,190	N° 16	218,6	16	16	84	50	85
0,595	N° 30	416,1	31	48	52	25	60
0,297	N° 50	434,5	33	81	19	10	30
0,149	N° 100	192	14	95	5	2	10
	Bandeja	64	5	100	0	0	0
	SUMAS	1325,2					

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

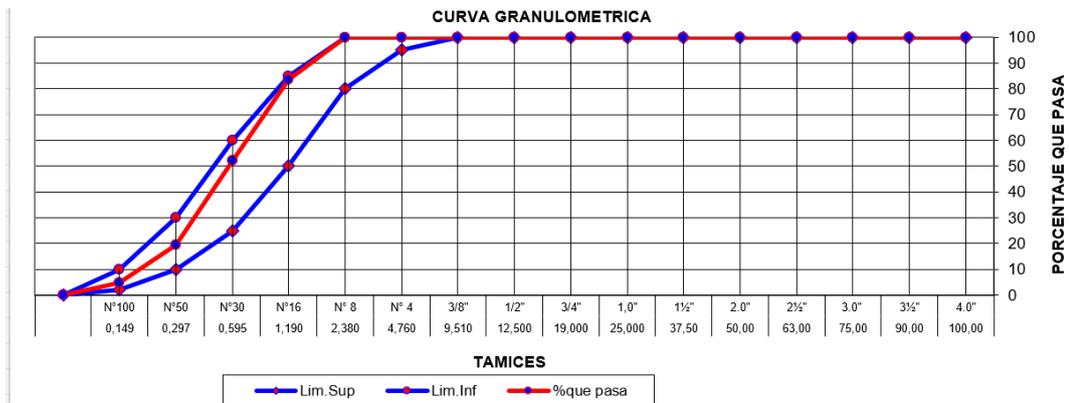


Ilustración 1: Curva Granulométrica

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.2.4 Norma ASTM C40

Tabla 12: Colorimetría del Agregado Fino

(COLORIMETRIA) NORMA ASTM C 40

**IMPURESAS ORGANICAS EN AREGADO FINO.
(COLORIMETRIA) NORMA ASTM C 40**

FIG. 3

Para definir con mayor precisión el color del líquido sobrenadante de la muestra de ensayo, se deben usar cinco vidrios de colores estándar con los siguientes colores: se informa el color de placa orgánica más parecida al color del líquido sobrenadante sobre la muestra de ensayo

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">No. Placa Orgánica</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>2</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>3</td><td>(MAX. PERMITIDO)</td></tr> <tr><td>4</td><td>NO CUMPLE</td></tr> <tr><td>5</td><td>NO CUMPLE</td></tr> </tbody> </table>	No. Placa Orgánica		1	SI CUMPLE	2	SI CUMPLE	3	(MAX. PERMITIDO)	4	NO CUMPLE	5	NO CUMPLE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">No. Color Gardner</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>8</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>11</td><td>(MAX. PERMITIDO)</td></tr> <tr><td>14</td><td>NO CUMPLE</td></tr> <tr><td>16</td><td>NO CUMPLE</td></tr> </tbody> </table>	No. Color Gardner		5	SI CUMPLE	8	SI CUMPLE	11	(MAX. PERMITIDO)	14	NO CUMPLE	16	NO CUMPLE
No. Placa Orgánica																									
1	SI CUMPLE																								
2	SI CUMPLE																								
3	(MAX. PERMITIDO)																								
4	NO CUMPLE																								
5	NO CUMPLE																								
No. Color Gardner																									
5	SI CUMPLE																								
8	SI CUMPLE																								
11	(MAX. PERMITIDO)																								
14	NO CUMPLE																								
16	NO CUMPLE																								

OBSERVACIONES: EL RESULTADO DE ESTE MATERIAL SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION MAXIMA PERMITIDA

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.2.7 Diseño para 1m³

Mediante el método de la densidad óptima, nos permite utilizar una mínima cantidad de pasta, con el fin de obtener un mortero de buena calidad. Por lo tanto, se realiza para una dosificación para mortero de 1 m³.

Tabla 15: Calculo de cantidades mediante el método de la Densidad Óptima

Método de la Densidad Óptima											
Datos											
	DRC	=	2,81	g/cm ³				DsssA	=	2,64	g/cm ³
	DOM	=	1,6	g/cm ³				DsssR	=	0	g/cm ³
	%AA	=	100	%				f'c	=	10	MPa
	%RA	=	0	%				f'cr	=	16,1	MPa
								W/C	=	0,760	
<i>Cálculo de la Densidad Real de la Mezcla</i>											
	DRM	=	DsssA*%AA/100 + DsssR*%RA/100								
	DRM	=	2,636	g/cm ³							
	DRM	=	2635,74	kg/m ³							
<i>Cálculo del Porcentaje Óptimo de Vacíos</i>											
	%OV	=	$\frac{DRM - DOM}{DRM} * 100$								
	%OV	=	1,036								
	%OV	=	39,30	%							
<i>Cálculo de la Cantidad de Pasta</i>											
Asentamiento		=	7,3	cm	->	% =	0,09				
	Asentamiento (cm)		Ecuación para Determinar la Cantidad de Pasta (CP)								
	0 a 3		%OV + 0,03(%OV)								
	3,5 a 6		%OV + 0,06(%OV)								
	6,5 a 9		%OV + 0,09(%OV)								
	9,5 a 12		%OV + 0,12(%OV)								
	12,5 a 15		%OV + 0,14(%OV)								
											0,16
			CP =	42,8							0,18
											0,2
<i>Cálculo de la Cantidad de Cemento</i>											
	C	=	$\frac{CP * 10}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$								0,22
	C	=	428,326					C =	383,99	kg/m ³	0,24
											0,26
<i>Cálculo de la Cantidad de Agua</i>											
								W/C =	0,760		
	W =	291,83	kg/m ³								
<i>Cálculo de la Cantidad de Arena</i>											
	A	=	$(1-CP)*DsssA*%AA/100$								
	A	=	1,506783	g/cm ³							
	A	=	1506,78	kg/m ³							

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 16: Resumen de cantidades para 1 m³

RESUMEN DE CANTIDADES PARA 1m ³							
	Dosificación al peso	Cantidad para 40 kg de Hormigón (kg)	Peso Especifico (kg/m ³)	Volumen para 40kg de hormigón en (m ³)	Dosificación al volumen	Volumen para 1m ³ de hormigón (m ³)	Cantidad para 1m ³ de hormigón (kg)
W	0,760	5,35	1000,00	5,35	2,24	290,74	290,74
C	1,000	7,04	2950,00	2,39	1,00	129,68	382,55
A	3,924	27,61	2590,00	10,66	4,47	579,58	1501,12
Σ					7,71	1000,00	2174,41

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

En las siguientes imágenes, nos muestra la preparación del mortero, mediante la dosificación obtenida en el diseño del mortero. Que posteriormente nos sirve para los ensayos de Abram y ensayo a la Compresión. Para obtener los parámetros de trabajabilidad y de resistencia respectivamente.



Figura 7: Peso del Agua

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 8: *Recogiendo cemento blanco a utilizar*

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 9: *Pesando el Agregado Fino*

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3 Diseño de mortero con cemento gris

4.3.1 Densidad del cemento gris

Para determinar la densidad del cemento, se utiliza el método del picnómetro que es muy útil para obtener las densidades de cualquier sustancia, puede ser tanto líquido como sólido a través de la gravimetría. En este caso se utiliza la gasolina, como líquido base. Se realiza dos muestras y se obtiene un promedio de 2.971 g/cm^3 de densidad.

Tabla 17: Densidad del Cemento Gris

Descripción	ENSAYO		Unidad
	I	II	
Masa del cemento	64,00	70,00	gr
A Masa del picnómetro vacío	150,10	150,10	gr
B Masa del picnómetro + cemento	214,10	220,10	gr
C Masa del picnómetro + cemento + gasolina	564,30	568,70	gr
D Masa del picnómetro + 500 cm ³ de gasolina	516,10	515,90	gr
Masa de la gasolina desplazada (D-A) -(C-B)	15,80	17,20	gr
Densidad de la gasolina (D-A) / 500 (cm ³)	0,73	0,73	gr/cm ³
Volumen del líquido desplazado = (Masa de la gasolina desplazada)/(densidad de la gasolina)	21,58	23,51	cm ³
Densidad del cemento= (masa del cemento) / (Volumen del líquido desplazado)	2,965	2,977	gr/cm ³
PROMEDIO	2,971		gr/cm ³

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.2 Peso y Humedad del Agregado Fino

Tabla 18: Peso, Gravedad Especifica y Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO			
TIPO DE MATERIAL=	ARENA LAVADA Y ZARANDEADA		
PROCEDENCIA=	MINA COPETO		
FECHA=	lunes, 16 de agosto de 2021		
PESO DEL RECIPIENTE =	6415	gramos	
VOL. DEL RECIPIENTE =	5,469	dm3	
PESOS UNITARIOS			
PS1=	15452	gramos	PC1= 16200 gramos
PS2=	15488	gramos	PC2= 16189 gramos
PS3=	15476	gramos	PC3= 16177 gramos
MEDIA=	15472	gramos	MEDIA= 16189 gramos
P. U. S. =	1,656	Kg/dm3	P. U. C. = 1,787 Kg/dm3
GRAVEDAD ESPECIFICA			
MASA DE LA MUESTRA S.S.S [D]=	500,0	gramos	
MASA PICN.+MUESTRA+AGUA [C]=	964,6	gramos	
MASA DEL PICNOMETRO + AGUA [B]=	654,3	gramos	
MASA DE LA MUESTRA SECA [A]=	485,4	gramos	
DSSS = D / (B+D-C) =	2,636	Kg/dm3	
%ABS = (A-D) / D * 100 =	3,01	%	
HUMEDAD NATURAL			
MASA RECIPIENTE+MUESTRA HUMEDAD=	292,85	gramos	
MASA RECIPIENTE+ MUESTRA SECA=	284,24	gramos	
MASA DEL RECIPIENTE=	98,41	gramos	
% DE HUMEDAD=	4,63	%	

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.3 Granulometría de Agregado Fino



Figura 10: Recogiendo el agregado fino por tamiz

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 11: Pesando el Agregado Fino por tamiz

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 12: Resultados de la Granulometría

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 19: Granulometría de Agregado Fino

ANALISIS GRANULOMETRICO								
Agregado Fino								
Informe N°:		1						
Pedido por:		GALO BERRONES						
Atención:		GALO BERRONES						
Obra:		DISEÑO DE MORTERO CON CEMENTO GRIS						
Material:		ARENA LAVADA Y ZARANDEADA						
Procedencia:		MINA COPETO						
NORMA DE ENSAYO:		ASTM C - 136				Fecha:		14-ago-21
NORMA DE ESPECIFICACION:		ASTM C - 33				Calculado por:		JORGE ESCOBAR
Módulo de finura:		2,4						

Tamiz		Peso Retenido grms.	% Retenido	% Ret. Acum.	% que pasa	LIMITES	
mm.	#					AGREGADO FINO	
100,00	4.0"	0	0	0	100	100	100
90,00	3½"	0	0	0	100	100	100
75,00	3.0"	0	0	0	100	100	100
63,00	2½"	0	0	0	100	100	100
50,00	2.0"	0	0	0	100	100	100
37,50	1½"	0	0	0	100	100	100
25,000	1,0"	0	0	0	100	100	100
19,000	¾"	0	0	0	100	100	100
12,500	½"	0	0	0	100	100	100
9,510	3/8"	0	0	0	100	100	100
4,760	N° 4	0	0	0	100	95	100
2,380	N° 8	0	0	0	100	80	100
1,190	N°16	218,6	16	16	84	50	85
0,595	N°30	416,1	31	48	52	25	60
0,297	N°50	434,5	33	81	19	10	30
0,149	N°100	192	14	95	5	2	10
	Bandeja	64	5	100	0	0	0
	SUMAS	1325,2					

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

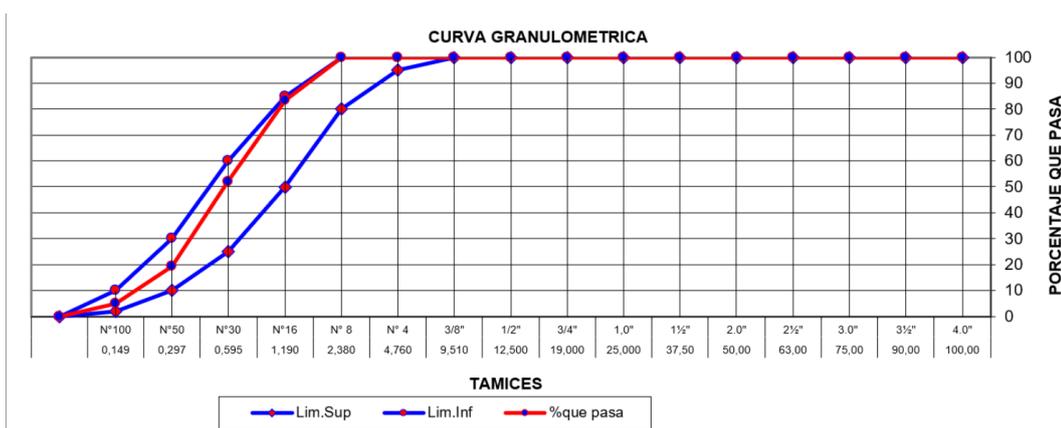


Ilustración 2: Curva Granulométrica

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.4 Norma ASTM C40

Tabla 20: Colorimetría

(COLORIMETRIA) NORMA ASTM C 40																									
																									
IMPURESAS ORGANICAS EN AREGADO FINO. (COLORIMETRIA) NORMA ASTM C 40	FIG. 3																								
<p>Para definir con mayor precisión el color del líquido sobrenadante de la muestra de ensayo, se deben usar cinco vidrios de colores estándar con los siguientes colores: se informa el color de placa orgánica más parecida al color del líquido sobrenadante sobre la muestra de ensayo</p>																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">No. Placa Orgánica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>2</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>3</td><td>(MAX. PERMITIDO)</td></tr> <tr><td>4</td><td>NO CUMPLE</td></tr> <tr><td>5</td><td>NO CUMPLE</td></tr> </tbody> </table>	No. Placa Orgánica		1	SI CUMPLE	2	SI CUMPLE	3	(MAX. PERMITIDO)	4	NO CUMPLE	5	NO CUMPLE	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">No. Color Gardner</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>8</td><td>SI CUMPLE</td></tr> <tr><td>11</td><td>(MAX. PERMITIDO)</td></tr> <tr><td>14</td><td>NO CUMPLE</td></tr> <tr><td>16</td><td>NO CUMPLE</td></tr> </tbody> </table>	No. Color Gardner		5	SI CUMPLE	8	SI CUMPLE	11	(MAX. PERMITIDO)	14	NO CUMPLE	16	NO CUMPLE
No. Placa Orgánica																									
1	SI CUMPLE																								
2	SI CUMPLE																								
3	(MAX. PERMITIDO)																								
4	NO CUMPLE																								
5	NO CUMPLE																								
No. Color Gardner																									
5	SI CUMPLE																								
8	SI CUMPLE																								
11	(MAX. PERMITIDO)																								
14	NO CUMPLE																								
16	NO CUMPLE																								
OBSERVACIONES:	EL RESULTADO DE ESTE MATERIAL SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION MAXIMA PERMITIDA																								

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.5 Norma ASTM C-142

Tabla 21: Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas Desmenuzables en Arcillas

NORMA ASTM C - 142

DATOS DE LA MUESTRA	UNIDAD	Nº DE MUESTRA		
		1	2	3
PESO MUESTRA INICIAL	gr.	25,05	25,04	25,07
PESO MUESTRA RETENIDA EN TAMIZ N	gr.	24,95	24,98	24,99
PORCENTAJE DE ARCILLA	%	0,40	0,24	0,32

RESUMEN DE ENSAYOS		
1	2	3
0,40	0,24	0,32
PROMEDIO		0,32
ESPECIFICADO		< 3 %

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.6 Norma ASTM C-117

Tabla 22; Material más Fino que el Tamiz 200

NORMA NTE INEN 697 - ASTM C - 117

ESPECIFICACIONES		
Tamaño máximo Nominal	Masa mínima	
mm	Nº de malla	gr
4,75 o menor	4 o menor	500
9,5	3/8	1000
19	3/4	2500
37,5 o mayor	1,1/2 o mayor	5000

ENSAYO		
Masa original	Masa desp. Lavado	% de Material que pasa tamiz 200
500,2	495,1	1,0
ESPECIFICADO		< 3 %

A = PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 200
 B = MASA ORIGINAL
 C = MASA DESPUES DE LAVADO
 $A = ((B-C)/B)*100$

OBSERVACIONES:	EL RESULTADO DE ESTE MATERIAL SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION REQUERIDA (MOP - TABLA 803.3.2.)
----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.3.7 Diseño para 1 m³

Mediante el método de la densidad óptima, nos permite utilizar una mínima cantidad de pasta, con el fin de obtener un mortero de buena calidad. Por lo tanto, se realiza para una dosificación para mortero de 1 m³.

Tabla 23: Cálculo de cantidades mediante el método de la Densidad Óptima

Método de la Densidad Óptima									
Datos									
DRC	=	2,97	g/cm ³			DsssA	=	2,64	g/cm ³
DOM	=	1,6	g/cm ³			DsssR	=	0	g/cm ³
%AA	=	100	%			f'c	=	10	MPa
%RA	=	0	%			f'cr	=	16,1	MPa
						W/C	=	0,760	
<i>Cálculo de la Densidad Real de la Mezcla</i>									
DRM	=	DsssA*%AA/100 + DsssR*%RA/100							
DRM	=	2,636	g/cm ³						
DRM	=	2635,74	kg/m ³						
<i>Cálculo del Porcentaje Óptimo de Vacíos</i>									
%OV	=	$\frac{DRM - DOM}{DRM} * 100$							
%OV	=	1,036							
%OV	=	39,30	%						
<i>Cálculo de la Cantidad de Pasta</i>									
Asentamiento	=	7,3	cm	->	% =	0,09			
Asentamiento (cm)		Ecuación para Determinar la Cantidad de Pasta (CP)							
0 a 3		%OV + 0,03(%OV)							
3,5 a 6		%OV + 0,06(%OV)							
6,5 a 9		%OV + 0,09(%OV)							
9,5 a 12		%OV + 0,12(%OV)							
12,5 a 15		%OV + 0,14(%OV)							
		CP = 42,8							
<i>Cálculo de la Cantidad de Cemento</i>									
C	=	$\frac{CP * 10}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$							
C	=	428,326				C =	390,61	kg/m ³	
<i>Cálculo de la Cantidad de Agua</i>									
						W/C =	0,760		
W =		296,86	kg/m ³						
<i>Cálculo de la Cantidad de Arena</i>									
A	=	$(1-CP)*DsssA*%AA/100$							
A	=	1,506783	g/cm ³						
A	=	1506,78	kg/m ³						

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 24: Resumen de Cantidades para 1 m³

RESUMEN DE CANTIDADES PARA 1m ³							
	Dosificación al peso	Cantidad para 40 kg de Hormigón (kg)	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen para 40kg de hormigón en (m ³)	Dosificación al volumen	Volumen para 1m ³ de hormigón (m ³)	Cantidad para 1m ³ de hormigón (kg)
W	0,760	5,41	1000,00	5,41	2,24	293,62	293,62
C	1,000	7,12	2950,00	2,41	1,00	130,96	386,34
A	3,858	27,47	2590,00	10,61	4,39	575,42	1490,33
				Σ	7,64	1000,00	2170,29

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.4 Ensayo de Cono de Abraham

Mediante el ensayo de Cono de Abrams se puede determinar la consistencia o fluidez del mortero, mediante la medición del asentamiento que experimenta el mortero. En la figura 4.10 se puede apreciar la colocación del mortero dentro del cono y en la figura 4.11 se está midiendo el asentamiento del mortero. Este procedimiento se basa en la norma ASTM C143, para lograr un mayor control de calidad.



Figura 13: Colocación del mortero con cemento gris al molde

Elaborador por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 14: Ensayo de Cono de Abrams CB

Elaborador por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 15: Ensayo de Cono de Abrams CG

Elaborador por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 25: Asentamiento del Mortero

	Asentamiento
Mortero con Cemento Blanco	7.3 cm
Mortero con Cemento Gris	7.3 cm

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Según la normativa INEN 2551 literal 7.1.2.1, el asentamiento debe estar entre 5 a 7.5 cm, en el caso de no estar dentro de estos valores la mezcla debe ser descartada. En nuestro caso, si se cumple lo establecido por la norma.

4.5 Resistencia a la Compresión obtenido mediante ensayo

Mediante el ensayo de a la Compresión, se puede determinar la resistencia a la compresión del mortero que hemos diseñado. Realizando un análisis de los resultados de los ensayos, para determinar si cumple con las especificaciones o normativas.

En las siguientes tablas nos muestra las resistencias obtenidas para las 12 muestras de mortero con cemento gris y 12 muestras con cemento blanco. La normativa INEN 488 literal 6.2.3, establece que las dimensiones del cubo deben ser 50x50x50 mm, con sus respectivos errores permisibles en la medida. Además, en el literal 6.5 y 6.6, nos indica la preparación de los moldes para especímenes y preparación de muestras para ensayo respectivamente. El lugar de donde se realiza el ensayo tiene una temperatura de 26 °C, además todas las muestras tienen 0.76 de relación agua/cemento

La fecha de elaboración fue el 23 de agosto del 2021, se toma 3 muestras de cada uno a partir de los 3, 7, 28 y 60 días, teniendo como última fecha de rotura el 22 de octubre del 2021.

En las siguientes figuras, se presentan los cubos de morteros con cemento blanco y de mortero con cemento gris una vez desde su colocación en el molde y colocados en la máquina. De tal manera, para obtener la resistencia a la compresión.

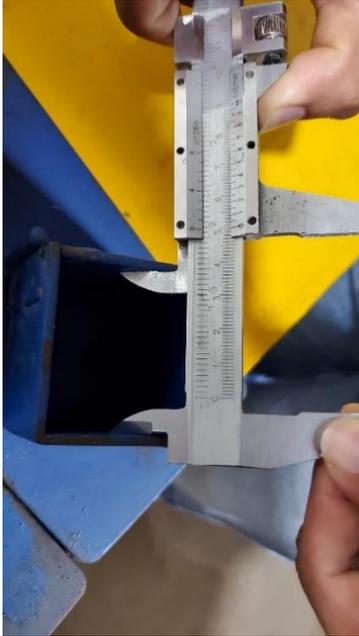


Figura 16: Medición del molde mediante vernier

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 17: Colocación del mortero en los moldes

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 18: Cubos de Mortero

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 19: Medición de cubos mediante vernier

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

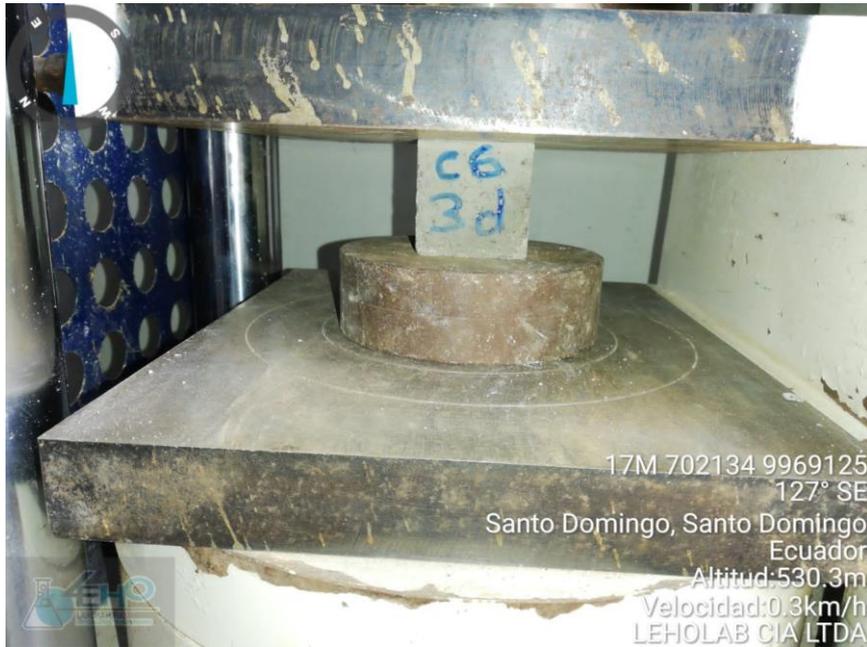


Figura 20: Muestra de Mortero con cemento gris a los 3 días en la máquina

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 21: Muestra de Mortero con cemento gris a los 7 días en la máquina

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

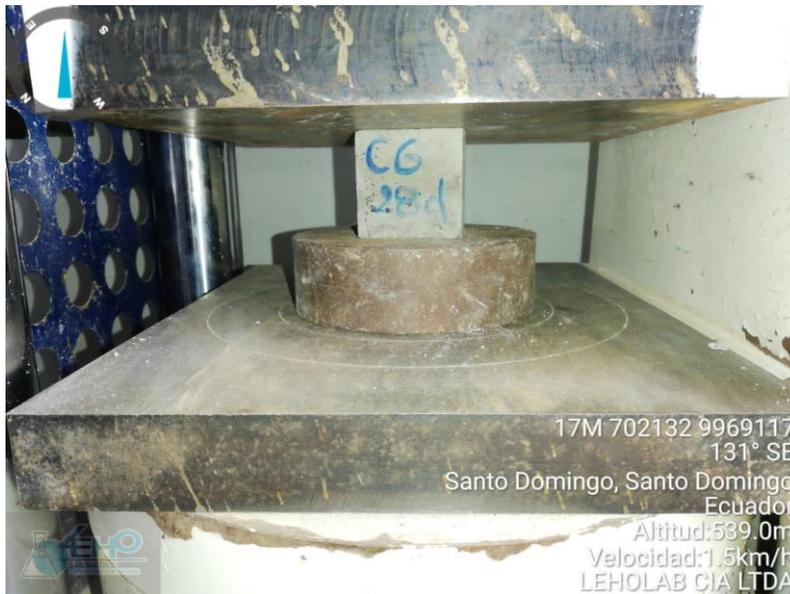


Figura 22: Muestra de Mortero con cemento gris a los 28 días en la máquina
Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

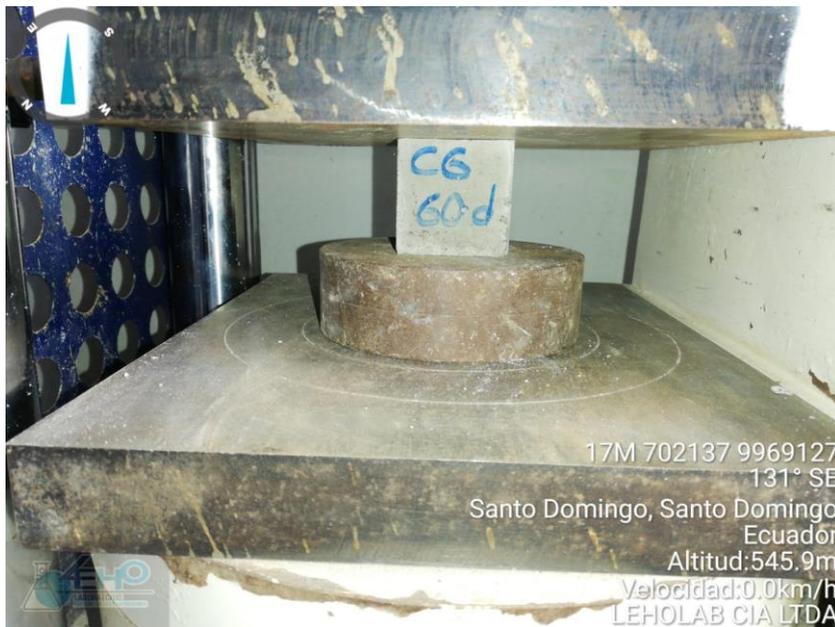


Figura 23: Muestra de Mortero con cemento gris a los 60 días en la máquina
Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 24: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 3 días en la máquina
Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 25: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 7 días en la máquina
Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 26: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 28 días en la máquina

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).



Figura 27: Muestra de Mortero con cemento blanco a los 60 días en la máquina

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

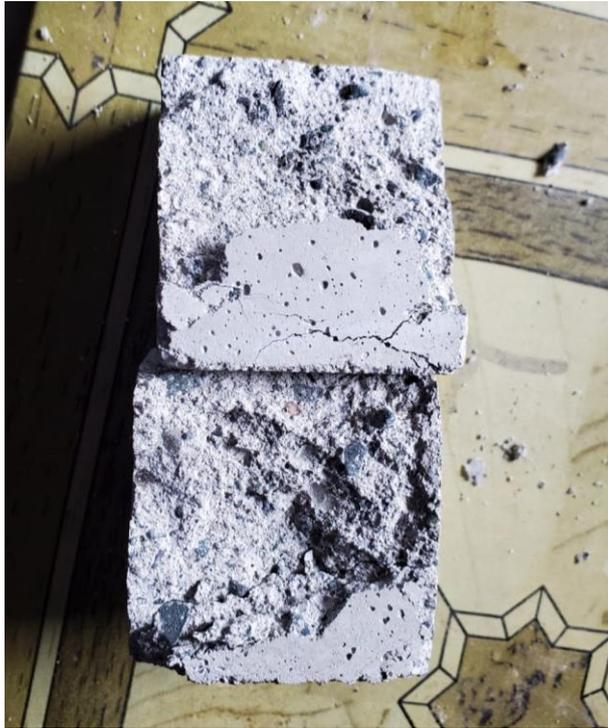


Figura 28: Cubos después del ensayo a la compresión

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 26: Ensayo de Compresión de Mortero con Cemento Gris

NORMAS APLICADAS EN ESTE INFORME, NTE INEN 488:2009 - INEN 2380 TABLA 1											
No. De especimen	Elemento / Nomenclatura	Fecha de elaboracion	Edad / Días	Fecha de Rotura	Carga (KN)	Carga (N)	Resistencia obtenida (Mpa)	Resistencia especificada a 28 días (Mpa)	% Resistencia obtenida	% Resistencia requerida	% De cumplimiento
1	DISEÑO CON CEMENTO GRIS	23-08-21	3	26-08-21	7,38	7380	3,0	10	30	33	89
2		23-08-21	3	26-08-21	7,05	7050	2,8	10	28	33	85
3		23-08-21	3	26-08-21	6,33	6330	2,5	10	25	33	77
4	DISEÑO CON CEMENTO GRIS	23-08-21	7	30-08-21	14,96	14960	6,0	10	60	70	85
5		23-08-21	7	30-08-21	15,02	15020	6,0	10	60	70	86
6		23-08-21	7	30-08-21	16,35	16350	6,5	10	65	70	93
7	DISEÑO CON CEMENTO GRIS	23-08-21	28	20-09-21	22,12	22120	8,8	10	88	100	88
8		23-08-21	28	20-09-21	22,13	22130	8,9	10	89	100	89
9		23-08-21	28	20-09-21	23,84	23840	9,5	10	95	100	95
10	DISEÑO CON CEMENTO GRIS	23-08-21	60	22-10-21	25,21	25210	10,1	10	101	100	101
11		23-08-21	60	22-10-21	25,36	25360	10,1	10	101	100	101
12		23-08-21	60	22-10-21	24,95	24950	10,0	10	100	100	100

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

Tabla 27: Ensayo de Compresión de Mortero con Cemento Blanco

NORMAS APLICADAS EN ESTE INFORME, NTE INEN 488:2009 - INEN 2380 TABLA 1											
No. De especimen	Elemento / Nomenclatura	Fecha de elaboracion	Edad / Días	Fecha de Rotura	Carga (KN)	Carga (N)	Resistencia obtenida (Mpa)	Resistencia especificada a 28 dias (Mpa)	% Resistencia obtenida	% Resistencia requerida	% De cumplimiento
1	DISEÑO CON CEMENTO BLANCO	23-08-21	3	26-08-21	8,76	8760	3,5	10	35	33	106
2		23-08-21	3	26-08-21	8,43	8430	3,4	10	34	33	102
3		23-08-21	3	26-08-21	7,62	7620	3,0	10	30	33	92
4	DISEÑO CON CEMENTO BLANCO	23-08-21	7	30-08-21	19,32	19320	7,7	10	77	70	110
5		23-08-21	7	30-08-21	20,45	20450	8,2	10	82	70	117
6		23-08-21	7	30-08-21	20,18	20180	8,1	10	81	70	115
7	DISEÑO CON CEMENTO BLANCO	23-08-21	28	20-09-21	25,56	25560	10,2	10	102	100	102
8		23-08-21	28	20-09-21	26,75	26750	10,7	10	107	100	107
9		23-08-21	28	20-09-21	25,25	25250	10,1	10	101	100	101
10	DISEÑO CON CEMENTO BLANCO	23-08-21	60	22-10-21	27,33	27330	10,9	10	109	100	109
11		23-08-21	60	22-10-21	27,01	27010	10,8	10	108	100	108
12		23-08-21	60	22-10-21	27,69	27690	11,1	10	111	100	111

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

En la gráfica se puede observar la resistencia obtenida del mortero con cemento blanco y mortero con cemento gris a los 3, 7, 28 y 60 días. Se puede apreciar una cierta superioridad del cemento blanco, esto se debe a las propiedades químicas que posee, lo que hace que tenga una mayor resistencia. Teniendo como análisis a los 28 días, y la normativa nos especifica que debe alcanzar una resistencia de 10 MPa. Por lo tanto, se puede deducir que el mortero con cemento blanco tiene un 103% de cumplimiento, mientras que el mortero con cemento gris tiene un porcentaje 93%. Además de poseer un mayor rendimiento en términos de resistencia.

Mediante la ilustración 4.3, en términos de resistencia se sacó un promedio de las tres muestras a las 3, 7, 28 y 60 días. En la tabla 4.20, se puede observar el porcentaje de incremento para el mortero con cemento gris del tercer día al séptimo día se tuvo un incremento del 121.4%, del séptimo al vigésimo octavo día s tuvo un incremento del 46.8% y del vigésimo octavo día al sexagésimo día se obtuvo un incremento del 10.9%. En el caso del cemento blanco del tercer día al séptimo día se tuvo un incremento del 142.4%, del séptimo al vigésimo octavo día s tuvo un incremento del 28.75% y del vigésimo octavo día al sexagésimo día se obtuvo un incremento del 5.82%. Al analizar estos porcentajes de incremento, se puede apreciar que el mortero con cemento blanco en los primeros 7 días tuvo un mayor incremento de resistencia,

mientras que el mortero con cemento gris tuvo un mayor incremento de resistencia del séptimo al sexagésimo día.

Al realizar una comparación de resistencia de ambos por morteros con respecto al número de día, se puede apreciar que al tercer día que el mortero con cemento blanco tiene 17.8% más de resistencia que el mortero con cemento gris. Lo mismo pasa al séptimo día el mortero con cemento blanco tiene 29% más de resistencia que el mortero con cemento gris, teniendo un incremento del 11.2%. Al vigésimo octavo día el mortero con cemento blanco tiene 13.2% más de resistencia que el mortero con cemento gris, teniendo una reducción del 15.8%. Al final del sexagésimo día el mortero con cemento blanco tiene 7.9% más de resistencia que el mortero con cemento gris.

Tabla 28: Crecimiento por día de resistencia en porcentaje

Días	Mortero con cemento blanco	Mortero con cemento gris
3	280%	330%
7	142.4%	121.4%
28	28.75%	46.8%
60	5.82%	10.9%

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

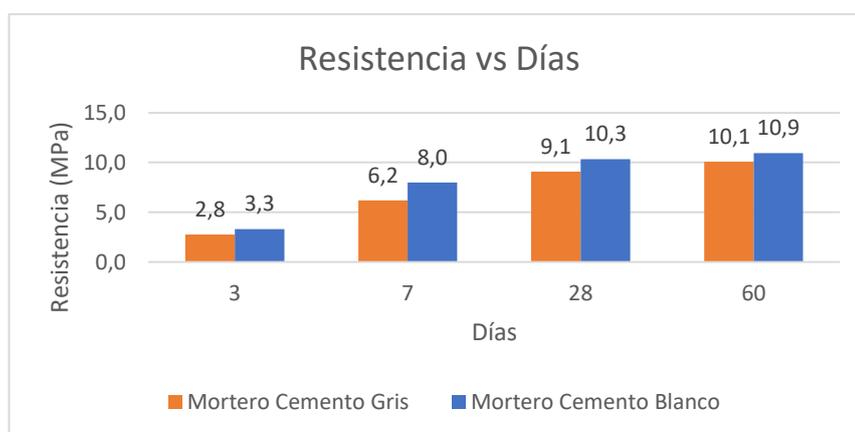


Ilustración 3: Resistencia vs Dias

Elaborado por: Berrones, & Hinojosa (2021).

4.6 Conclusiones

Los agregados finos cumplieron las especificaciones de la norma ASTM C33, lo cual implica que se realizó un control de calidad en los materiales para ser usados en los morteros a ensayar. Los resultados de la granulometría demostraron que los materiales son óptimos para ser usados en el ensayo con el diseño planteado del mortero con cemento blanco con una resistencia esperada de 100 kg/cm², mientras que el mortero con cemento gris no alcanzó la resistencia esperada a los 28 días.

La densidad del cemento y del agregado fino se determinó por el método de picnómetro especificada en la normativa INEN 923 la cual nos ayuda a determinar al momento de realizar el ensayo una densidad de 2.636 g/cm³ de la mezcla de mortero con cemento gris y la misma para la mezcla de cemento blanco. La densidad de ambos morteros no es de un mortero ligero los cuales llegan normalmente a 2 g/cm³, esto se debe a la relación agua cemento.

Para la dosificación de la muestra se utilizó una relación agua cemento de 0.76 para ambas mezclas, siendo así por motivos de no alterar ningún parámetro que impida comprobar las propiedades de ambos cementos al ser evaluadas en el ensayo de resistencia a la compresión que debe alcanzar en 28 días una resistencia de 100 kg/cm². El diseño de la mezcla de los morteros después de aplicado el ensayo de revenimiento por el método del cono de Abrams muestra una altura de asentamiento de 7.3 cm para cemento blanco y el mismo para cemento gris, según INEN 2551 literal 7.1.2.1, demostrando que se ensayó una mezcla blanda, por lo tanto, tiene una buena consistencia y trabajabilidad.

El ensayo de la resistencia a la compresión se implementó de acuerdo con la normativa INEN 488 y INEN 2380, las cuales requieren especímenes en forma de cubo con geometrías específicas e instrumentos calibrados, lo cual brinda seguridad en los resultados obtenidos. Para este caso se realizaron ensayos en 3, 7, 28 y 60 días escogiendo 3 especímenes al azar para cada uno de los días.

A la edad de 3 días se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 35 kg/cm², 34 kg/cm² y 30 kg/cm², se obtuvo una resistencia promedio de 33 kg/cm² del mortero con cemento blanco llegando a la resistencia requerida del diseño, mientras que el mortero con cemento gris se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 30 kg/cm²,

28 kg/cm² y 25 kg/cm² alcanzó una media de 28 kg/cm². Por otro lado, el mortero con cemento gris quedó a un 17.8% de alcanzar la resistencia del mortero con cemento gris. A los 7 días se mantuvo la tendencia, se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 65 kg/cm², 60 kg/cm² y 60 kg/cm² en el cemento gris alcanzado un 62 kg/cm² de media, sin embargo, en el cemento blanco se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 77 kg/cm², 82 kg/cm² y 81 kg/cm², además superó en un 29% con una resistencia media de 80 kg/cm², teniendo A los 28 días la resistencia esperada era de 100kg/cm², donde se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 88 kg/cm², 89 kg/cm² y 95 kg/cm² quedando el cemento gris en una media de 91 kg/cm² y el cemento blanco se ensayó 3 muestras teniendo como resultado 102 kg/cm², 107 kg/cm² y 101 kg/cm² alcanzó una media de 103.3 kg/cm².

Los resultados marcan una clara tendencia de la evolución de la resistencia a la compresión de un mortero con cemento blanco en comparación con un mortero de cemento gris, comprobando así la hipótesis planteada según la bibliografía revisada previo al de la mezcla. Además, pudimos obtener que a los 3 días el mortero con cemento blanco tiene 17.8% mas que el mortero con cemento gris. A los 7 días el mortero con cemento blanco tiene 29% más que el mortero con cemento gris. A los 28 días el mortero con cemento blanco tiene 13.2% más que el mortero con cemento gris. A los 60 días el mortero con cemento blanco tiene 7.9% más que el mortero con cemento gris.

La diferencia más notoria se da a los 7 días, llegando a tener un 29% más de resistencia en el mortero con cemento blanco que con el gris, esto se debe según a las propiedades químicas del cemento blanco el cual aumenta prematuramente su resistencia por motivo de la alta tasa de silicato tricálcico que contiene. Finalmente, el ensayo sirve para comprobar que se pueden obtener mayores resistencias en los mismos tiempos. El cemento blanco debido a sus propiedades tiende a absorber mucha más agua que el cemento gris, siendo una de las principales razones del endurecimiento prematuro.

4.7 Recomendaciones

Todos los materiales para utilizar en cualquier ensayo se deben necesariamente pasar por controles de calidad, los cuales indican las respectivas normativas como la INEN y ASTM para así comprobar las propiedades que poseen y no ser un agente de disturbio en los resultados pretendidos, por motivo a que las propiedades pueden llegar a variar debido al lugar de origen de estas.

Para los ensayos de compresión de las muestras realizados era imprescindible utilizar equipos e instrumento debidamente normados y calibrados conforme dictan las normativas, para así no obtener resultados falsos o incorrectos al ensayar las muestras de mortero. Por eso se debe de contratar o buscar laboratorios que estén certificados.

Se recomienda en otra investigación se pueden realizar distintas variantes y observar como varían los resultados y si se mantiene la tendencia obtenida en esta investigación. Por ejemplo, se puede cambiar la relación agua cemento principal agente en la dosificación de las muestras.

Otro campo posible para evaluar en futuras investigaciones es la relación que existe entre tiempo y dinero para ambos morteros, como ya se comprobó que el cemento blanco tiene una mayor resistencia bajo las mismas condiciones al ser un ensayo pequeño no se logra dimensionar la capacidad en una construcción real y como esto influiría monetariamente.

Bibliografía

- Álvarez, G., Mota, C., Pons, A., & Guerrero, A. (19 de Julio de 2016). *Caracterización del color y la reflectancia solar de un cemento eco-eficiente para revestimiento de fachadas*. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/154270/1/Caracterizaci%c3%b3n0002.pdf>
- Alvarez, J., Martín, A., & García, P. (1995). *Historia de los morteros*. Obtenido de https://d1wqtxtslxzle7.cloudfront.net/58839881/Historiadelosmorteros.pdf?1554816798=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria_de_los_morteros_HISTORIA_DE_LOS.pdf&Expires=1607934354&Signature=Zw9J8HrY4TNopMoEcT9LKaWnA5QIYhf75Y3DdAV7O7~zwF
- Argos. (2020). *Ventajas funcionales y ambientales del cemento blanco*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/cemento/ventajas-funcionales-y-ambientales-del-cemento-blanco>
- Arroyo Cabezas, J. A. (Diciembre de 2010). *Mortero Larga Vida: Diseño y Aplicación*.
- Cassar, L., Pepe, C., Tognon, C. P., Guerrini, G., Cangiano, S., & Goisis, M. (2001). *Cemento blanco para concreto de alto desempeño*. Revista IMYC.
- Cazalla, O. (Enero de 2002). *Morteros de Cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico*.
- CEA. (2008). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de *Tipos de Investigación* : <http://www.ceavirtual.ceuniversidad.com/material/3/metod1/353.pdf>
- Hamad, B. (1995). *Investigations of chemical and physical properties of white cement concrete*. *Advanced Cement Based Materials*, 2. doi:[https://doi.org/10.1016/1065-7355\(95\)90017-9](https://doi.org/10.1016/1065-7355(95)90017-9).
- Holcim. (2007). *Ficha Técnica Cemento Portland GU*. Obtenido de https://www.portaldirecta.com/portaldirecta/ec/CEMENTO_GU_G.pdf
- Holcim. (2015). *Pegado de piezas de mampostería con cemento Holcim*.
- INEN-155. (2009). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de *Cemento Hidráulico. Mezclado Mecánico de Pastas y Morteros de Consistencia Plástica.*: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_155-2.pdf

- López, P. (2004). *POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero, 1*. doi:ISSN 1815-0276
- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación. México* . Obtenido de http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Meyer, V. (1962). *El cemento blanco y el cemento coloreado* .
- Mousalli-Kayat, G. (2015). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa. Creative Commons*.
- Muciaccia, G., Rosati, G., & Di Luzio, G. (2017). *Compressive failure and size effect in plain concrete cylindrical specimens. Construction and Building Materials, 137*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.057>.
- Nielsen, E. P. (2004). *The Durability of white Portland to chemical attack* . Obtenido de *Technical Universitu of Denmark*.
- Patsikas, N., Katsiotis, N., Katsiotis, P., Papageorgiou, D., Chaniotakis, E., & Beazi-Katsioti, M. (2012). *Durability of mortars of white cement against sulfate attack in elevated temperatures. Construction and Building Materials, 36*, 1082-1089. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.050>.
- Polanco, I. A. (2012). *Manual laboratorio de Concreto* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/joseaescalantemedina/manual-de-laboratorio-de-concreto>
- RAE. (14 de Diciembre de 2020). *Real Academia Española. Obtenido de Mortero:* <https://dle.rae.es/mortero>
- RAE. (14 de Diciembre de 2020). *Real Academia Española. Obtenido de Cemento:* <https://dle.rae.es/cemento>
- Rimathé, W. (1959). *El Cemento Portland Blanco*.
- Rubio, J., & Rubio, M. (2005). *Manual de Coordinación de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción. Malaga: Ediciones Díaz de Santos*.
- S.A., K. (2015). *Ficha Técnica del Cemento Blanco. Obtenido de* <https://www.kolormax.com.ar/fichas/ficha-tecnica-cemento-blanco-tolteca.pdf>
- Sanchez, F. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros. Sevilla: Pedro Cid S.A.*

- Sanjuán, M., & Chinchón, S. (2014). Introducción a la Fabricación y Normalización del Cemento Portland. Alicante: Unión de Editoriales Universitarias Españolas.*
- Tamayo, M. (2004). El proceso investigativo científica. México: Limusa S.A.*
- Topličić, G., Grdić, D., Ristić, N., & Grdić, Z. (22 de Abril de 2016). White Cement Concrete as an Element of Sustainable Building. Obtenido de https://www.npao.ni.ac.rs/files/528/NS2016.041_a8661.pdf*
- Tung-Chai, L., Chi-Sun, P., & Shi-Cong, K. (2011). Feasibility of using recycled glass in architectural cement mortars. Cement and Concrete Composites, 33(8). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.05.006>.*
- Ugalde, N., & Balbastre, F. (07 de Octubre de 2013). Investigación cuantitativa e Investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de Investigación. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/12730/11978>*
- Vidaud, E. (2013). De la historia del cemento . Revista CYT.*