



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título de la Tesis

“Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Guillermo Paucar, Michael Cristhian (ORCID: 0000-0002-6586-5334)

Ingaroca Gómez, Rodolfo Julinho (ORCID: 0000-0002-8594-7644)

ASESOR:

Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

De: Guillermo Paucar, Michael Cristhian

De manera especial a mis padres Alejandro G. y Soledad P. por ser el cimiento para la construcción de mi vida profesional, siendo en mi la base de responsabilidad y deseo de superación.

De: Ingaroca Gómez, Julinho

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Rodolfo y Nancy por darme su entera confianza, haberme forjado con buenos valores y ser la persona que soy.

Muchos de mis logros se los debo a ellos en especial esta tesis porque me enseñaron a luchar por lo que me gusta y alcanzar mis sueños.

Agradecimiento

De: Guillermo Paucar, Michael Cristhian

Agradecer a Dios y a mi familia que gracias a ellos estoy donde estoy, por todos sus consejos e inmensa sabiduría. Así mismo agradecer a mi asesor de tesis que con su ayuda pudimos realizar una tesis óptima para nuestra exposición.

De: Ingaroca Gómez, Julinho

Empezar dando gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia. Gracias a mi familia por estar siempre presente. En esta vida nada es sencillo, pero gracias a sus aportes, afectos y a su inmensa bondad, lo complicado se pudo superar. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Ingaroca Gómez, Julinho (Tesis 1) Identificado con D.N.I. 71477665 y Guillermo Paucar, Michael Cristhian (Tesis 2) Identificado con D.N.I. 76051609, alumnos del X ciclo de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, autores de la Tesis titulada:

“Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.”

DECLARO QUE

El tema de tesis es auténtico, siendo resultado de nuestro trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

En este sentido, somos conscientes de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Lima, 20 de Noviembre de 2020

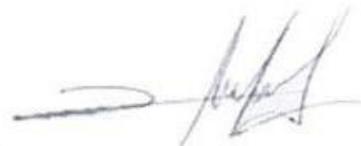


Ingaroca Gómez, Julinho

DNI 71477665



Huella digital



Guillermo Paucar, Michael Cristhian

DNI 76051609



Huella digital

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad	iv
Índice de contenido	v
Índice de tablas	vi
Índice de figura	x
Índice de abreviaturas	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variable y Operacionalización	16
3.3. Población, muestra y muestreo	17
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	18
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de análisis de datos	34
3.7. Aspecto ético	34
IV. RESULTADOS	35
V. DISCUSIÓN	102
VI. CONCLUSIONES	104
VII. RECOMENDACIONES	107
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	108
ANEXO	

Índice de tablas

Tabla 1: Investigación de Grijalva y Laines.	4
Tabla 2: Resumen de Granja E.	5
Tabla 3: Resistencia a compresión con incrustación de piedras luminiscentes.	10
Tabla 4: Resumen de antecedentes.	11
Tabla 5: Resumen de datos de antecedentes.	12
Tabla 6: Composición del Aluminato de estroncio.	14
Tabla 7: Cuadro de muestras.	18
Tabla 8: Resumen de normas.	19
Tabla 9: Porcentajes admisibles del agregado que pasa, agregado fino.	21
Tabla 10: Módulo de finura ideal y tolerable, del agregado fino.	21
Tabla 11: Requerimientos de la pintura base agua.	25
Tabla 12: Hoja técnica de cemento blanco Huascarán – Comacsa.	35
Tabla 13: Ficha de datos de seguridad de materiales.	36
Tabla 14: Granulometría del agregado fino.	37
Tabla 15: Módulo de finura del agregado fino.	38
Tabla 16: Contenido de humedad del agregado fino.	39
Tabla 17: Contenido de humedad del aluminato de estroncio.	39
Tabla 18: Peso específico y absorción del agregado fino.	41
Tabla 19: Peso específico y absorción del aluminato de estroncio.	41
Tabla 20: Peso específico del cemento blanco.	42
Tabla 21: Volumen del molde.	42
Tabla 22: Peso específico suelto del agregado fino.	42
Tabla 23: Peso específico compactado del agregado fino.	43
Tabla 24: Fluidez del mortero para diversas estructuras y condiciones.	44
Tabla 25: Diferentes consistencias del mortero.	44
Tabla 26: Consistencia normal para cálculo de relación de agua-cemento.	45
Tabla 27: Valores de b para distintas consistencias y módulos de fineza.	45
Tabla 28: Dosificación de mortero para 1m ³ .	46
Tabla 29: Corrección de la dosificación patrón.	47
Tabla 30: Dosificación de mortero con 30% de A.E. en relación al peso del A.F.	47
Tabla 31: Dosificación de mortero con 40% de A.E. en relación al peso del A.F.	48
Tabla 32: Tabla de moldaje de probetas.	49

Tabla 33: Resistencia a compresión de mortero patrón a 3 días.	49
Tabla 34: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 3 días.	50
Tabla 35: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 3 días.	50
Tabla 36: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 3 días.	50
Tabla 37: Resistencia a compresión de mortero patrón a 7 días.	51
Tabla 38: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 7 días.	51
Tabla 39: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 7 días.	52
Tabla 40: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 7 días.	52
Tabla 41: Resistencia a compresión de mortero patrón a 28 días.	53
Tabla 42: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.	54
Tabla 43: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.	54
Tabla 44: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.	55
Tabla 45: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 3 días.	56
Tabla 46: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 3 días.	56
Tabla 47: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 3 días.	56
Tabla 48: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo del mortero a 3 días.	57
Tabla 49: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 7 días.	57
Tabla 50: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 7 días.	58
Tabla 51: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 7 días.	58
Tabla 52: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 7 días.	58
Tabla 53: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 28 días.	59
Tabla 54: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 28 días.	59
Tabla 55: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 28 días.	60
Tabla 56: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 28 días.	60
Tabla 57: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 3 días.	61
Tabla 58: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 3 días.	61
Tabla 59: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 3 días.	62
Tabla 60: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 3 días.	62
Tabla 61: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 7 días.	63
Tabla 62: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 7 días.	63
Tabla 63: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 7 días.	63
Tabla 64: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 7 días.	64
Tabla 65: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 28 días.	64

Tabla 66: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 28 días.	65
Tabla 67: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 28 días.	65
Tabla 68: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 28 días.	65
Tabla 69: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 3 días.	66
Tabla 70: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 7 días.	67
Tabla 71: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.	68
Tabla 72: Resistencia a flexión de mortero patrón a 3 días.	72
Tabla 73: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 3 días	72
Tabla 74: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 3 días.	73
Tabla 75: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 3 días.	73
Tabla 76: Resistencia a flexión de mortero patrón a 7 días.	74
Tabla 77: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 7 días.	74
Tabla 78: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 7 días.	75
Tabla 79: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 7 días	75
Tabla 80: Resistencia a flexión de mortero patrón a 28 días.	76
Tabla 81: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.	76
Tabla 82: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.	77
Tabla 83: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 28 días.	77
Tabla 84: Resumen de resistencia a flexión a 3, 7 y 28 días.	78
Tabla 85: Resistencia a la abrasión de mortero patrón a 28 días.	82
Tabla 86: Resistencia a la abrasión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.	82
Tabla 87: Resistencia a la abrasión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.	82
Tabla 88: Resumen de resistencia a la abrasión de mortero a 28 días.	83
Tabla 89: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 20 min.	87
Tabla 90: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 40 min.	88
Tabla 91: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 60 min.	89
Tabla 92: Iluminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 20 min.	90
Tabla 93: Iluminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 40 min.	91
Tabla 94: Iluminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 60 min.	92
Tabla 95: Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 20 min.	93
Tabla 96: Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 40 min.	94
Tabla 97: Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 60 min.	95
Tabla 98: Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 20 min.	96

Tabla 99: Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 40 min.	97
Tabla 100: Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 60 min.	98

Índice de figura

Figura 1: Curva de resistencia a compresión Grijalva y Laines	4
Figura 2: Curva de resistencia a compresión Granja E.	5
Figura 3: Evolución del tamaño de la partícula y distribución del A.E	6
Figura 4: Hormigón con pigmento calcantita	7
Figura 5: Hormigón con pigmento de remolacha	7
Figura 6: Hormigón de cemento blanco con pigmento calcantita y remolacha	8
Figura 7: Resistencia del concreto con colorante mineral	9
Figura 8: Luminancia de acuerdo al tiempo de carga	10
Figura 9: Ubicación de la viga para el ensayo a flexión.	29
Figura 10: Luminancia.	31
Figura 11: Intensidad luminosa	32
Figura 12: Diagrama de flujo de los procesos.	33
Figura 13: Agregado de la cantera trapiche.	37
Figura 14: Requisitos de porcentaje que pasa.	38
Figura 15: Verificación de saturado superficialmente secó de A.F y A.E.	40
Figura 16: Correspondencia del a/c en relación a $F'c$ y M.F.	43
Figura 17: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 3 días.	51
Figura 18: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 7 días.	53
Figura 19: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.	55
Figura 20: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo del mortero a 3 días.	57
Figura 21: Resistencia ciclo de hielo y deshielo de mortero a los 7 días.	59
Figura 22: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 28 días.	60
Figura 23: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 3 días.	62
Figura 24: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 7 días.	64
Figura 25: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 28 días.	66
Figura 26: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 3 días.	67
Figura 27: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 7 días.	68
Figura 28: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.	69
Figura 29: Estadística descriptiva de Ha1-resistencia a compresión.	70
Figura 30: Prueba de hipótesis Ha1-resistencia a compresión.	70
Figura 31: T de Student para resistencia a compresión.	71
Figura 32: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 3 días.	73

Figura 33: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 7 días.	75
Figura 34: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 28 días.	77
Figura 35: Resumen de resistencia a flexión a 3, 7 y 28 días.	78
Figura 36: Estadística descriptiva de Ha1-resistencia a flexión.	80
Figura 37: Prueba de hipótesis Ha1-resistencia a flexión.	80
Figura 38: T de Student para resistencia a flexión.	81
Figura 39: Resumen de resistencia a la abrasión de mortero a 28 días.	83
Figura 40: Estadística descriptiva de Ha1-resistencia a la abrasión.	84
Figura 41: Prueba de hipótesis Ha1-resistencia a la abrasión.	85
Figura 42: T de Student para resistencia a la abrasión.	85
Figura 43: Estadística descriptiva de Ha2-luminancia con 30% de A.E.	100
Figura 44: Prueba de hipótesis Ha1- luminancia con 30% de A.E.	100
Figura 45: T de Student para luminancia.	100

Índice de abreviaturas

- A.E.: Aluminato de estroncio, 4
- A.F.: Agregado fino, 17
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation, xiii
- ACI: American Concrete Institute, 5
- ASTM: American Society for Testing and Materials, 8
- EN: Norma Europea, 16
- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización, xiii
- INV: Instituto Nacional de Vía, 25
- M.F.: Módulo de Finura, 4
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, xiii
- NTC: Normas Técnica Colombiana, 37
- NTE: Normas Técnica Ecuatoriana, xiii
- NTG: Normas Técnica Guatemalteca Normas Técnica Guatemalteca, 16
- NTP: Norma Técnica Peruana, 8
- PCA: Portland Cement Association, xiii
- UNE: Asociación Española de Normalización, 9
- USP: United States Pharmacopeia, 26
- UV: Ultra Violeta, 29

Resumen

La necesidad e iniciativa de la investigación surge de la falta de nuevas tecnologías para prolongar el tiempo de vida de las señalizaciones manteniendo la luminancia, es por ello que la presente investigación tiene como objetivo analizar la durabilidad y luminancia de un mortero con adición de aluminato de estroncio para señalizaciones. Para ello se estudió sus propiedades físicas de los agregados y propiedades mecánicas del mortero endurecido en el laboratorio de suelos, concreto y asfalto WRC INGEO S.A.C. Donde se desarrolló el diseño del mortero de 280kg/cm^2 con 0%, 30% y 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino de acuerdo al libro de Tecnología del concreto y del mortero de Diego, S., elaborando un total de 171 probetas entre cubos, vigas y losetas, las cuales serán ensayadas a resistencia a compresión, flexión, abrasión y luminancia a una edad de 3, 7 y 28 días de estar sometidas a curado normal, ciclo de hielo-deshielo o solución de sulfato de magnesio como se observa en la Tabla 7.

Desarrollado las probetas y cumpliendo el periodo de curado se ensayó la probeta cubicas a compresión observando así su pérdida de resistencia al adicionar mayor aluminato de estroncio, obteniendo una resistencia de 283.95kg/cm^2 del mortero patrón en curado normal y perdiendo en el caso critico 23.94% (215.96kg/cm^2) de resistencia al adicionar 40% y curar en solución de sulfato de magnesio. Seguido se ensayó a flexión las vigas obteniendo un módulo de ruptura de 198.13 kg/cm^2 para el mortero patrón en curado normal y perdiendo en el caso más crítico 19.95% (158.59kg/cm^2) al adicionar 40% de aluminato y curarlo normal. Seguido se ensayó a abrasión los cubos obteniendo una pérdida de volumen del mortero patrón del 2151.27m^3 equivalente a 0.63% y en el caso más crítico se pierde un volumen de 4422.89m^3 equivalente a 1.29% al adicionar un 40%. Finalmente se ensaya la luminancia exponiendo la loseta a una luz artificial por 20, 40 y 60 minutos obteniendo para el 30% una luminancia natural de 0.96 cd/m^2 y del 40% una luminancia del 1.05 cd/m^2 . De los resultados más críticos se concluyó que la adición de 30% y 40% de aluminato de estroncio es aplicable para señalizaciones debido a que cumple con los parámetros mínimos y máximos de la AASHTO 93, PCA 84 NTE, INEN 3040, MTC – Especificaciones técnicas de pintura para obras viales.

Palabras clave: Aluminato de estroncio, fotoluminiscente, luminancia, durabilidad.

Abstract

The need and initiative for research arises from the lack of new technologies to extend the life of the signs while maintaining the luminance, which is why this research aims to analyze the durability and luminance of a mortar with added strontium aluminate for signs. For this purpose, the physical properties of the aggregates and the mechanical properties of the hardened mortar are studied in the WRC INGENIO S.A.C. soil, concrete and asphalt laboratory. Where the design of the 280kg/cm² mortar was developed with 0%, 30% and 40% of strontium aluminate in relation to the weight of the fine aggregate according to the book of Concrete and Mortar Technology by Diego, S., elaborating a total of 171 test pieces among cubes, beams and tiles, which will be tested to resistance to compression, flexion, abrasion and luminance at an age of 3, 7 and 28 days after being submitted to normal curing, freeze-thaw cycle or magnesium sulfate solution as shown in Table 7.

Once the test tubes were developed and the curing period was completed, the cubic compression test tube was tested, observing its resistance loss when more strontium aluminate was added, obtaining a resistance of 283.95kg/cm² of the standard mortar in normal curing and losing in the critical case 23.94% (215.96kg/cm²) of resistance when 40% was added and cured in magnesium sulfate solution. The beams were then tested in bending, obtaining a modulus of rupture of 198.13 kg/cm² for the standard mortar in normal curing and losing in the most critical case 19.95% (158.59kg/cm²) when adding 40% of aluminum and curing it normally. The cubes were then tested by abrasion, obtaining a loss of volume of the standard mortar of 2151.27m³ equivalent to 0.63%, and in the most critical case, a loss of volume of 4422.89m³ equivalent to 1.29% when adding 40%. Finally, the luminance is tested by exposing the tile to artificial light for 20, 40 and 60 minutes, obtaining for 30% a natural luminance of 0.96 cd/m² and 40% a luminance of 1.05 cd/m². From the most critical results, it was concluded that the addition of 30% and 40% strontium aluminate is applicable for signage because it complies with the minimum and maximum parameters of AASHTO 93, PCA 84 NTE, INEN 3040, MTC - Technical Specifications for Road Construction Painting.

Keywords: Strontium aluminum, photoluminescent, luminance, durability.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las propiedades que cuenta el aluminato de estroncio es la luminosidad y luminancia, cuya característica es fundamental para una buena visualización en señalizaciones, por lo cual se le propone implementar a la dosificación del mortero. La problemática vendría a ser el desgaste de las señalizaciones por la falta de mantenimiento continuo lo que ocasiona opacidad. A nivel internacional el cementante derivado de la piedra caliza es fundamental en la construcción debido a la resistencia y propiedades estéticas. El conglomerante cementante proporciona una mayor resistencia ante la exposición ambiental de un mortero o concreto, además puede ser fabricado en cualquier parte del mundo y en la actualidad este es insustituible (Ceballos, 2016, p.2).

A nivel nacional según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones el material más utilizado para señalizaciones es la pintura para demarcación como base agua y base solvente, de poco o alto espesor, la cual cuenta con una adición de pigmento para así obtener visibilidad, además llega a tener un tiempo de vida útil entre 1 y 5 años. Es por ello que se propone la innovación de un mortero que cuente con la adición de aluminato de estroncio y cemento blanco (Portland Tipo I) a fin de obtener una mejor eficiencia en cuanto a la luminancia y durabilidad (Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales, 2013, p. 5).

Para Grijalva y Laines (2016, p.108), el 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del cemento blanco y utilizando agregado fino blanco producto de la trituración de piedras es la proporción óptima, ya que al disminuir la proporción el aluminato de estroncio no cubre todas las partículas de los agregados, por lo contrario de adicionar en mayor proporción existe un exceso de en vano de partículas no acreditando mayor luminancia, sino mayores costos. Por ello para su implementación a nivel nacional se plantea utilizar un 30% y 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino debido a que no se cuenta con un agregado fino blanco para su elaboración.

Al usar esta tecnología tenemos morteros auto recargables en el día, formando parte del entorno natural y con mayor luminosidad durante la noche, con 100% de confiabilidad debido a que no emplea energía eléctrica, sino que reacciona a una

radiación electro-magnética con la luz ambiental o luz ultra violeta, además de tener diferentes utilidades en señalizaciones para uso de hospitales, escuelas, oficinas, carreteras u obras viales, etc. Manteniendo una durabilidad mayor a los 100 años (Rubio, 2015, p.1).

Formulación del problema

Se aborda la siguiente formulación del problema general ¿Cómo influye la adición del aluminato de estroncio en la durabilidad y luminancia de un mortero para señalizaciones? Así mismo, se cuenta con los problemas específicos que permiten desglosar el problema general ¿Cuánto es la durabilidad al grado de exposición que tiene un mortero al adicionar aluminato de estroncio para señalizaciones? y ¿Cuánto es la luminancia que tiene un mortero al adicionar aluminato de estroncio para señalizaciones?

Justificación del estudio

Lo que se plantea estudiar es la luminancia y durabilidad de un mortero que cuente con la adición de aluminato de estroncio. El problema principal es la falta de luminancia en señalizaciones, es por ello que la implementación de un mortero con propiedades luminiscentes sirve para brindar un mejor servicio dando una mejor visualización de las señalizaciones, como también aportar mayor tiempo de vida útil, siendo así beneficiarios los conductores, peatones y entidades públicas, las cuales contarán con correcto tránsito y reducción de los índices de accidentes por falta de luminosidad en las señalizaciones, además de aportar a las entidades públicas con su reducción de costos por mantenimiento. Al usar este material se reducirá el deterioro de las señalizaciones provocadas por el desgaste del circulamiento peatonal y vehicular, además de reducir los costos futuros por mantenimiento, sin embargo, esto ayudará a la ampliación de conocimiento del mortero con la adición de materiales luminiscentes.

Objetivos

Se plantea desarrollar como objetivo general el analizar la durabilidad y luminancia de un mortero con adición de aluminato de estroncio para señalizaciones. Así mismo, se pretende desglosar el objetivo general en objetivos específicos como: Determinar la durabilidad al grado de exposición que tiene un mortero para

señalizaciones adicionando aluminato de estroncio y calcular la luminancia que tiene un mortero para señalizaciones al adicionar aluminato de estroncio.

Hipótesis

Al consultar referencias bibliográficas y comparar resultados llegamos a proponer la hipótesis general de que la adición de aluminato de estroncio al mortero cumplirá la normatividad de durabilidad y luminancia para señalizaciones. Así mismo, se plantea como hipótesis específicas: La durabilidad al grado de exposición de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio y la luminancia de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

II. MARCO TEÓRICO

Trabajos previos

En Ecuador – Quito se implementó un mortero normalizado que puede ser utilizado para acabados enlucidos. Además de este poseer un adecuado acabado ornamental y funcional como las señalizaciones de evacuación; su objetivo es realizar el mismo mortero patrón, pero utilizando un cementante blanco y agregado fino blanco producto de la trituración de piedras. La implementación de este mortero fotoluminiscente no necesita reparos económicos por mantenimiento continuo y propiedades de iluminación. La metodología utilizada fue aplicar el mortero como una baldosa habitual ajustado a la necesidad de señalizaciones. Así mismo se sometió a ensayos para medir su luminosidad y resistencia a compresión del cual se llegó a la conclusión que la proporción adecuada es el 30% del cemento considerando distribución de luminosidad óptima y bajo costo, como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1 (Grijalva y Laines, 2016, p. 86).

Tabla 1: *Investigación de Grijalva y Laines.*

Diseño de morteros fotoluminiscentes aplicados de forma ornamental y señalización en caso de emergencia para edificaciones.								
Aluminato de estroncio	Grijalva y Laines	Probeta	F'c:	280 (kg/cm ²)	A.E.:	30% de C	M.F.:	2.7
			Resistencia a compresión en kg/cm ²					
			7 d.	14 d.	21 d.	28 d.		
		CUBO1	277.2	334.3	342.2	-		
		CUBO2	303.7	338.5	361.1	-		
CUBO3	288.4	340.5	371.4	-				
Promedio	289.8	337.8	358.2	377.1				

Fuente: Grijalva y Laines, 2016.



Figura 1: Curva de resistencia a compresión Grijalva y Laines

Fuente: Grijalva y Laines, 2016.

En Ecuador-Quito se desarrolló un hormigón fluorescente para su implementación como señalización en vías terrestres interprovinciales, teniendo como objetivo logra a través de la adición del pigmento en polvos que cuente con propiedades de fluorescencia la mezcla de los áridos, antes de agregar el cementante portland tipo I y el agua en las dosificaciones calculadas en base al método ACI 211.1. La metodología del hormigón con propiedades fluorescentes se obtendrá con siete porcentajes diferentes de pigmento que no afecte a su resistencia a compresión, para ello se realizará cilindros de hormigón. La técnica aplicada es la observación directa obtenida por los ensayos a compresión y luminosidad desarrollados en el laboratorio. Se concluyó que el pigmento afecta la resistencia debido a que actúa dentro del hormigón como impureza y sin brindar luminosidad requerida, pero su utilidad al contar con un promedio de 90g de pigmento orgánico se puede utilizar de forma ornamental, como se observa en la Tabla 2 y Figura 2 (Granja, 2014, p.20).

Tabla 2: Resumen de Granja E.

Diseño de un Hormigón Fluorescente para la señalización de vías terrestres.								
Pigmento orgánico	Granja e.	PROBETA	F'c:	180 (kg/cm ²)		Pigmento:	12.3g	
			Resistencia a compresión (kg/cm ²)					
			7 d.		14 d.		28 d.	
		ENSAYO 1	88	100	115	124	137	140
ENSAYO 2	89	100	117	126	140	143		
ENSAYO 3	88	98	116	123	139	141		
Promedio	88	99	116	124	139	141		

Fuente: Granja E, 2014.

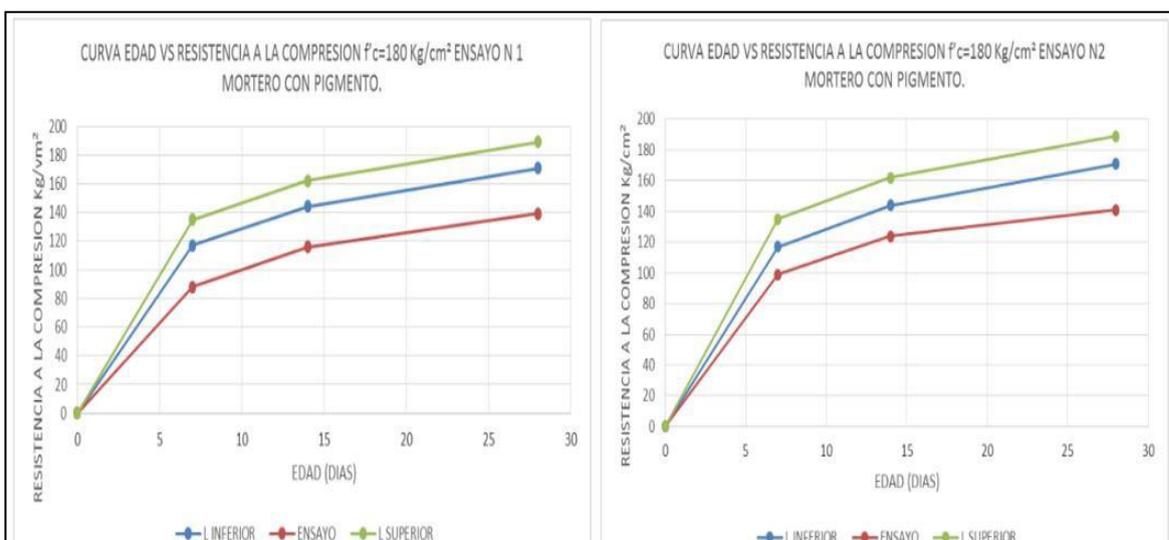


Figura 2: Curva de resistencia a compresión Granja E.

Fuente: Granja E, 2014.

En España- Madrid se tuvo como objetivo desarrollar nuevas estrategias que sean solventes a las limitaciones y por lo cual utiliza la metodología del síntesis de las recientes aplicaciones del material de aluminato de estroncio y las limitaciones del estado de la técnica con el fin de disminuir propiedades de exposición a temperaturas variables y tiempo de los tratamientos térmicos posteriores, esto analizando las composiciones químicas del aluminato de estroncio del cual se concluyó que la fotoluminiscencia es constante si el tamizado de cristalinos se mantiene a pesar de la baja proporción de partículas en el proceso de moliendas como se observa en la Figura 3 (Rojas, 2015, p. 93).

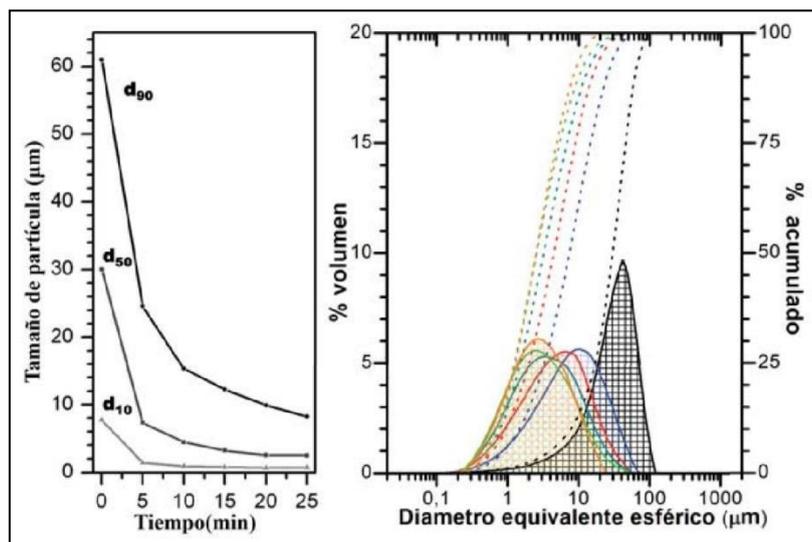


Figura 3: Evolución del tamaño de la partícula y distribución del A.E

Fuente: Rojas, 2015.

En Ecuador- Ambato se implementó un hormigón pigmentado para su aplicación en el rubro de la construcción, teniendo como objetivo analizar la propiedad mecánica de las probetas con hormigón patrón especificada en la NTE, INEN y comparándola con un concreto que cuente con adición de pigmento vegetal, a fin de obtener un $F'c=240\text{Kg/cm}$. Este estudio experimenta la reacción de los pigmentos naturales en hormigón en estado fresco (homogeneidad, trabajabilidad, densidad y consistencia), ellos en su investigación utilizan como pigmento natural vegetal la remolacha y como pigmento natural mineral la calcantita. La metodología fue diseñar las dosificaciones con hormigón de cemento gris y variando las proporciones de pigmento natural mineral (calcantita) en 4%, 7% y 10% dependiendo del peso del cemento como se muestra en la Figura 4 y comparándola con un concreto usando cemento blanco con un 10% del pigmento de calcantita de

acuerdo al peso del cemento como se observa en la Figura 6, así mismo para la siguiente dosificación se utilizó cemento gris y una variación de 15%, 30% y 45% del pigmento de remolacha la cual se muestra en la Figura 5 y su acotejo con un hormigón con cemento blanco con 30% de pigmento de remolacha la cual se observa en la Figura 6, seguido usaron una dosificación con 7% de pigmento sintético con relación al peso del cemento, usando esta vez cemento gris. Desarrollando así según las especificaciones de la norma INEN 1576, un total de 93 probetas cilíndricas, que dio como conclusión que el pigmento calcantita y pigmento remolacha no altera las propiedades del hormigón. (Quijije, 2017, p. 62).

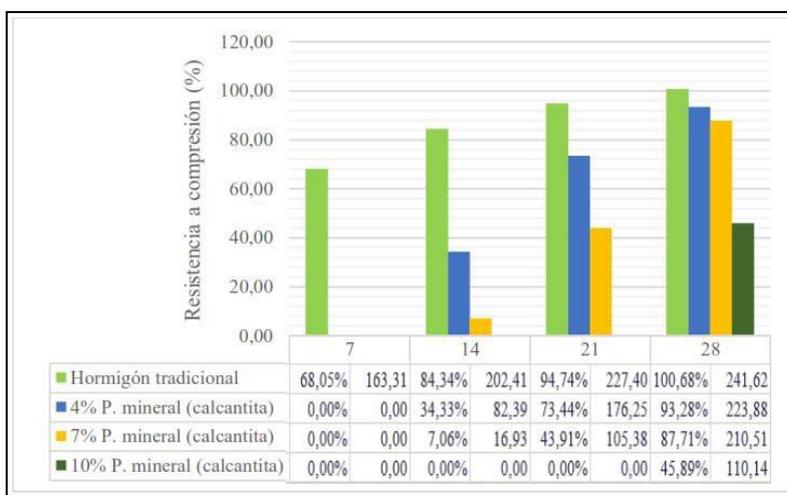


Figura 4: Hormigón con pigmento calcantita

Fuente: Quijije, 2017.

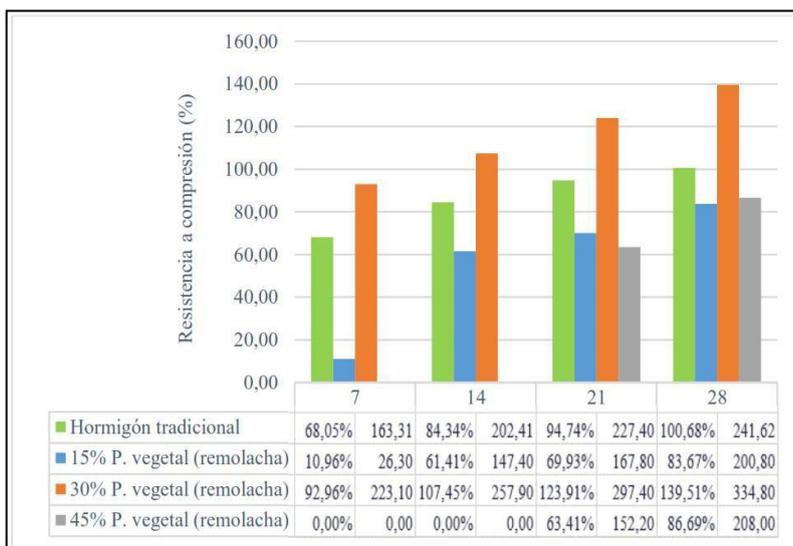


Figura 5: Hormigón con pigmento de remolacha

Fuente: Quijije, 2017.

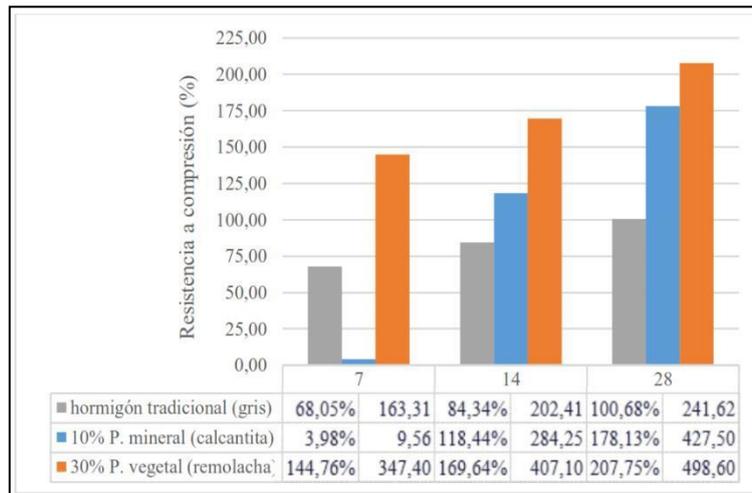


Figura 6: Hormigón de cemento blanco con pigmento calcantita y remolacha

Fuente: Quijije, 2017.

En Trujillo se planteó objetivo determinar la influencia de un pigmento colorantes de origen mineral en un concreto destinado a pavimentos rígidos, utilizando como referencia los métodos de ensayo según la norma ASTM C39/C39M - 18 para obtener su resistencia a compresión de las probetas cilíndricas y NTP 339.078-2012 para determinar su resistencia a flexión, obtenido las propiedades físicas se desarrolló la muestra en base a un concreto con $F'c$: 175 Kg/cm², seguido se realizó 5 probetas de (4" x 8") patrón, luego 15 probetas con adición de pigmento color amarillo, rojo y azul con una concentración de 3 %; 4 % y 5%. Para el módulo de rotura se preparó 5 muestras de cono de (6" x 6") sin la adición de pigmento y 15 conos con una concentración de 3 %; 4 % y 5 % aplicándole el pigmento amarillo, rojo y azul. Como resultado la resistencia a compresión del concreto aumenta en 86% para contenidos del 4% de colorante mineral como se muestra en la Figura 7 se obtuvo que el módulo de rotura disminuye 8% para contenidos de 3% colorante mineral. (Aburto y Ortiz 2019, p. 45).

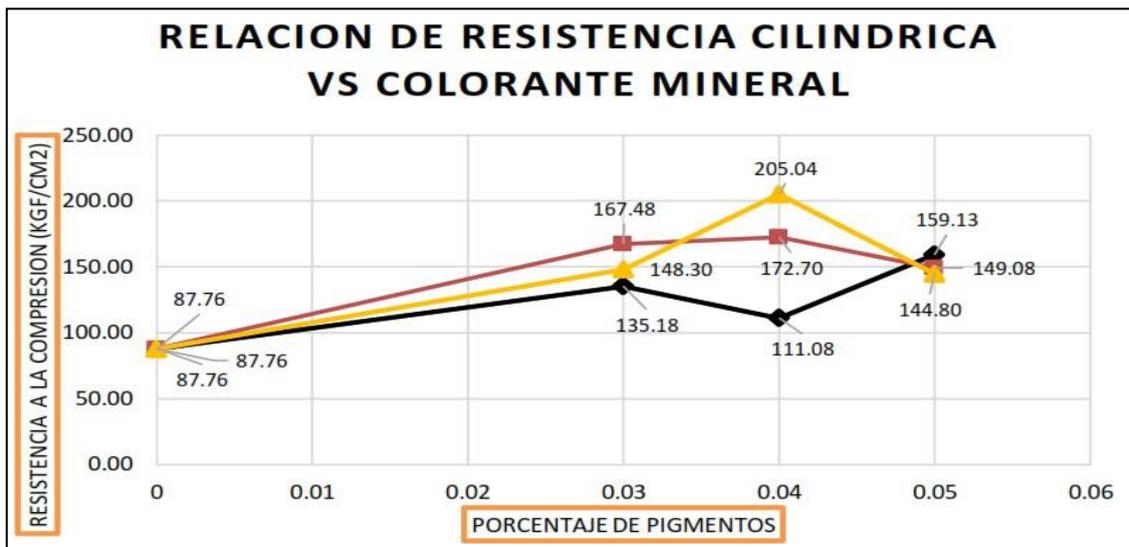


Figura 7: Resistencia del concreto con colorante mineral

Fuente: Ortiz D. y Aburto, 2019.

En Trujillo se planteó como objetivo analizar la iluminación que proporciona las piedras con propiedades fotoluminiscentes al ser incluidas en el concreto patrón y así ver cómo afecta en su propiedad mecánica, para ello se desarrollaron probetas convencionales y probetas con adición de piedras fotoluminiscentes en la capa superficial del concreto. Se realizarán los ensayos en base a las consideraciones recomendadas por el MTC, NTP, UNE y ACI, De los resultados obtenidos se afirma que la propiedad de luminosidad de las piedras fotoluminiscentes por el tiempo no se ven afectadas ante su exposición. Al desarrollar las pruebas de resistencia a compresión se obtiene que las probetas cuentan con 330.31 ± 6.96 kgf/cm², sin embargo, al adicionar estas piedras alcanza una resistencia a compresión de 331.85 ± 4.77 kgf/cm² como se observa en la Tabla 3. Así mismo desarrollaron pruebas de resistencia a flexión para la probeta patrón se obtiene 45.78 ± 2.06 kgf/cm², mientras que al adicionar piedras fotoluminiscentes cuenta con 45.85 ± 1.53 kgf/cm², lo que demuestra que la adición de las piedras fotoluminiscentes no infiere en las propiedades mecánicas. Además, la iluminación medida a la altura de 15 cm es igual a 5.08 ± 0.19 lux y 40 cm es igual a 4.32 ± 0.19 lux como se muestra en la Figura 8. Para desarrollar los ensayos de iluminación se ha considerado lo señalado por la Norma Española, realizando así siete ensayos de iluminación como luz ultravioleta y tiempo de descarga de las piedras fotoluminiscente. Lo cual señala que el concreto fotoluminiscente del presente trabajo cumple con 10 minutos de

iluminación como indica la UNE 23035 y 8 horas de tiempo de descarga. (Medina y Moreno, 2018, p. 190).

Tabla 3: Resistencia a compresión con incrustación de piedras luminiscentes.

Diseño de un Hormigón Fluorescente para la señalización de vías terrestres.						
Piedras fotoluminiscentes	Medina y moreno	Probeta	Media	95% de confianza (mínimo)	95% de confianza (máximo)	Varia
		Patrón	330.31	313.02	347.6	46.45
		Con 0.152 kgf/cm ²	329.23	314.89	343.57	33.33
		Con 0.765 kgf/cm ²	331.85	319.99	343.71	22.8
		Con 0.905 kgf/cm ²	333.43	322.24	344.61	20.28

Fuente: Medina y Moreno, 2018.

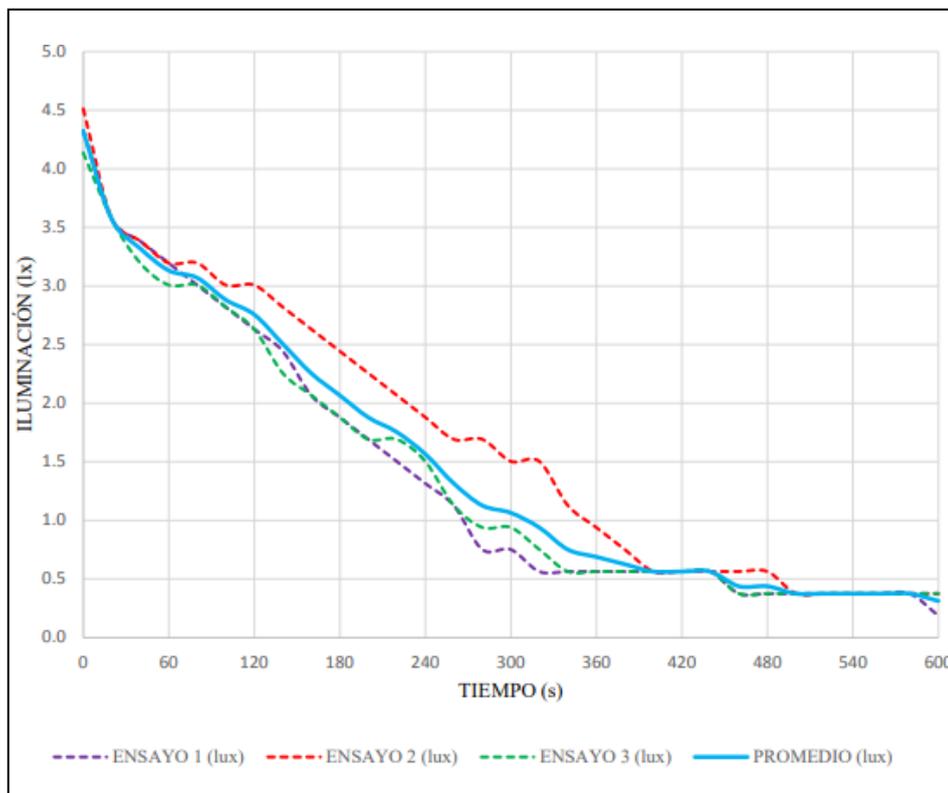


Figura 8: Luminancia de acuerdo al tiempo de carga

Fuente: Medina y Moreno, 2018.

Tabla 4: *Resumen de antecedentes.*

N°	Tesis o Artículos científicos	Titulo	Autores	Lugar	Tiempo	Agregado fotoluminiscente
1	Tesis	Diseño de morteros fotoluminiscentes aplicando de forma ornamental y señalizaciones en caso de emergencia para edificaciones	Grijalva y Laines	Ecuador -Quito	29/11/16	Pigmento de aluminato de estroncio verde color
2	Tesis	Diseño de un hormigón fluorescente para la señalización de vías terrestres	Granja E.	Ecuador -Quito	Oct-14	Pigmento fluorescente orgánico
3	Tesis	Diseño y síntesis de materiales nanoestructurados basados en aluminatos de estroncio con propiedades fotoluminiscentes	Rojas E.	España-Madrid	2015	Aluminato de estroncio
4	Tesis	Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre hormigón con pigmento natural	Quijije M.	Ecuador -Abanto	2017	Pigmento mineral (calcantita) y pigmento vegetal (remolacha)
5	Tesis	Influencia en el módulo de rotura del concreto usado en pavimentos rígidos con el uso de aditivos colorantes de origen mineral	Ortiz y Aburto.	Perú-Trujillo	2019	Colorante de origen mineral
6	Tesis	Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo-2018.	Medina y Moreno.	Perú-Trujillo	2018	Piedras fotoluminiscentes

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 5: Resumen de datos de antecedentes.

Morteros	Diseño de morteros fotoluminiscentes aplicados de forma ornamental y señalización en caso de emergencia para edificaciones.								
	Aluminato de estroncio	Grijalva	Probeta	F'c:	280 (kg/cm ²)	A.E.:	30% de cemento.	M.F.:	2.7
				Resistencia a compresión (kg/cm ²)					
			7 d.	14 d.	21 d.	28 d.			
			Promedio	289.8	337.8	358.2	377.1		
	Diseño de un hormigón fluorescente para la señalización de vías terrestres.								
	Pigmento orgánico	Granja e.	Probeta	F'c:	180 (kg/cm ²)	Pigment:	12.3g		
				Resistencia a compresión (kg/cm ²)					
			7 d.	14 d.	28 d.				
			Promedio	88	99	116	124	139	141
Concreto	Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre hormigón tradicional y el hormigón con pigmento naturales								
	Pigmento mineral calcantita	Quijije e.	Probeta	F'c:	240 (kg/cm ²)	Pigment:	4, 7 y 10%		
				Resistencia a compresión (%)					
			14 d.	21 d.	28 d.				
			Ensayo 1 (4%)	34.33	73.44	93.28			
			Ensayo 2 (7%)	7.06	43.91	87.71			
	Ensayo 3 (10%)	-	-	45.89					
	Pigmento vegetal remolacha	Quijije e.	Probeta	F'c:	240 (kg/cm ²)	Pigment:	4, 7 y 10%		
				Resistencia a compresión (%)					
			7 d.	14 d.	21 d.	28 d.			
			Ensayo 1 (15%)	10.96	61.41	69.93	83.67		
			Ensayo 2 (30%)	92.96	107.45	123.91	139.51		
	Ensayo 3 (45%)	-	-	63.41	86.69				
	Influencia den el módulo de rotura del concreto usa en pavimento rígido con el uso de aditivos colorantes de origen mineral								
	Pigmento mineral calcantita	Aburto y Ortiz	Probeta	F'c:	175 (kg/cm ²)	Pigment:	3, 4 y 5%		
				Resistencia a compresión (%)					
28 d.									
Pigmento amarillo (3%)			148.3						
Pigmento amarillo (4%)			205.04						
Pigmento amarillo (5%)			144.8						
Pigmento rojo (3%)			167.48						
Pigmento rojo (4%)			172.7						
Pigmento rojo (5%)			149.08						
Pigmento negro (3%)			135.18						
Pigmento negro (4%)	111.08								
Pigmento negro (5%)	159.13								
Influencia den el módulo de rotura del concreto usa en pavimento rígido con el uso de aditivos colorantes de origen mineral									
Pigmento mineral calcantita	Medina y Moreno.	Probeta	F'c:	280 (kg/cm ²)	Piedra:	fotoluminiscente			
			Resistencia a compresión (%)						
		28 d.							
		0.152kg/cm ²	329.23						
		0.765kg/cm ²	331.85						
0.905kg/cm ²	333.43								

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Del resumen de antecedentes que se observa en la Tabla 4 y Tabla 5 se ve la escasa información acerca del estudio del aluminato de estroncio y su implementación en el mortero, relacionando más el proyecto con lo desarrollado por Grijalva y Laines en cuanto a resistencia a compresión. Así mismo se cuenta con Medina y Moreno los cuales analizan la iluminancia de un material fotoluminiscente.

Teorías relacionadas al tema

La propiedad física de los materiales luminiscentes es emitir luz al estar expuesto a una fuente de excitación. Existe una diversidad de estos en relación a su origen de luminiscencia, pudiendo así clasificarse como químico-luminiscente, electroluminiscente, termoluminiscente, radioluminiscente, fotoluminiscente y mecano luminiscente. (Rojas, 2015, p.2).

El proceso de la fotoluminiscencia es la absorción de energía durante la estimulación electrónica en un estado energético superior que esta denominado como un estado de excitación, consecuentemente cuando el electrón cae del estado de excitación a un estado energético inferior provoca la emisión de luz. La energía de excitación es obtenida en radiación electromagnética generalmente supera a la energía que se emite. Además, según la mecánica cuántica para que las transiciones electrónicas ocurran el estado inicial y final debe presentar una disposición nuclear similar y que su solapamiento entre funciones sea positivo. (Rojas, 2015, p.5).

Por ello se utilizará el aluminato de estroncio que es un fosforo perteneciente al grupo de material con propiedades fotoluminiscentes. Así mismo se distingue por dos clasificaciones diferentes como es el luminiscente semiconductor y aislante, que sirve para definir y caracterizar el mecanismo de luminiscencia diferente en cada caso. La luminiscencia de los luminiscentes semiconductores ocurre debido a las transiciones electrónicas desde la banda de conducción hasta la banda de valencia, a diferencia de la luminiscencia de los materiales aislantes, esta retenida a través de la transición que ocurre de banda a banda. Así mismo, esta emisión se lleva a cabo por medio de mecanismos de fosforescencia o fluorescencia que prolonga la persistencia de la luminosidad, emitiendo luz una vez ha cesado la excitación. (Rojas, 2015, p.4).

La fosforescencia se da cuando un electrón es excitado mediante la exposición a una luz, el cual pasa por una órbita con mayor energía y al regresar a su estado de reposo libera toda esa energía acumulada que se presenta en forma de luz, también se le reconoce como foto-reactivos, es decir que reaccionan o necesitan de luz para adquirir esta posesión. La luminosidad de la fosforescencia se da por unos compuestos, estos vienen a ser los iones de elementos de la tierra raras en su estructura (Guía de Química, 2010, p.1)

En 1996 Matzukawa descubrió el aluminato de estroncio con impureza de disprosio y europio la cual mostraba una fosforescencia verde de 520nm, con un tiempo de persistencia de 16 horas. Años después se encontró el aluminato de calcio impurificado con neodimio Y cerio, la cual emitía una fosforescencia azul de 420nm, con un tiempo de persistencia de aproximadamente 16horas. Poco después, se descubrió el aluminato de estroncio puro en un color verde azulado de 495nm, la cual tiene una persistencia de 20horas de fosforescencia, por ello se utilizará aluminato de estroncio de color amarillo-verde debido a que su objetivo de estudio es encaminado para señalizaciones (Grijalva y Laínez, 2016, p.22).

El compuesto a utilizar para provocar el efecto de fotoluminiscencia es el Aluminato de estroncio cuya fórmula es SrAl_2O_4 la cual se muestra en la Tabla 6. Además, es inoloro, polvo de color amarillo pálido monoclinico cristalino, no inflamable y más pesado que el agua. Con propiedades de que kilogramo de aluminato de estroncio puede ocupar un área aproximadamente de 6 a 8 metros cuadrados y teniendo un espesor de 1mm, por lo que un gramo cubre aproximadamente 25 cm cuadrados con el espesor de 1mm. (Rojas, 2015, p. 15).

Tabla 6: *Composición del Aluminato de estroncio.*

Nombre:	IUPAC Dialuminum estroncio oxigeno (2-)
Formula química	SrAl_2O_4
Masa molar	205,58 g / mol

Fuente: Rojas, 2015.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La metodología de la investigación es el nivel de estudio que comprende la descripción, análisis, registro e interpretación de naturaleza y magnitud de la investigación. Por ello el método utilizado es explicativa porque pretenderá explicar la relación que existe entre las variables debido a su causa-efecto la cual se realizará mediante datos obtenidos de los ensayos de mortero y así dar valor de la investigación. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.95).

El diseño de investigación es reflejado en la estrategia del investigador para obtener la respuesta a los problemas estudiados, es por ello que se utilizó el diseño experimental, debido a que jugaremos con nuestras variables a fin de medir el efecto de la variable independiente sobre las variables dependientes (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.129).

Encontramos que dentro del diseño experimental se encuentra el experimento puro o verdadero, el cual nos dice que existe una manipulación de la variable independiente el cual causa efectos sobre la variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.141)

Así mismo nos dice que existen dos grupos de validez los cuales son:

Grupo control: “no se aplica tratamiento”

- ✓ Pretest: Se hace una observación y medición previa a la manipulación.

Grupo experimental: “se aplica tratamiento”

- ✓ Postest. Después del tratamiento se vuelve hacer una medición.

Diseño clásico:

$$G_c (a): Y_1 \rightarrow - \rightarrow Y_2$$

$$G_e (a): Y_3 \rightarrow X \rightarrow Y_4$$

Donde:

Gc: Grupo control

Ge: Grupo experimental

X: Variable independiente

Y₁, Y₃: Pretest.

Y₂, Y₄: Postest.

Tipo de investigación es aquel que tiene como objetivo principal innovar la tecnología a partir de conocimientos obtenidos, siguiendo un plan estratégico y así determinar, si el método aplicado será utilizado eficientemente para cumplir los propósitos de la investigación. Esto nos conlleva a utilizar la investigación tipo aplicada debido a que se emplea conocimientos científicos para el análisis de un mortero a la cual se añadirá dos porcentajes de aluminato de estroncio para la elaboración de las probetas y así verificar si estas son óptimas para el uso en las señalizaciones (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.42).

Nivel de investigación es el grado de profundidad que le da el investigador al enfoque de un fenómeno y objeto de estudio, analizando su relación causa-efecto. Por ello la investigación es de nivel explicativo debido a que se pretende indagar sobre los efectos que produce la adición de aluminato de estroncio en la durabilidad y luminancia del mortero (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.95).

3.2. Variable y Operacionalización

Es aquella característica que puede ser cuantitativa o cualitativa que tiene como interés el analizar su comportamiento en una investigación, por ello la investigación es cuantitativa debido a que se busca obtener respuesta de los indicadores en expresiones de cantidad o proporción. Relacionándolo como dependiente o independiente (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.131).

Variable Independiente: Aluminato de Estroncio

Variable dependiente: Durabilidad

Variable dependiente: Luminancia

3.3. Población, muestra y muestreo

La población es un conjunto finito o infinito de elementos de estudio que expone los prototipos que se estudiarán definidos en el tiempo, espacio y objeto de estudio, lo cual también es llamado universo, así mismo, esta presentada por el problema y los objetivos de la investigación. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.174).

Por ello se considera a fin de la investigación una población infinita debido a que serán todos los morteros con y sin adición de aluminato de estroncio en un 30% y 40% del peso del agregado fino.

El muestreo no probabilístico es la toma de una muestra por método de juicio o criterio que asume el investigador, generalmente se da en las investigaciones experimentales (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.176).

Se tomará un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando como mínimo 3 probetas por indicador como indica la NTP para cumplimiento de los estándares de calidad.

La muestra es una fracción extraída de la población, sobre la cual se obtendrán los datos para la investigación. Por lo desarrollado en el muestreo no probabilístico se calculó 171 probetas en general, las cuales cumplen con las exigencias de las normas y antecedentes, como se observa en la Tabla 7 (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.175).

Variable Durabilidad

Resistencia a compresión: ASTM C109/C 109M-07

Resistencia al ciclo de hielo-deshielo: ASTM C666/C666M

Resistencia al sulfato: ASTM C1012 y NTG 41014 h5

Resistencia a flexión: ASTM C348

Resistencia a la abrasión: EN 1338:2003, anexo G y H

Variable Luminancia

Tiempo de carga, descarga, luminancia e iluminancia: Tesis de Grijalva F y Laines T 2016

Tabla 7: Cuadro de muestras.

Indicadores		A.E en relación al peso del A.F.			Edad
		0%	30%	40%	
Durabilidad	Resistencia a compresión	3	3	3	3 días
		3	6	6	7 días
		3	12	12	28 días
	Resistencia al ciclo hielo-deshielo	3	3	3	3 días
		3	3	3	7 días
		3	3	3	28 días
	Resistencia al sulfato	3	3	3	3 días
		3	3	3	7 días
		3	3	3	28 días
	Resistencia a flexión	3	3	3	3 días
		3	6	6	7 días
		3	12	12	28 días
Resistencia a la abrasión	3	3	3	28 días	
Luminancia	Tiempo de carga	0	3	3	28 días
	Tiempo de descarga				
	Luminancia				
	Iluminancia				
Total, de probetas		39	66	66	171

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Considerando así a criterio el investigador para cada ensayo un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia el 5%.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de recolección de datos es aquella que nos permite visualizar y comprender mediante el sentido de la vista un hecho o un conjunto, situaciones, fenómeno o contexto de la naturaleza o comunidad, para poder obtener información evidente, por ello se utilizara la técnica de la observación donde se mostrara fichas técnicas, cuadros, gráficos de los ensayos físicos y mecánicos desarrollados en el laboratorio (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.217).

El instrumento de recolección de datos es un recurso del cual se puede valer el investigador, a fin de recopilar información de campo. Así mismo se debe previamente contarse con información de datos observables que estén relacionados las variables consideradas por el investigador, es así que se obtendrán fichas de recolección de datos certificados por el laboratorio especificado de acuerdo a los ensayos realizados en la muestra y la

dosificación, la cual estará firmado por el profesional laboratorista. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.198).

La validez es el grado en que un instrumento cuantifica sus variables las cuales son medibles. Para el análisis de la durabilidad y luminancia tenemos el uso de instrumentos normativos como NTP, ASTM, NTG y MTC mostrados en la Tabla 8, los cuales ya están validados por especialistas (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.200).

Tabla 8: *Resumen de normas.*

Validez	
Indicadores	Norma
Granulometría	NTP 400.012
Contenido de humedad	NTP 339.185
Peso específico	NTP 400.022
Adsorción	NTP 400.022
Peso unitario suelto y compactado	NTP 400.017
Dosificación	Diego S. y ASTM C207
Resistencia a compresión	ASTM C109/C 109M – 07
Resistencia a flexión	ASTM C348
Resistencia a la abrasión	EN 1338:2003, anexo G y H, NTG 41087 h2
Resistencia al sulfato	ASTM C1012 y NTG 41014 h5
Resistencia al ciclo de hielo-deshielo	ASTM C666/C 666MM-03
Iluminancia y luminancia	MTC - Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La confiabilidad es el nivel de veracidad del conjunto de referentes utilizados en la investigación con el fin de evaluar su aplicación en reiteradas veces y esto permita que las personas u objetos lleguen a tener un nivel de error mínimo, es por ello que confiabilidad del proyecto estará evaluada con las herramientas informáticas de Microsoft Excel, y software Minitab 19 (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.200).

3.5. Procedimientos

El método para realizar la recolección de información se desarrollará de acuerdo a 4 Etapas como se muestra en la Figura 12, el cual en la Etapa I obtendremos los materiales como el aluminato de estroncio que será materia exportada de china, cemento blanco Huascarán portland tipo I la cual será obtenida por la empresa Comacsa y el agregado fino de la cantera Trapiche, certificándolo con las fichas técnicas de las respectivas proveedoras.

Continuando con la Etapa II se analizará las propiedades físicas de los agregados a utilizar en el mortero y aluminato de estroncio, para realizar la dosificación. Todo proceso se realizará de acuerdo a sus normativas respectivas como:

Para la granulometría del agregado fino se desarrollará de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C33, considerando 300g seco para la muestra, Así mismo se utilizará aparatos como la balanza que cuente con una precisión de 0.1%, tamices de acuerdo a la NTP 350.001, agitador mecánico de tamices y horno capaz de mantener la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$. (NTP 400.012, 2001)

Se calcular con la siguiente formula.

Porcentaje que pasa:

$$\%Que\ pasa = \frac{Peso\ retenido\ por\ tamiz}{Peso\ total}$$

Porcentaje acumulado:

$$\%Que\ pasa = 100 - \%retenido$$

Módulo de fineza:

$$MF = \frac{\sum \%Acumulado\ (3/8''\ hasta\ n^{\circ}100)}{100}$$

Se considera porcentajes admisibles del agregado que pasa de acuerdo a la NTP 400.037 y ASTM C136, como se muestra en la Tabla 9 y el módulo de finura según la NTP 400.012 como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 9: *Porcentajes admisibles del agregado que pasa, agregado fino.*

Tamiz	Límite superior	Límite Inferior
3/8"	100%	100%
N°4	100%	95%
N°8	100%	80%
N°16	85%	50%
N°30	60%	25%
N°50	30%	10%
N°100	10%	2%

Fuente: NTP 400.037, p.11.

Tabla 10: *Módulo de finura ideal y tolerable, del agregado fino.*

Módulo de finura	
Ideal	2.8-3.4
Tolerable	2.7-3.5

Fuente: NTP 400.037, p.12.

Para el contenido de humedad del agregado fino y aluminato de estroncio se considerará la NTP 339.185, donde se utilizará 500g para la muestra, Así mismo se utilizará aparatos como la balanza que cuente con una precisión de 0.1%, horno capaz de mantener la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$. y un recipiente capaz de resistir la temperatura del horno (NTP 339.185, 2013).

Se calcula como:

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{mh}} \times 100$$

Donde:

$W\%$: Contenido de humedad (%)

W_{mh} : Masa de la muestra húmeda (g)

W_{ms} : Masa de la muestra seca (g)

Para el cálculo del peso específico y absorción de los agregados se considerará la NTP 400.022 y ASTM C 128 donde se utilizará 500g para la muestra, así mismo se utilizará aparatos como la balanza que cuente con una

precisión de 0.1%, picnómetro con calibración de $\pm 0,1\text{cm}^3$, frasco como indica la NTP 334.055, Habrá moldes con dos medidas de diámetro inferior y una de altura, la primera con $40\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ en la parte superior, la segunda con $90\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ en la parte inferior, la tercera con $75\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ de altura respectivamente; usando un metal con espesor mínimo requerido de $0,8\text{ mm}$ y por ultimo usan una estufa que mantiene la temperatura de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$. (NTP 400.022, 2013).

El procedimiento gravimétrico consistirá en sumergir la muestra en un picnómetro con adición de agua hasta cubrir un 90% del picnómetro, para posteriormente agitar manualmente, esto para eliminar las burbujas del agregado. Seguido de ello ajustar la temperatura a $23,0\text{ }^\circ\text{C} \pm 2,0\text{ }^\circ\text{C}$ y luego retirar el agregado fino para ser secado en un horno que cuente con una temperatura de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ y finalmente enfriar la muestra a una temperatura ambiental por $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ para determinar la masa. (NTP 400.022, 2013).

Se calcular con las siguientes formulas.

Peso específico bulk (Base seca).

$$P_{es} = \frac{(A + B) - C}{C}$$

Peso específico bulk (Base saturada).

$$P_{esss} = \frac{A}{C}$$

Peso específico aparente (Base seca).

$$P_{ea} = \frac{(A + B) - C}{E}$$

Absorción (Ab)

$$Ab = \left(\frac{A - E}{E} \right) \cdot 100$$

Donde:

A : Peso material saturado superficialmente seca (en aire) (g).

B : Peso fiola + agua (g).

C : Peso fiola +muestra s.s.s. + agua (g).

E : Peso del material seco en el horno (g).

Así mismo se calculará el peso específico del cemento blanco con el procedimiento volumétrico (Frasco Le Chatelier) de acuerdo a la norma ASTM C 188-95, donde nos indica llenar el matraz Le Chatelier con gasolina de 97 octanajes hasta el punto de vástago que esta entre 0 y 1 ml, anotando la lectura inicial del frasco y contenido a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se agregará 64 g del cemento en estado saturada seca superficialmente. Posteriormente de a ver introducido el cemento se coloca el tapón del frasco y luego se hace rodar de forma inclinada. Por último, se toma una lectura final dentro de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la temperatura (ASTM C 188-95, 2013).

Cálculo del peso específico del cemento:

$$\gamma_c = \frac{W}{V_f - V_i}$$

Donde:

γ_c : Peso específico del cemento blanco (g/cm^3)

W: Peso de la muestra (64g)

V_i: Volumen inicial (ml)

V_f: Volumen final (ml)

Para el peso unitario suelto y compactado de los agregados se considerará la NTP 400.017 y ASTM C 29/C29M-1991 donde se utilizará una muestra capaz de llenar el recipiente, Así mismo se utilizará aparatos como la balanza que cuente con una precisión de 0.1%, barra compactadora de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y 60 cm de longitud y con acabado en punta semiesférica, pala de mano y equipo de calibración de vidrio con espesor mínimo de 6mm (1/4pulg) y diámetro mínimo de 25mm (1pulg). (NTP 400.017, 2013).

Se calcular como:

$$M = \left(\frac{G - T}{V} \right)$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado (g/cm³)

G: Peso del recipiente de medida más el agregado (g)

T: Peso del recipiente de medida (g)

V: Volumen del agregado (cm³)

Para el desarrollo de la dosificación del mortero con y sin adición de aluminato de estroncio se tomará como referencia el libro Tecnología del concreto y del mortero, desarrollado por Sánchez y la normativa ASTM C207, donde se considerará una resistencia a compresión de 280kg/cm², la consistencia dura (seca) y una adición de aluminato de estroncio en proporciones entre el 10% y 50% del agregado que opaca su luminancia, como indica las especificaciones de Ecuaglow. Para el presente proyecto se optó por la adición en porcentajes de 30% y 40%, manteniendo una relación con el estudio realizado por Grijalva y Laínez, donde se utilizó la proporción de 30%. El ajuste de la dosificación de un mortero patrón se desarrollará mediante la humedad del aluminato de estroncio y considerando que esté en relación al porcentaje del agregado fino. (Sanchez, 2001, p.301).

Cumpliendo las propiedades físicas y desarrollando la dosificación se procederá a realizar la Etapa III realizando los ensayos de acuerdo a sus normativas de resistencia a compresión expuesto a curado normal, solución de sulfato y ciclo de hielo-deshielo. Así mismo verificando el cumplimiento de estas con las normas del MTC - Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales como su tiempo de carga, descarga, iluminancia, luminancia y resistencia a la abrasión como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: *Requerimientos de la pintura base agua.*

Características evaluadas	Requerimientos				M. Termoplástico, plástico pref. y plástico en frío de dos componentes	
	Pintura base agua		Pintura base solvente			
	Min.	Max.	Min.	Max.		
Densidad (g/ml)	1.59	-	1.4	-		
Blanco	1.59	-	1.36	-		
Amarillo						
Viscosidad (KU)	80	90	75	90		
Blanco	80	90	80	90		
Amarillo						
Fineza (Escala Herman)	3	-	3	-		
Tiempo de secado (No Pick Up), minuto	-	10	-	10		
Materia no volátil (%)	73	-	71	-		
Blanco	73	-	70	-		
Amarillo						
Pigmento (%)	60	-	53	-		
Blanco	60	-	50	-		
Amarillo						
Sólidos en volumen (%)	60	-	-	-		
Resistencia a la abrasión (Litros de arena)	150	-	150	-		
Factor de luminancia (B)	>0.85		>0.85			>0.80
Blanco	>0.40		>0.40			>0.40
Amarillo						
Opacidad (Rc)	>0.95		>0.95			
Blanco	>0.90		>0.90			
Amarillo						
Sangrado	$\Delta B < 0.05$		$\Delta B < 0.05$			
Resistencia al agua	Sin ablandamiento, ampollamiento, pérdida de adhesión, arrugamiento y cambio de color				-	
Compuesto orgánico volátil (g/l)	-	150	-	150		
Estabilidad al congelamiento y deshielo (3ciclos)	Sin coagulación a más de 10 KU				-	

Fuente: Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales, 2013.

Para la resistencia a compresión se considerará la ASTM C 109/C 109M-07, donde que se desarrollará mínimo 3 probetas cubicas que midan de lado 2". Así mismo se utilizará la máquina de ruptura mecánica que tenga abertura suficiente a la cara superior de la probeta y se considerará la condición de temperatura al $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ para la mezcla y moldaje, como también condiciones de humedad según INV E-325 (ASTM C 109/C 109M-07, 2008).

Se calcular con la siguiente formula.

$$F_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

F_m : Resistencia a compresión (kg/cm²)

P : Carga máxima a la que se produce la ruptura (kg)

A : Área superior en contacto con la máquina de ensayo (cm²)

Para la resistencia al ciclo de hielo-deshielo se consideró la Norma ASTM C666 que es para concreto donde que a fines de la investigación se tomara como referencia debido a que no hay normas para el mortero. Consistirá en someter 6 probetas de mortero cubico de 2" de lado a congelamiento simulado, la cual consistirá en sumergir en agua por la noche en un tiempo total de 12 horas calibrándolo con un termostato a temperatura de entre -8 a -15 °C y se descongelar sumergido en agua por el día en periodo de 12 horas a temperatura ambiental para posteriormente realizar el ensayo de resistencia a compresión a una edad de 3, 7 y 28 días, (ASTM C666, 2008).

Se calcular con la siguiente formula.

$$F_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

F_m : Resistencia a compresión (kg/cm²)

P : Carga máxima a la que se produce la ruptura (kg)

A : Área superior en contacto con la máquina de ensayo (cm²)

Para el sulfato se considerará la ASTM C1012 y NTG 41014 h5, donde se desarrollará 6 unidades de probeta de mortero. Así mismo se utilizará un molde de probeta que debe cumplir las especificaciones de NTG 41058 (ASTM C490), el recipiente de solución de sulfato debe ser resistente a la corrosión y contar con una tapa de sellado para que no permita que el sulfato se evapore, el recipiente de curado inicial debe ser resistente a la corrosión, calor y contar con una tapa, final se utilizara el horno capaz de mantener la muestra a una temperatura de $35 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($95 \pm 5^{\circ}\text{F}$) (NTG 41014 h5, 2014).

Así mismo se consideran los reactivos utilizados en la NTG 41014 h5 como:

Pureza de los reactivos: Puede utilizarse químicos de grado técnico o USP siempre que sea de alta pureza para no permitir que afecte la exactitud o se recomienda utilizar lo especificado comité American Chemical Society (Sociedad Química Americana).

Pureza del agua: Utilizar el agua como reactivo correspondiente al tipo IV de las especificaciones ASTM D 1193.

Sulfato de sodio: Se puede utilizar otros sulfatos como el de sodio anhidro, hidratado o magnesio siempre que se realice el contenido de agua por pérdida de ignición y se realiza su conversión para que cumpla las especificaciones de sulfato de sodio.

Soluciones de sulfato de sodio: Por cada litro de solución debe contener 50g de Na_2SO_4 disueltos en 900ml de agua, siendo esta agua destilada o ionizada. La solución se realiza un día antes de su uso y se mantiene a una temperatura de $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^{\circ}\text{F}$), seguido antes del uso se determina el pH de la solución, rechazando así si esta fuera del rango de 6 a 8. Debe mantenerse una relación de volúmenes de 4.0 ± 0.5 entre la probeta de mortero y la solución, teniendo esta probeta una forma cubica de lado 2".

Para el procedimiento se considerará a las actividades de la NTG 41014 h5 como:

Moldeo y curado inicial de los especímenes: Para las probetas de mortero se utilizará el método de ensayo del NTG 41003 h11 (ASTM C157/C157M), donde especifica que para cubos de mortero se realizará de acuerdo al método de

ensayo del NTG 41003 h4 (ASTM C190/C109M). Donde indica que para el estudio de un juego de especímenes se deben desarrollar 6 unidades de probetas de mortero y 21 cubos de mortero. Posteriormente se coloca en un recipiente con elevadores para su curado, así mismo el recipiente debe tener un sello adecuado, para así luego colocar en un horno a una temperatura de $35 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($95 \pm 5^{\circ}\text{F}$) por $23\frac{1}{2}\text{h} \pm 30$, por último, se desmolda los especímenes.

Subsecuente curado y preparación para el ensayo: Se colocan las 6 probetas de estudio y 21 cubos de mortero en un tanque para curado con agua saturada de cal que estará a una temperatura de $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^{\circ}\text{F}$). Luego dos cubos del total de 21 se enfrían a temperatura ambiente con un trapo humero y se ensaya a compresión según el método de ensayo ASTM C109/C109M. De obtenerse una resistencia promedio mayor o igual a 20 MPa (2850lb/pulg²) se realizará la ruptura de las probetas a estudiar. Si es el caso que los dos cubos no alcanzan la resistencia requerida se debe continuar con el curado hasta que el mortero cumple con la resistencia a compresión.

Almacenaje de las probetas de mortero durante su exposición a la solución de sulfato: Se procede a cubrir el recipiente donde está la solución de sulfato y las probetas cubicas de mortero con una tapa de sello para así evitar su evaporación del sulfato dilución de la humedad del ambiente, colocándola así en un ambiente de $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^{\circ}\text{F}$)

Ensayo de las probetas: Se realizarán los ensayos de ruptura de las probetas a una edad de 3, 7 y 28 día. Calculando así su resistencia a compresión de acuerdo a la norma ASTM C 109/C 109M-07, 2008.

$$F_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

F_m : Resistencia a compresión (kg/cm²).

P : Carga máxima a la que se produce la ruptura (kg).

A : Área superior en contacto con la máquina de ensayo (cm²).

Para la resistencia a flexión se considerar la ASTM C348, donde nos indica que el cálculo del módulo de ruptura se realizará de acuerdo a las dimensiones de

la viga 40mm x 40mm x 160mm y su peso de ruptura que se obtendrá al ubicar la muestra cómo se observa en la Figura 9, ejerciendo un peso de la parte superior al inferior. Se considerará la condición de temperatura al $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

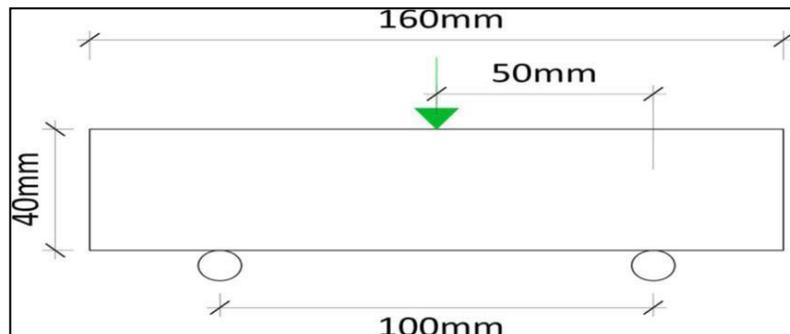


Figura 9: Ubicación de la viga para el ensayo a flexión.

Fuente: Researchgate, 2020.

Para el ensayo a flexión de las vigas de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio a una edad de 3, 7 y 28 días de curado normal, se calculó el módulo de ruptura con la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3 \times P \times L}{2 \times B \times H^2}$$

Donde:

P : Peso de ruptura de la viga (kg)

L : Longitud de la viga (cm)

B : Ancho de la viga (cm)

H : Altura de la viga (cm)

La NTG 41087 h2 y EN 1338:2003, anexo G y H se considerará para calcular la resistencia a la abrasión, donde se desarrollará 3 probetas cúbicas que midan de lado 7cm. Así mismo se utilizará un calibre con palpador esférico que tenga una cara anular de 8mm de diámetro exterior y 5mm de diámetro interior, disco abrasivo Böhme, disco giratorio con diámetro de 750mm, superficie plana horizontalmente, velocidad de 30 ± 1 revoluciones por minuto y debe contar con un mecanismo de paro cuando supere las 22 revoluciones, superficie de ensayo de hierro colado que no supere el 0.355 de fósforo y 3% de carbono, según la norma EN ISO6506-1, 6505-2 y 6506-3, Porta probetas con forma de U y medidas de 40mm de altura, separación de 5 ± 1 mm desde su superficie de ensayo, marco de 200mm del eje de porta probeta y finalmente el balancín

con un peso de 29.98 ± 0.31 kg, aproximadamente (0.61 kg/cm^2) (NTG 41087 h2, 2012).

La verificación del procedimiento será antes y después de cada ensayo donde se pesará la probeta con una precisión de 0.1g. Se vierte 20g de material abrasivo en la superficie de ensayo del disco y se coloca la probeta en el soporte someténdola a un peso de 29.98 ± 0.31 kg, para sí comenzar a girar el disco teniendo en cuenta que el material abrasivo se encuentre en el ancho de ensayo del disco, considerando que el giro del disco realizara 16 ciclos (cada ciclo consistirá en 22 revoluciones), después de cada ciclo se limpia el disco y la cara de la probeta, luego se gira 90° grados la cara que fue sometido de la probeta volviendo someterlo nuevamente a un ciclo de giro del disco y así sucesivamente cumplir los 16 ciclos. (NTG 41087 h2, 2012).

Se calcular con la siguiente formula.

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{pR}$$

Donde:

ΔV : Pérdida de volumen de la probeta (mm^3).

Δm : Pérdida de masa de la probeta (g).

pR : Densidad de la probeta (g/mm^3).

Así mismo para cumplir con los requerimientos de señalizaciones se determinará el tiempo de carga y descarga del mortero para lo cual usaremos un cronómetro para calcular el tiempo exacto en el que el mortero se carga expuesto a los rayos UV y luego el tiempo en que los libera hasta el periodo de retornar a su estado natural, siendo así una herramienta muy eficaz para obtener los datos necesarios (Medina y Moreno, 2018, p.128)

La luminancia se presenta como una intensidad luminosa sobre un área aparente como se muestra en la Figura 10, donde la intensidad luminosa es el flujo emitido por el mortero con adición del 30% y 40% de aluminato de estroncio a una unidad para un ángulo solido en una dirección concreta cuya unidad se presenta en candela y medido con el luxómetro, así mismo, el área

o superficie aparente de la loseta en el campo a percepción del ojo humano y su unidad es en metros cuadrados (m²), para ello se utilizará una luz artificial o natural por un periodo del 20s, 40s y 60s, desde el tiempo 0s al tiempo en que este retorna a su estado natural (Antón y Tomás, 1968, p.63).

Se calcular con la siguiente formula.

$$L = \frac{I}{S_{aparente}} = \frac{I}{S \times \text{Cos}(\alpha)}$$

Donde:

I : Intensidad luminosa (cd).

$S_{aparente}$: Área aparente (m²).

L : Luminancia (cd/m²)

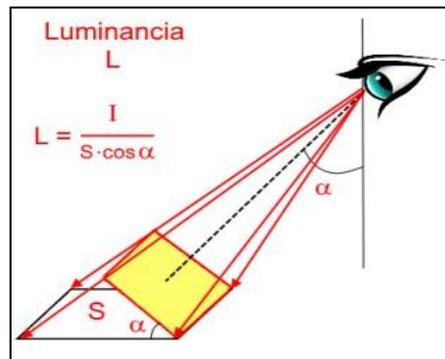


Figura 10: Luminancia.

Fuente: Becerril (2017)

La intensidad luminosa se calculará de acuerdo flujo emitido por un punto luminoso respecto a su ángulo solido en la unidad de candela, como se observa en la Figura 11 (Antón y Tomás, 1968, p.63).

Se calcular con la siguiente formula.

$$I = \frac{F}{\Omega} \rightarrow \Omega = \frac{S}{r^2}$$

Donde:

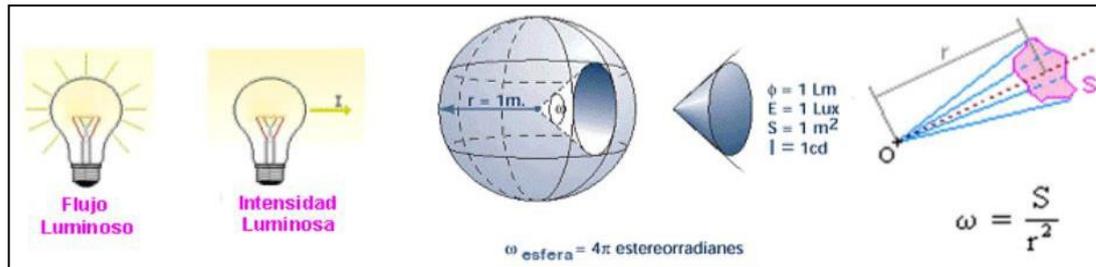
F : Flujo luminoso (lm)

Ω : Angulo solido (sr)

I : Intensidad luminosa (cd)

r : Distancia perpendicular del punto de medición al plano (m)

Figura 11: Intensidad luminosa



Fuente: Lumino Tech, 2017.

Al estudiar los efectos del aluminato de estroncio también podemos percibir la iluminancia, para ello utilizaremos el luxómetro con la cual se obtiene los niveles de iluminación o iluminancia de manera precisa, su funcionamiento es simple ya que, si la energía lumínica es muy alta, la energía eléctrica también será alta y así se podrá verificar la iluminancia en la pantalla del luxómetro. Su fórmula se representa similar al de luminancia solo que cambia la intensidad luminosa por el flujo luminoso cuya unidad es el lumen, el cual es la cantidad de luz visible de una fuente de luz (Antón y Tomás, 1968, p.63).

$$E = \frac{F}{S} \quad \rightarrow \quad F = E \times S$$

Donde:

E : Iluminancia ($\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$)

S : Área (m^2)

F : Flujo luminoso (lm)

Finalmente se desarrollará la Etapa IV donde recopilaremos los datos y analizaremos los resultados de acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio. Así mismo se dará respuesta en función a la hipótesis y comparándola con los resultados de los antecedentes, para posteriormente realizar el comentario, conclusión y recomendación.

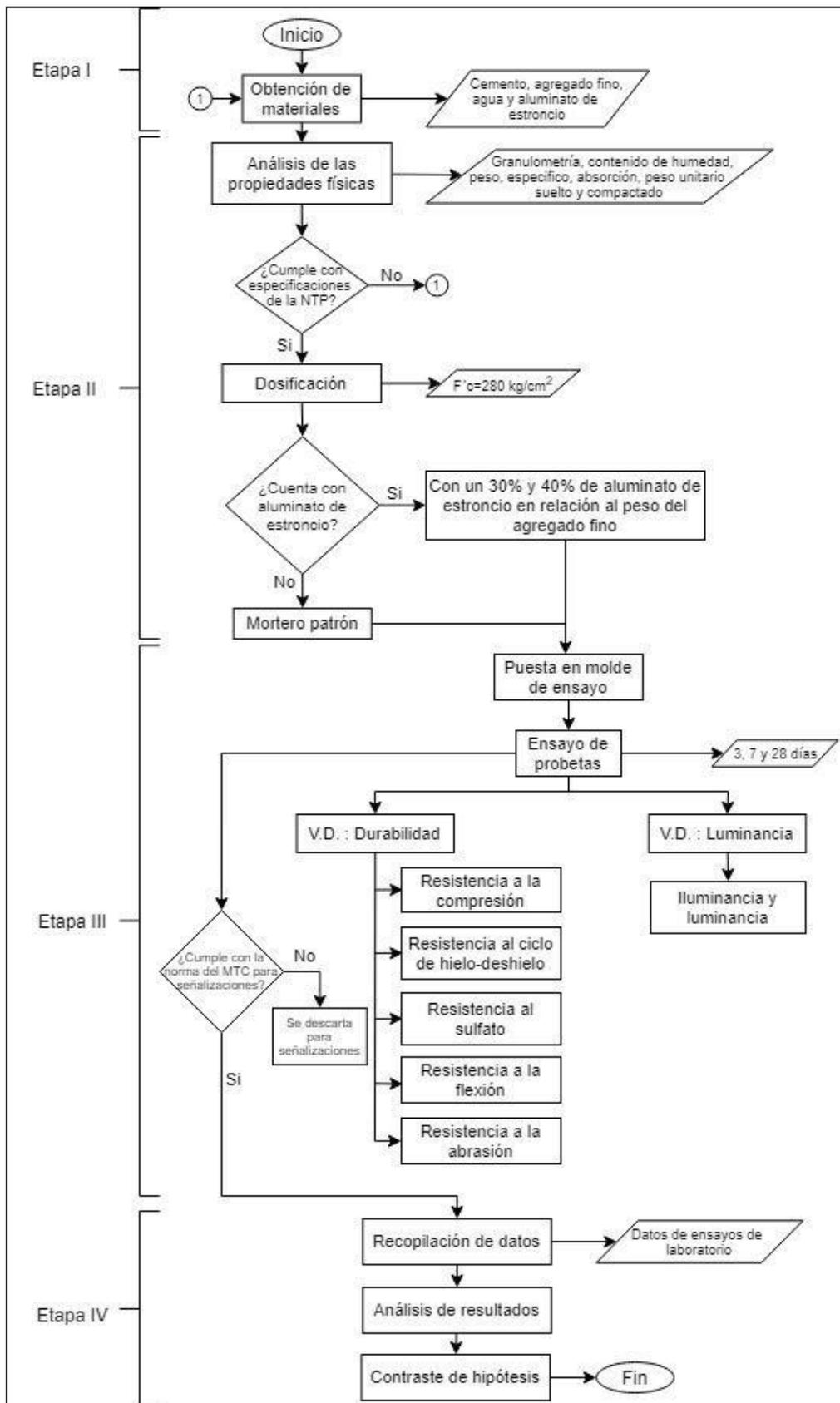


Figura 12: Diagrama de flujo de los procesos.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.6. Método de análisis de datos

Para la evaluación e interpretación de los datos que obtendremos según los ensayos a realizar para los agregados y el aluminato de estroncio, estas serán realizadas bajo las normas del NTP, ASTM, NTG, MTC. Además, se utilizarán herramientas informáticas para el cálculo y elaboración de la investigación como el Microsoft Word, Excel y Project. Así también, como el apoyo del ingeniero asesor para verificación de los datos obtenidos en base a los ensayos físicos, químicos y mecánicos ya mencionados.

3.7. Aspecto ético

Los investigadores afirman y se comprometen con la veracidad de sus resultados, a trabajar con dedicación, entrega y tenacidad para el correcto desarrollo de la investigación realizada, preservar en cada proceso el cuidado del medio ambiente. Para el desarrollo de la presente investigación se usó referentemente el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Normas Técnicas Peruanas (NTP) y American Society for Testing and Materials (ASTM), es imprescindible contar con los recursos necesarios para la investigación y por ende los resultados obtenidos no fueron objetos de manipulación

IV. RESULTADOS

En la primera Etapa se obtuvo los materiales de sus respectivos proveedores para el mortero con y sin adición de aluminato de estroncio de las cuales se pidió su hoja técnica y ficha de datos de seguridad del material como se muestra para el cemento blanco en la Tabla 12 y aluminato de estroncio en la Tabla 13.

Tabla 12: Hoja técnica de cemento blanco Huascarán – Comacsa.

Hoja técnica			
Parámetro	Especificación	Método	Requisitos
Contenido de SiO ₂	22.0 - 25.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Fe ₂ O ₃	máx. 0.20 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Al ₂ O ₃	3.10 - 4.60 %	LAB-PR-007	-
Contenido de CaO	64.0 - 69.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de MgO	0.40 - 1.20 %	LAB-PR-007	máx. 6.00 %
Contenido de SO ₃	1.50 - 3.00 %	LAB-PR-007	máx. 3.00 %, C3A<8.00 % máx. 3.50 %, C3A>8.00 %
Contenido de Na ₂ O	máx. 1.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de K ₂ O	máx. 0.55 %	LAB-PR-007	-
Pérdida por calcinación	1.00 - 3.5 %	LAB-PR-007	máx. 3.50 %
Superficie Específica (Blaine)	3600 - 4450 cm ² /g	LAB-PR-006	mín. 2600 cm ² /g
Blancura (filtro verde)	máx. 85.0 %	LAB-PR-0019	-
Tiempo de Fraguado inicial	45 - 115 min	LAB-PR-0020	mín. 45 min
Tiempo de Fraguado final	150 - 250 min	LAB-PR-0020	máx. 375 min
Estabilidad de volumen	máx. 0.80 %	LAB-PR-0022	máx. 0.80 %
Resistencia a la compresión 3d	150 - 310 kg/cm ²	LAB-PR-0021	min, 122 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 7d	200 - 385 kg/cm ²	LAB-PR-0021	min, 194 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 28d	330 - 550 kg/cm ²	LAB-PR-0021	min, 285 kg/cm ²
Residuos insolubles	máx. 0.50 %	LAB-PR-0024	máx. 1.50 %

Fuente: Comacsa, 2020.

Tabla 13: Ficha de datos de seguridad de materiales.

Ficha de datos de seguridad de materiales	
1)	Identificación de la sustancia y de la empresa Nombre comercial: Pigmento fotoluminiscente
2)	Composición / datos de componente Caracterización química: Pigmento fotoluminiscente sintético Componentes peligrosos: No hay
3)	Identificación de peligros No se conocen efectos peligrosos El producto no es una sustancia sujeta a marcado obligatorio de acuerdo con el ECC directiva 67/584/EECC o enmiendas
4)	Medidas de primeros auxilios Después de inhalar: Suministrar aire fresco. Después del contacto visual: Enjuague con abundante agua a presión durante 15 min. ocasionalmente levantando los párpados oculares. En caso de contacto con la piel: Lavar la piel con agua y jabón suave.
5)	Medidas de lucha contra incendios Medios de extinción adecuados: sin restricciones. Peligros especiales causados por el material, sus productos de combustión o gases resultantes: ninguno.
6)	Manejo y almacenamiento Manejo: Se deben observar las precauciones habituales para el polvo molesto. Protección contra incendios y explosiones: El producto no es inflamable Almacenamiento: Almacenar en lugares techados a temperatura ambiente. Mantenga los contenedores firmemente sellados. Clase de inflamabilidad: no aplicable
7)	Controles de exposición/protección personal Equipo de protección personal: Protección respiratoria: Se debe utilizar un filtro de polvo apropiado si se liberar.
8)	Propiedades físicas y químicas Forma: Polvo Color: Amarillo pálido Olor: Olor débil Cambio en el estado físico Descomposición térmica: n. a. C Lit. Punto de inflamables: No inflamable Propiedades inflamables: El producto no es explosivo Presión de vapor: N. A. Mbar Densidad: (20 °C) 4,1 g/cm DIN/ISO 787 parte 10B Solubilidad en agua: (20 °C) 4,1 g/cm DIN/ISO 787 parte 10B

Fuente: Hangzhou Yeming Science y Techonoly, 2020.

Así mismo se obtuvo el agregado fino de la Cantera Trapiche IBC SRL, ubicado en Coma -Perú (latitud -11.890, longitud -77.059 y elevación 159), la cual nos brindó un agregado con textura rugosa y forma angular, como se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Agregado de la cantera trapiche.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se realizó el ensayo de granulometría del agregado fino obtenido de la cantera Trapiche de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C33. Para ello se extrajo una muestra representativa del agregado fino secándolo en el horno por un periodo de 24h a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$, luego se cuarteo sobre una superficie limpia y se pesó 300g de muestra seca de agregado fino. Así mismo la muestra se pasó por los tamices de 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo como indica la NTP 350.001, para su verificación de calidad se comparó con los requisitos de porcentaje que pasa por los tamices obteniendo así como resultado la Tabla 14 y Figura 14

Tabla 14: *Granulometría del agregado fino.*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del tamiz más agregado fino (g)	Peso del agregado fino (g)	% retenido	% acumulado	% que pasa	Requisito de %
3/8	9.525	553	553	0	0.00	0.00	100.00	100
4	4.750	453	458	5	1.68	1.68	98.32	95 a 100
8	2.360	450	490	40	13.47	15.15	84.85	80 a 100
16	1.180	420	496	76	25.59	40.74	59.26	50 a 85
30	0.600	492	575	83	27.95	68.69	31.31	25 a 60
50	0.355	368	418	50	16.84	85.52	14.48	10 a 30
100	0.150	339	366	27	9.09	94.61	5.39	2 a 10
200	0.075	264	274	10	3.37	97.98	2.02	-
Fondo	-	355	361	6	2.02	100.00	0.00	-
Total	-	-	-	297	100.00	-	-	-

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIERIA S.A.C., 2020.

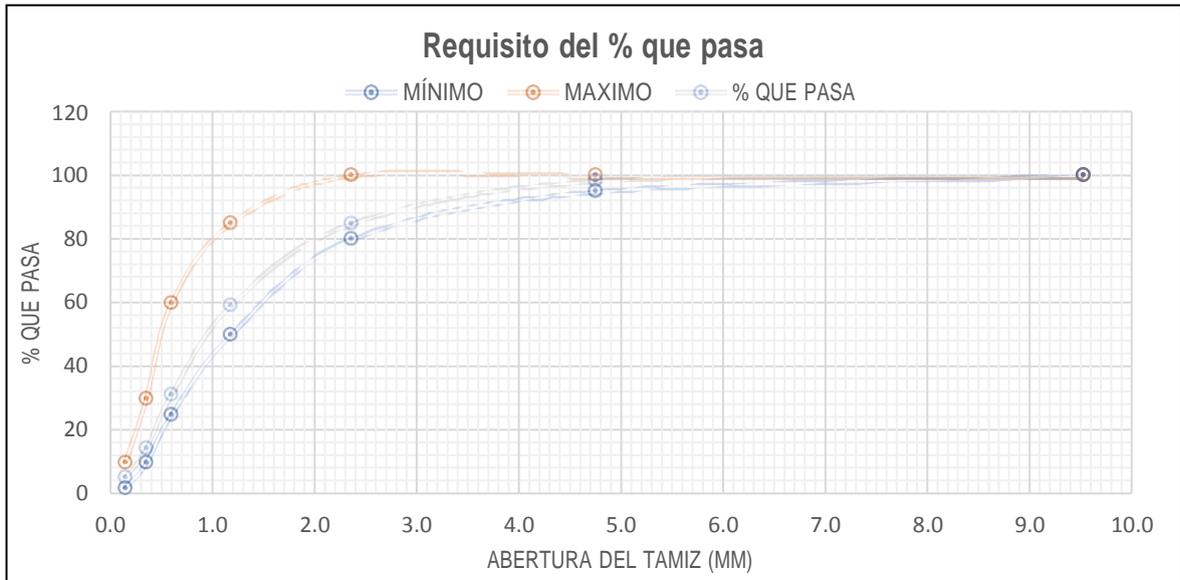


Figura 14: Requisitos de porcentaje que pasa.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se obtuvo que cumple con los requerimientos de porcentajes que pasa de la NTP 400.037 y ASTM C136 como se muestra en la Tabla 9 y se procedió a calcular el módulo de finura de acuerdo a la NTP 400.012 y ASTM C33. Para lo cual se consideró la suma de porcentajes acumulados desde el tamiz N°4 al N°100 y dividiendo esto sobre 100 obteniendo así un módulo de finura ideal como se muestra en la Tabla 15.

Módulo de fineza (MF)

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Porcentaje acumulado desde el tamiz N}^\circ 4 \text{ al N}^\circ 100}{100}$$

$$MF = \frac{98.32 + 84.85 + 59.26 + 31.31 + 14.48 + 5.39}{100} = 3.06$$

Tabla 15: Módulo de finura del agregado fino.

Módulo de finura	
Ideal	2.8-3.4
Tolerable	2.7-3.5
NTP 400.012	2.3-3.1
3.06	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se determinó el módulo de finura del agregado fino como 3.06 la cual está dentro de los parámetros del 2.30 al 3.10 como indica la NTP 400.012. Así mismo se

considera ideal debido a que se encuentra dentro de 2.80 y 3.40 de acuerdo la NTC 174 y ASTM C136.

Seguido se calculó el contenido de humedad del agregado fino y aluminato de estroncio considerando lo prescrito en la NTP 339.185. Para lo cual se pesó una muestra de 500g de agregado fino y aluminato de estroncio para someterlo por un periodo de 24h a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ en el horno. Luego del periodo se pesó la muestra para así determinar su contenido de humedad de acuerdo a la variación de peso entre el peso seco y obtener en que porcentaje cuenta con humedad. Finalmente se obtuvo lo determinado en la Tabla 16 para agregado fino y la Tabla 17 para el aluminato de estroncio.

Para el agregado fino:

$$W_{af}\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{mh}} \times 100 = \frac{500 - 494.3}{500} \times 100 = 1.14\%$$

Tabla 16: *Contenido de humedad del agregado fino.*

Contenido de humedad del agregado fino	
Peso de la tara (g)	58.00
Peso de la tara y muestra húmeda (g)	558.00
Peso de la tara y muestra seca (g)	552.30
Peso del agua (g)	5.70
Contenido de humedad (%)	1.14

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el aluminato de estroncio:

$$W_{ae}\% = \frac{500 - 500}{500} \times 100 = 0\%$$

Tabla 17: *Contenido de humedad del aluminato de estroncio.*

Contenido de humedad del Aluminato de estroncio	
Peso de la tara y muestra húmeda (g)	500.00
Peso de la tara y muestra seca (g)	500.00
Peso del agua (g)	0.00
Contenido de humedad (%)	0.00

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se continuó desarrollando el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y aluminato de estroncio de acuerdo a la NTP 400.022 y ASTM C128, para lo cual se extrajo una fracción de aproximadamente 1500g de la muestra seca de agregado fino y aluminato de estroncio, sumergiendo así la muestra por un periodo de 24h. Pasado el periodo se colocó la muestra en sus respectivas bandejas y se secó a temperatura ambiente hasta obtener una muestra saturado superficialmente seco, esto se verifico utilizando un molde troncocónico el cual se llenó con las muestras respectivas a una sola capa y dejando caer el pistón a una altura de 5mm, donde que al repetir el proceso nos quedó el agregado en una forma cónica con acabado en punta desmoronándose solo el contorno tal como se muestra Figura 15 lo cual nos indica que se alcanzó la condición y se pesó 250g de cada muestra. Se calibro la fiola de 250cm³ conteniendo agua hasta límite de vástago y se pesó la fiola con contenido muestra y agua eliminando las burbujas contenidas con un baño maría. Finalmente extrajo la muestra sin dejar desperdicios y se puso en el horno por 24h a una temperatura de 110 ° C ± 5° C, pasado el periodo se deja enfriar el material a temperatura ambiente por 1h ± 1/2h y obtener su peso seco. Se determinó así los resultados de peso específico y absorción mostrados en la Tabla 18 para agregado fino y Tabla 19 para aluminato de estroncio.



Figura 15: Verificación de saturado superficialmente seco de A.F y A.E.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Tabla 18: *Peso específico y absorción del agregado fino.*

Peso específico y absorción del agregado fino		
Muestra		1
A	Peso material saturado superficialmente seca (en aire) (g)	250.00
B	Peso fiola + agua	365.00
C	Peso fiola +muestra s.s.s. + agua	516.00
$D=(A+B)-C$	Volumen de masa + volumen de vacíos (bruto)	99.00
E	Peso del material seco en el horno	247.00
$F=D-(A-E)$	Volumen de masa (neto)	96.00
D/C	Peso específico bulk (Base seca) (g./cc)	2.49
A/C	Peso específico bulk (Base saturada) (g./cc)	2.53
D/E	Peso específico aparente (Base seca) (g./cc)	2.57
$((A-E)/E).100$	% de absorción	1.21

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Tabla 19: *Peso específico y absorción del aluminato de estroncio.*

Peso específico y absorción del aluminato de estroncio		
Muestra		1
A	Peso material saturado superficialmente seca (en aire) (g)	250.00
B	Peso fiola + agua	358.50
C	Peso fiola +muestra s.s.s. + agua	514.70
$D=(A+B)-C$	Volumen de masa + volumen de vacíos (bruto)	93.80
E	Peso del material seco en el horno	238.30
$F=D-(A-E)$	Volumen de masa (neto)	82.10
D/C	Peso específico bulk (Base seca) (g./cc)	2.54
A/C	Peso específico bulk (Base saturada) (g./cc)	2.67
D/E	Peso específico aparente (Base seca) (g./cc)	2.90
$((A-E)/E).100$	% de absorción	4.91

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Así mismo se determinó el peso específico del cemento de acuerdo a la normativa ASTM C188-95. Se pesó 100g de cemento blanco Huascarán y se puso en el horno a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ por un periodo de 24h. Pasado el periodo se dejó enfriar la muestra durante 15 minutos y se extrajo 64g, del cual con la gasolina de 97 octanajes se calibro el matraz Le Chatelier una medida de 0.5ml y se introdujo la muestra de 64g para obtener la y se observó que aumento a 20.5ml, por lo que se calculó 3.20 gr/cm^3 de peso específico del cemento tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20: *Peso específico del cemento blanco.*

Peso específico del cemento blanco		
Muestra		1
W	Muestra de cemento blanco seco (g)	64.00
Vi	Volumen inicial (ml)	0.50
Vf	Volumen final (ml)	20.50
W/(Vf-Vi)	Peso específico (g/ml o g/cm ³)	3.20

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Seguido de ello se extrajo una muestra de agregado fino para determinar el peso unitario suelto y compactado de acuerdo a la NTP 400.017 y ASTM C29, del cual la muestra se secó en el horno por un periodo de 24h a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$. Posterior a ello se calculó el volumen del recipiente a utilizar tal como se muestra en la Tabla 21 y para el cálculo de peso específico suelto se llenó el recipiente con un cucharón a una altura de 2" por encima del recipiente teniendo un acabado enrasado a su cubierta y se determinó el peso del agregado contenido. Para la peso específico compactado se realizó el mismo proceso considerando el llenado por capas de 1/3 del total y varillando 25 veces por capa hasta obtener el acabado enrasado, obteniendo así una peso específico suelto indicado en la Tabla 22 y una peso específico compactado mostrado en la Tabla 23.

Tabla 21: *Volumen del molde.*

Volumen del molde				
Muestra	N°1	N°2	N°3	Promedio
Diámetro interior del molde (cm)	15.30	15.20	15.30	15.27
Altura interior del molde (cm)	16.00	16.00	16.00	16.00
Volumen del molde (cm ³)	-	-	-	2928.86

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Tabla 22: *Peso específico suelto del agregado fino.*

Peso específico suelto del agregado fino				
Muestra	N°1	N°2	N°3	Promedio
Peso del molde (g)	2930.00	2930.00	2930.00	2930.00
Peso del molde y agregado fino (g)	7678.00	7826.00	7842.00	7782.00
Peso del agregado fino (g)	4748.00	4896.00	4912.00	4852.00
Peso específico suelto (g/cm ³)	-	-	-	1.66

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Tabla 23: *Peso específico compactado del agregado fino.*

Peso específico compactado del agregado fino				
Muestra	N°1	N°2	N°3	Promedio
Peso del molde (g)	2930.00	2930.00	2930.00	2930.00
Peso del molde y agregado fino (g)	8128.00	8162.00	8193.00	8161.00
Peso del agregado fino (g)	5198.00	5232.00	5263.00	5231.00
Peso específico suelto (g/cm ³)	-	-	-	1.79

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Para el diseño del mortero se tomó como referencia a Sánchez, Diego en su publicación titulado Tecnología del concreto y del mortero, donde recomienda los siguientes pasos:

Paso 1: Determinación del tipo de arena.

El agregado fino utilizado es de la Cantera Trapiche IBC SRL, la cual nos brindó un agregado con textura rugosa y forma angular, como se observa en la Figura 13.

Paso 2: Determinación de la relación agua-cemento.

De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino más cercano a lo calculado en el ensayo de granulometría y la resistencia a compresión se pudo obtener la relación agua-cemento, como muestra en la Figura 16.

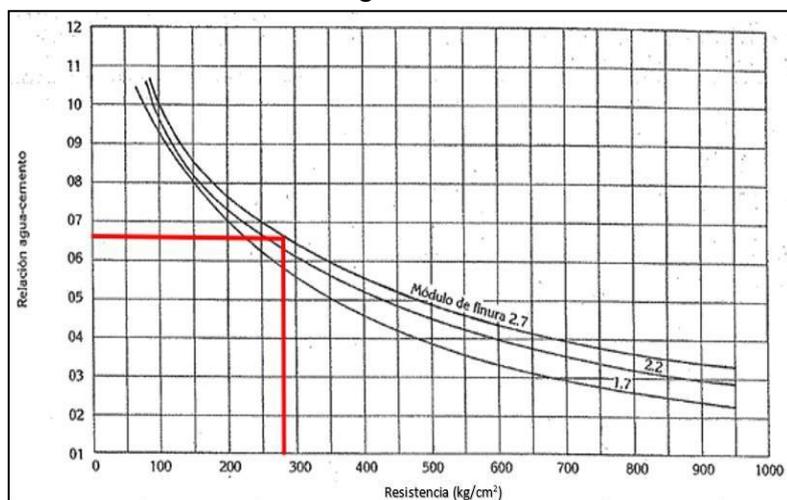


Figura 16: Correspondencia del a/c en relación a F'c y M.F.

Fuente: Tecnología del mortero y del mortero, 2001.

$$A/C = 0.66$$

Paso 3: Selección de la consistencia

Esto se realizó de acuerdo al estado que queríamos obtener el mortero para su uso en señalizaciones como se observa en la Tabla 24, por lo que se utilizó consistencia seca obteniendo 90% de flujo como muestra la Tabla 25.

Tabla 24: *Fluidez del mortero para diversas estructuras y condiciones.*

Consistencia	Fluidez (%)	Condiciones de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Proyección neumática con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con pala y palustres
Fluida (humedad)	120-150	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Tecnología del mortero y del mortero.

Tabla 25: *Diferentes consistencias del mortero.*

Consistencia	% de flujo
Seca	90%
Plástica	110%
Fluida	130%

Fuente: Tecnología del mortero y del mortero.

Paso 4: Determinación de los factores que influyen en el contenido de agua.

Se determinó realizando el ensayo de consistencia normal de acuerdo a la UNE-EN 196-3, donde se buscó el aparato vicat para verificar la relación agua-cemento preparó numerosas muestras en relación a esta hasta encontrar una consistencia que permita insertar la aguja de vicat hasta una altura entre fondo y aguja (lectura final) de 4mm-8mm. Se obtuvo una lectura final de 5mm como se muestra en la Tabla 26, la cual es admisible. Luego se desarrolló la interpolación

para calcular el valor de b de acuerdo a la consistencia y textura del agregado fino como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 26: *Consistencia normal para cálculo de relación de agua-cemento.*

Consistencia normal para cálculo de relación de agua-cemento		
Muestra		1
C	Peso del cemento (g)	300.00
W	Peso del agua (ml)	105.00
	Lectura inicial (mm)	35.00
	Lectura final (mm) (admisible entre (2mm-6mm))	5.00
W/C	Relación de agua-cemento	0.35

Fuente: Tecnología del mortero y del mortero

$$K = 35\% = 0.35$$

Tabla 27: *Valores de b para distintas consistencias y módulos de fineza.*

Consistencia	Módulo de finura	Arena de gramos redondos y lisos	Arena de granos angulares y rugosos
Seca	1.7	0.3293	0.3215
	2.2	0.3110	0.3028
90%	2.7	0.2772	0.2930
	3.2	0.2394	0.2494
Plástica	1.7	0.3242	0.3238
	2.2	0.3033	0.2947
110%	2.7	0.2734	0.2879
	3.2	0.2368	0.2477
Fluida	1.7	0.3172	0.3216
	2.2	0.2927	0.3003
130%	2.7	0.2687	0.2949
	3.2	0.2340	0.2629

Fuente: Tecnología del mortero y del mortero

$$\frac{3.2 - 2.7}{3.2 - 3.06} = \frac{0.2492 - 0.2930}{0.2492 - b}$$

$$b = 0.2613$$

Paso 5: Determinación de la proporción.

Ya conocido los coeficientes y la relación de agua-cemento se determinó la incógnita "n".

$$n = \frac{\ln(A/C) - \ln(K)}{b} = \frac{\ln(0.66) - \ln(0.35)}{0.2613} = 2.428$$

Paso 6: Se calculó el contenido mortero para 1m³, como se muestra en la Tabla 28.

Para cemento:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{G_c} + \frac{n}{G_a} + \frac{A}{C}} = \frac{1}{\frac{1}{3.20} + \frac{2.428}{2.57} + 0.66} = 521.89 \text{ kg/m}^3$$

Para agua:

$$A = (A/C) \times C = (0.66) \times 521.89 \text{ kg/cm}^3 = 344.44 \text{ kg/m}^3$$

Para agregado fino:

$$a = n \times C = 2.428 \times 521.89 \text{ kg/cm}^3 = 1267.08 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 28: Dosificación de mortero para 1m³.

Material	Peso seco (kg)	Peso específico (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Dosificación (kg)
Cemento	521.89	3200.00	0.163	1.00
Arena	1267.08	2572.92	0.492	3.02
Agua	344.44	1000.00	0.344	2.11
Total	2133.41	-	1.000	-

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Paso 7: Se realizó el ajuste por humedad del agregado fino y corrigió la dosificación patrón, como se muestra en Tabla 29.

Humedad del agregado fino:

$$\text{Peso humedo} = \text{Peso seco} \times (1 + \text{humedad de agregados})$$

$$\text{Peso humedo} = 1267.08 \text{ kg} \times (1 + 0.0114) = 1281.52 \text{ kg/m}^3$$

Exceso de agua:

$$\text{Exceso de agua} = \text{Peso de arena seca} \times (\text{humedad natural} - \% \text{absorción})$$

$$\text{Exceso de agua} = 1267.08 \text{ kg} \times (0.0114 - 0.0491) = -48 \text{ kg/m}^3$$

Cantidad de agua:

$$A = \text{Agua (kg)} - \text{Exceso de agua} = 344.44 \text{ kg/m}^3 - (-48 \text{ kg/m}^3)$$

$$A = 392.21 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 29: Corrección de la dosificación patrón.

Material	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)	Dosificación (kg)
Cemento	521.89	521.89	1.00
Arena	1267.08	1281.52	2.46
Agua	344.44	392.21	0.75
Total	2133.41	2195.62	-

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Paso 8: Se determinó el diseño de mortero adicionando 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino realizando un ajuste por humedad, la cual corrigió la dosificación, como se muestra en la Tabla 30.

Peso del aluminato de estroncio a un 30%:

$$\text{Aluminato de estroncio} = 30\% \times \text{Peso húmedo del agregado fino}$$

$$\text{luminato de estroncio} = 0.30 \times 1281.52 \text{ kg/m}^3 = 384.46 \text{ kg/m}^3$$

Exceso de agua:

$$\text{Exceso de agua} = \text{Aluminato de estroncio} \times (\text{humedad natural} - \% \text{absorción})$$

$$\text{Exceso de agua} = 384.46 \text{ kg/m}^3 \times (0.00 - 0.0121) = -4.67 \text{ kg/m}^3$$

Cantidad de agua:

$$A = \text{Agua (kg)} - \text{Exceso de agua} = 392.21 \text{ kg/m}^3 - (-4.67 \text{ kg/m}^3)$$

$$A = 396.88 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 30: Dosificación de mortero con 30% de A.E. en relación al peso del A.F.

Material	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)	Dosificación (kg)
Cemento	521.89	521.89	1.00
Arena	1267.08	1281.52	2.46
Agua	344.44	396.88	0.76
Aluminato	384.46	384.46	0.74
Total	2517.86	2584.74	-

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Además, se determinó el diseño de mortero adicionando 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino realizando un ajuste por humedad, la cual corrigió la dosificación tal como se muestra en la Tabla 31.

Peso del aluminato de estroncio a un 40%:

$$\text{Aluminato de estroncio} = 40\% \times \text{Peso húmedo del agregado fino}$$

$$\text{Aluminato de estroncio} = 0.40 \times 1281.52 \text{ kg/m}^3 = 512.61 \text{ kg/m}^3$$

Exceso de agua:

$$\text{Exceso de agua} = \text{Aluminato de estroncio} \times (\text{humedad natural} - \% \text{absorción})$$

$$\text{Exceso de agua} = 512.61 \text{ kg/m}^3 \times (0.00 - 0.0121) = -6.23 \text{ kg/m}^3$$

Cantidad de agua:

$$A = \text{Agua (kg)} - \text{Exceso de agua} = 392.21 \text{ kg/m}^3 - (-6.23 \text{ kg/m}^3)$$

$$A = 398.44 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 31: Dosificación de mortero con 40% de A.E. en relación al peso del A.F.

Material	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)	Dosificación (kg)
Cemento	521.89	521.89	1.00
Arena	344.44	1281.52	2.46
Agua	384.46	398.44	0.76
Aluminato	512.61	512.61	0.98
Total	1763.39	2714.45	-

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Desarrollado las dosificaciones para el mortero patrón con y sin adición de aluminato de estroncio se elaboró el moldaje de todas las probetas como se muestra en la Tabla 32 manteniendo su temperatura de $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$, realizando así su ensayo a resistencia a compresión sometido a curado normal, expuesto a sulfato, ciclo de hielo-deshielo a una edad de 3 y 7 días. Así a la misma edad se ensayó las vigas de mortero a ensayo de flexión.

Tabla 32: *Tabla de moldaje de probetas.*

Ensayos		
Indicadores	Norma	Medida de probeta
Resistencia a compresión	ASTM C109/C 109M – 07	Cubo de L=2"
Resistencia a flexión	ASTM C348	Prisma de 4cm x 4cm x 16cm
Resistencia a la abrasión	EN 1338:2003, anexo G y H, NTG 41087 h2	Cubo de L=7cm
Resistencia al sulfato	ASTM C1012 y NTG 41014 h5	Cubo de L=2"
Resistencia al ciclo de hielo-deshielo	ASTM C666/C 666MM-03	Cubo de L=2"
Iluminancia (luminancia)	MTC - Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales	Loseta de 15cm x15cm x 1cm

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se desarrolló el ensayo de resistencia a compresión para el mortero cubico de lado 2" de acuerdo a la norma ASTM C 109M-07, que cuente con y sin adición de aluminato de estroncio en un 30% y 40% en relación al agregado fino, en las cuales dichas muestras estuvieron sumergidas a un curado normal por un periodo de 3, 7 y 28 días, en una condición de temperatura de $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y considerando una condición humedad según INV E -325, obteniéndose así:

Para el mortero patrón a 3 días de curado normal se obtuvo una resistencia a compresión de 115.23 kg/cm², como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33: *Resistencia a compresión de mortero patrón a 3 días.*

Resistencia a compresión de mortero patrón a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2884	115.36	115.23
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2919	116.76	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2839	113.56	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 98.24 kg/cm² a los 3 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 3 días.

Resistencia a compresión adicionando 30% de A.E. a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2451	98.04	98.24
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2421	96.84	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2496	99.84	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 92.15 kg/cm² a los 3 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 35Tabla 35Tabla 35: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 3 días.

Resistencia a compresión adicionando 40% de A.E. a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2307	92.28	92.15
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2332	93.28	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2272	90.88	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Obteniendo así para el mortero patrón una resistencia aproximada al 40% del total a una edad de 3 días, como indica la NTP y la ASTM, así mismo se observó una pérdida de resistencia del 14.74% y 20.03% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 36 y Figura 17.

Tabla 36: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 3 días.

Resistencia a compresión de mortero a los 3 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	115.23	100.00%	0%
30%	98.24	85.26%	14.74%
40%	92.15	79.97%	20.03%

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

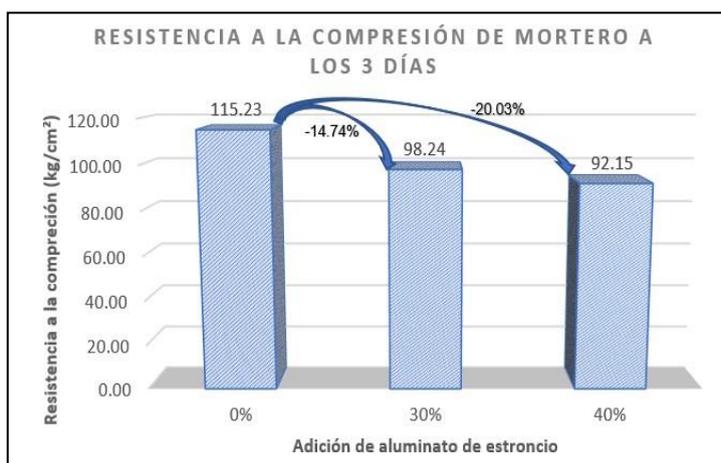


Figura 17: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 3 días.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero patrón a 7 días de curado normal se obtuvo una resistencia a compresión de 183.87 kg/cm², como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37: Resistencia a compresión de mortero patrón a 7 días.

Resistencia a compresión de mortero patrón a 7 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	4595	183.8	183.87
2	22/09/20	29/09/20	7	25	4610	184.4	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	4585	183.4	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 156.27 kg/cm² a los 7 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 7 días.

Resistencia a compresión de mortero adicionando 30% de A.E. a 7 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3906	156.24	156.27
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3911	156.44	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3896	155.84	
4	22/09/20	29/09/20	7	25	3891	155.64	
5	22/09/20	29/09/20	7	25	3921	156.84	
6	22/09/20	29/09/20	7	25	3916	156.64	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 147.04 kg/cm² a los 7 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 7 días.

Resistencia a compresión de mortero adicionando 40% de A.E. a 7 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3676	147.04	147.04
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3691	147.64	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3666	146.64	
4	22/09/20	29/09/20	7	25	3661	146.44	
5	22/09/20	29/09/20	7	25	3651	146.04	
6	22/09/20	29/09/20	7	25	3711	148.44	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Obteniendo así para el mortero patrón una resistencia aproximada al 65% del total a una edad de 7 días, como indica la NTP y la ASTM, así mismo se observó una pérdida de resistencia del 15.01% y 20.03% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 40 y Figura 18.

Tabla 40: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 7 días.

Resistencia a compresión de mortero a los 7 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	183.87	100.00%	0%
30%	156.27	84.99%	15.01%
40%	147.04	79.97%	20.03%

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

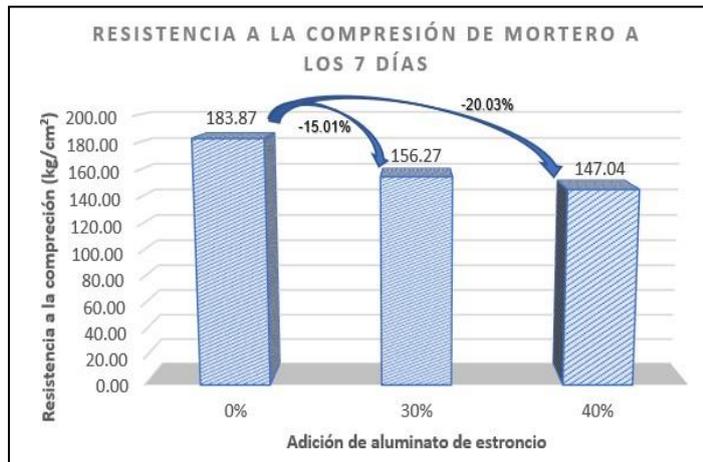


Figura 18: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 7 días.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero patrón a 28 días de curado normal se obtuvo una resistencia a compresión de 283.95 kg/cm², como se muestra en la Tabla 41.

Tabla 41: Resistencia a compresión de mortero patrón a 28 días.

Resistencia a compresión de mortero patrón a 28 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	7097	283.88	283.95
2	22/09/20	20/10/20	28	25	7117	284.68	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	7082	283.28	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 241.57 kg/cm² a los 7 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42: Resistencia a compresión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.

Resistencia a compresión de mortero adicionando 30% de A.E. a 28 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	6033	241.32	241.57
2	22/09/20	20/10/20	28	25	6058	242.32	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	6048	241.92	
4	22/09/20	20/10/20	28	25	6038	241.52	
5	22/09/20	20/10/20	28	25	5998	239.92	
6	22/09/20	20/10/20	28	25	6028	241.12	
7	22/09/20	20/10/20	28	25	6068	242.72	
8	22/09/20	20/10/20	28	25	6038	241.52	
9	22/09/20	20/10/20	28	25	6058	242.32	
10	22/09/20	20/10/20	28	25	6023	240.92	
11	22/09/20	20/10/20	28	25	6068	242.72	
12	22/09/20	20/10/20	28	25	6013	240.52	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino se obtuvo una resistencia a compresión de 227.37 kg/cm² a los 28 días de curado normal, como se muestra en la Tabla 43.

Tabla 43: Resistencia a compresión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.

Resistencia a compresión de mortero adicionando 40% de A.E. a 28 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	5678	227.12	227.37
2	22/09/20	20/10/20	28	25	5703	228.12	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	5693	227.72	
4	22/09/20	20/10/20	28	25	5683	227.32	
5	22/09/20	20/10/20	28	25	5643	225.72	
6	22/09/20	20/10/20	28	25	5673	226.92	
7	22/09/20	20/10/20	28	25	5713	228.52	
8	22/09/20	20/10/20	28	25	5683	227.32	
9	22/09/20	20/10/20	28	25	5703	228.12	
10	22/09/20	20/10/20	28	25	5668	226.72	
11	22/09/20	20/10/20	28	25	5713	228.52	
12	22/09/20	20/10/20	28	25	5658	226.32	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Obteniendo así para el mortero patrón una resistencia aproximada al 100% del total a una edad de 28 días, como indica la NTP y la ASTM, así mismo se observó una pérdida de resistencia del 14.92% y 19.93% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 44 y Figura 19.

Tabla 44: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.

Resistencia a compresión de mortero a 28 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	283.95	100.00%	0.00%
30%	241.57	85.08%	14.92%
40%	227.37	80.07%	19.93%

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

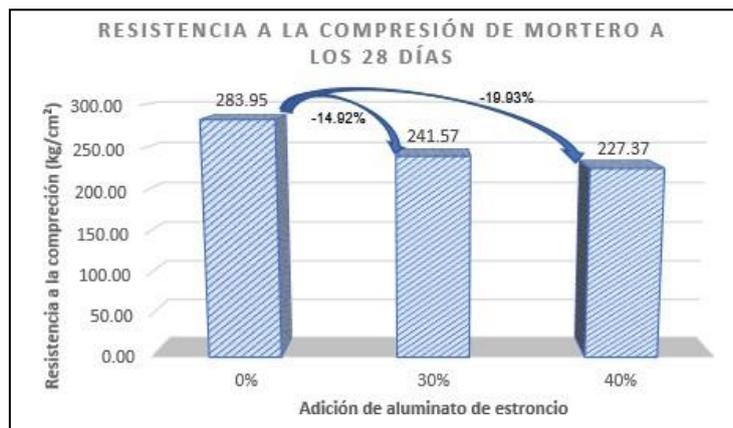


Figura 19: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Así mismo se ensayó probetas cubicas de lado 2" sometidas al ciclo de hielo-deshielo como indica la norma ASTM C666 de concreto, la cual nos fue referente debido a que no hay normas nacionales e internacionales para el mortero. Se consideró el curado sumergiendo en agua por la noche en un periodo de 12 horas calibrándolo con un termostato a temperatura de entre -8 a-15 °C y se descongelar sumergido en agua por el día en periodo de 12 horas a temperatura ambiental y se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 3, 7 y 28 días,

Para el mortero patrón a 3 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 111.99 kg/cm², como se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 3 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2798	111.92	111.99
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2813	112.52	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2788	111.52	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 3 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 95.27 kg/cm², como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 3 días.

Resistencia al hielo-deshielo							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2378	95.12	95.27
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2385	95.4	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2382	95.28	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 3 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 89.73 kg/cm², como se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 3 días.

Resistencia al hielo-deshielo							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2239	89.56	89.73
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2247	89.88	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2244	89.76	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

De los resultados se observó una pérdida de resistencia en relación de las probetas patrón del 14.79% y 19.76% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 48 y Figura 20.

Tabla 48: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo del mortero a 3 días.

Resistencia al ciclo de hielo-deshielo del mortero a 3 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	111.99	100.00%	0%
30%	95.27	85.07%	14.93%
40%	89.73	80.13%	19.87%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

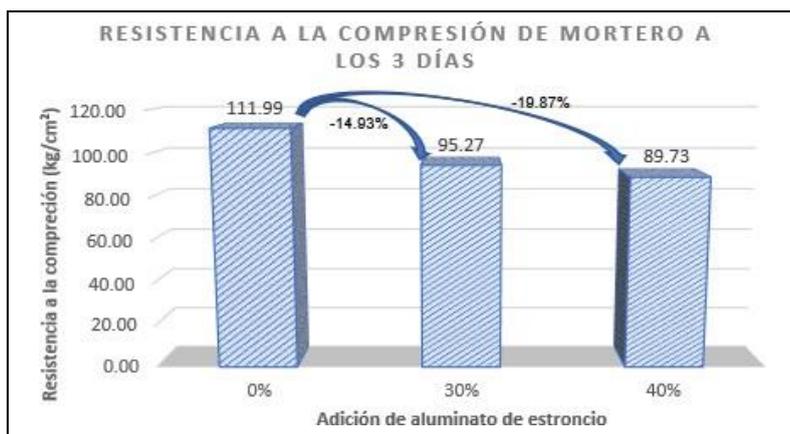


Figura 20: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo del mortero a 3 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero patrón a 7 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 178.39 kg/cm², como se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 7 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 7 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	4458	178.32	178.39
2	22/09/20	29/09/20	7	25	4473	178.92	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	4448	177.92	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 7 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 151.63 kg/cm², como se muestra en la Tabla 50.

Tabla 50: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 7 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 7 días							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3789	151.56	151.63
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3781	151.24	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3802	152.08	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 7 días de curado en ciclo de hielo-deshielo alcanzó una resistencia a compresión de 142.68 kg/cm², como se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 7 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 7 días							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3566	142.64	142.68
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3559	142.36	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3576	143.04	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

De los resultados se observó una pérdida de resistencia en relación de las probetas patrón del 15.00% y 20.02% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 52 y Figura 21.

Tabla 52: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 7 días.

Resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 7 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	178.39	100.00%	0%
30%	151.63	85.00%	15.00%
40%	142.68	79.98%	20.02%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

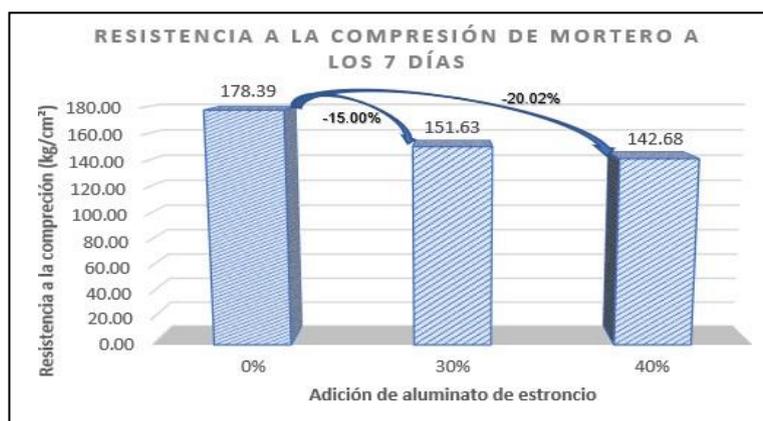


Figura 21: Resistencia ciclo de hielo y deshielo de mortero a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero patrón a 28 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 275.43 kg/cm², como se muestra en la Tabla 53.

Tabla 53: Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 28 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero patrón a 28 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia al hielo-deshielo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	6884	275.36	275.43
2	22/09/20	20/10/20	28	25	6899	275.96	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	6874	274.96	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 28 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 234.11 kg/cm², como se muestra en la Tabla 54.

Tabla 54: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 28 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 30% de A.E. a 28 días							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia al hielo-deshielo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	5851	234.04	234.11
2	22/09/20	20/10/20	28	25	5841	233.64	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	5866	234.64	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 28 días de curado en ciclo de hielo-deshielo se alcanzó una resistencia a compresión de 220.37 kg/cm², como se muestra en la Tabla 55.

Tabla 55: Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 28 días.

Resistencia al hielo-deshielo del mortero con 40% de A.E. a 28 días							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia al hielo-deshielo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	5507	220.28	220.37
2	22/09/20	20/10/20	28	25	5499	219.96	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	5522	220.88	

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

De los resultados se observó una pérdida de resistencia en relación de las probetas patrón del 15.00% y 19.99% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 56 y Figura 22.

Tabla 56: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 28 días.

Resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a los 28 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	275.43	100.00%	0.00%
30%	234.11	85.00%	15.00%
40%	220.37	80.01%	19.99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 22: Resumen de resistencia ciclo de hielo-deshielo de mortero a 28 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Posteriormente se desarrolló el ensayo de resistencia a compresión para las probetas de mortero cúbico de lado 2" de acuerdo a la norma ASTM C1012 y NTG 41014 h5, que cuente con y sin adición de aluminato de estroncio en un 30% y 40%

en relación al agregado fino, en las cuales dichas muestras estuvieron sumergidas a un curado independiente a su adicción, contando con recipientes de no corrosivos y que contaban con tapas para evitar la evaporación del sulfato de magnesio, la cual cuenta para 1 litro de solución, 50g de sulfato de magnesio disuelto en 900ml de agua destilada la cual estuvo elaborado 24h antes de su curado manteniéndose a una temperatura 23.0 ± 2.0 °C (73.5 ± 3.5 °F). Pasado el periodo de preparado de la solución de sometió a 3, 7 y 28 días de curado en condición de temperatura de 35 ± 3 °C (95 ± 5 °F).

Para el mortero patrón a 3 días de curado en solución de sulfato se obtuvo una resistencia a compresión de 109.63 kg/cm², como se muestra en la Tabla 57.

Tabla 57: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 3 días.

Resistencia al sulfato de mortero patrón a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2740	109.6	109.63
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2752	110.08	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2730	109.2	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 3 días de curado en solución de sulfato se alcanzó una resistencia a compresión de 93.25 kg/cm², como se muestra en la Tabla 58.

Tabla 58: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 3 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2329	93.16	93.25
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2346	93.84	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2319	92.76	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 3 días de curado en solución de sulfato se alcanzó una resistencia a compresión de 87.98 kg/cm², como se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 3 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 3 días.							
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	25	2192	87.68	87.72
2	22/09/20	25/09/20	3	25	2202	88.08	
3	22/09/20	25/09/20	3	25	2185	87.4	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se observó una pérdida de resistencia en relación del mortero patrón del 14.94% y 19.98% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 60 y Figura 23.

Tabla 60: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 3 días.

Resistencia al sulfato de mortero a 3 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	109.63	100.00%	0%
30%	93.25	85.06%	14.94%
40%	87.72	80.02%	19.98%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

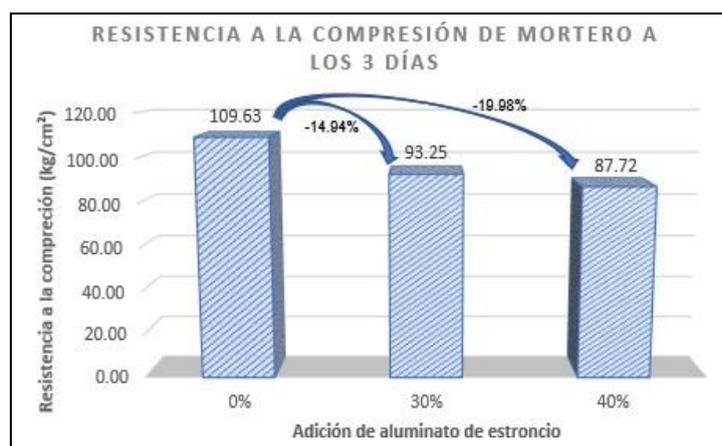


Figura 23: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 3 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero patrón a 7 días de curado en solución de sulfato se alcanzó una resistencia a compresión de 174.80 kg/cm², como se muestra en la Tabla 61.

Tabla 61: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 7 días.

Resistencia al sulfato de mortero patrón a 7 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Cambio de longitud (%)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	4365	174.6	174.8
2	22/09/20	29/09/20	7	25	4335	173.4	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	4410	176.4	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 7 días de curado en solución se sulfato alcanzó una resistencia a compresión de 148.49 kg/cm², como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 7 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 7 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3710	148.4	148.49
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3705	148.2	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3722	148.88	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 7 días de curado en solución de sulfato se alcanzó una resistencia a compresión de 139.79 kg/cm², como se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 7 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 7 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	25	3492	139.68	139.79
2	22/09/20	29/09/20	7	25	3480	139.2	
3	22/09/20	29/09/20	7	25	3512	140.48	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se observó una pérdida de resistencia en relación del mortero patrón del 14.70% y 19.69% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 64 y Figura 24.

Tabla 64: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 7 días.

Resistencia al sulfato de mortero a 7 días			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	174.80	100.00%	0%
30%	148.49	84.95%	15.05%
40%	139.79	79.97%	20.03%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

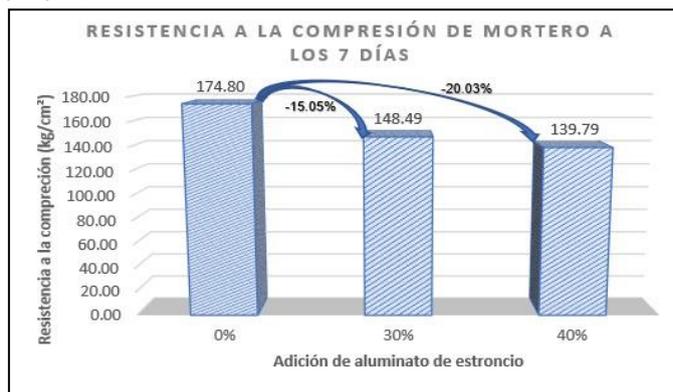


Figura 24: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 7 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero patrón a 28 días de curado en solución de sulfato se alcanzó una resistencia a compresión de 269.75 kg/cm², como se muestra en la Tabla 65.

Tabla 65: Resistencia al sulfato de mortero patrón a 28 días.

Resistencia al sulfato de mortero patrón a 28 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	6742	269.68	269.75
2	22/09/20	20/10/20	28	25	6762	270.48	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	6727	269.08	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio a los 28 días de curado en solución se sulfato alcanzó una resistencia a compresión de 229.44 kg/cm², como se muestra en la Tabla 66.

Tabla 66: Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 28 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 30% de A.E. a 28 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	5731	229.24	229.44
2	22/09/20	20/10/20	28	25	5726	229.04	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	5751	230.04	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 40% de aluminato de estroncio a los 28 días de curado en solución se sulfato alcanzó una resistencia a compresión de 215.96 kg/cm², como se muestra en la Tabla 67.

Tabla 67: Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 28 días.

Resistencia al sulfato de mortero con 40% de A.E. a 28 días.							
Nº	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Área de la cara superior (cm ²)	Peso de ruptura (kg)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	25	5394	215.76	215.96
2	22/09/20	20/10/20	28	25	5389	215.56	
3	22/09/20	20/10/20	28	25	5414	216.56	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Se observó una pérdida de resistencia en relación del mortero patrón del 14.70% y 19.69% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 68 y Figura 25.

Tabla 68: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 28 días.

Resistencia al sulfato de mortero a 28 días.			
Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
0%	269.75	100.00%	0.00%
30%	229.44	85.06%	14.94%
40%	215.96	80.06%	19.94%

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 25: Resumen de resistencia al sulfato de mortero a 28 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De todos los ensayos de resistencia la compresión del mortero con y sin adición de aluminato de estroncio sometido a curado normal, solución de sulfato de magnesio y ciclo de hielo-deshielo para una edad de 3 días se ha resumido en la Tabla 69 y Figura 26, donde se aprecia la pérdida de resistencia más crítica al adicionar 40% de aluminato de estroncio y estar sometido al curado en solución de sulfato de magnesio, donde se pierde una resistencia de 23.87% en relación al mortero patrón sometido a un curado normal.

Tabla 69: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 3 días.

Expuesto a curado	Resistencia a compresión de mortero a los 3 días.			
	Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia perdida (%)
Normal	0%	115.23	100.00%	0.00%
	30%	98.24	85.26%	14.74%
	40%	92.15	79.97%	20.03%
Ciclo de hielo-deshielo	0%	111.99	97.19%	2.81%
	30%	95.27	82.68%	17.32%
	40%	89.73	77.88%	22.12%
Solución de sulfato de magnesio	0%	109.63	95.14%	4.86%
	30%	93.25	80.93%	19.07%
	40%	87.72	76.13%	23.87%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

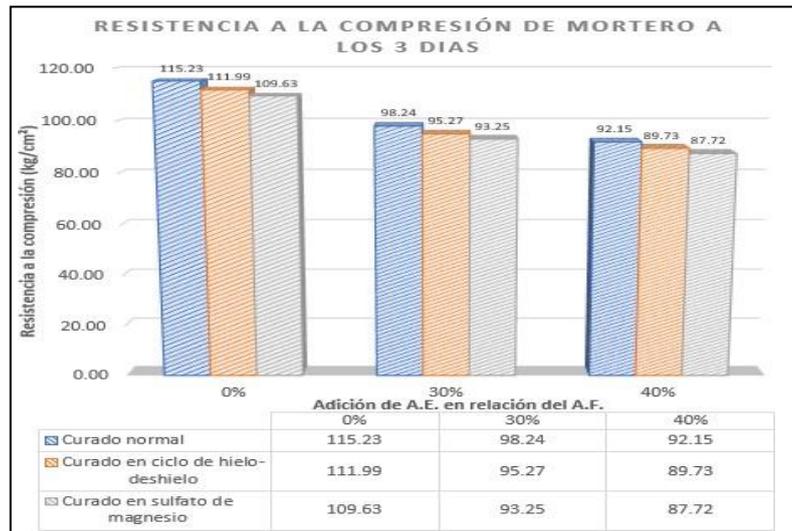


Figura 26: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 3 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

También se resumió para una edad de 7 días se obtuvo como resumen la Tabla 70 y Figura 27, donde se observa que existe una pérdida de resistencia más crítica al adicionar 40% de aluminato de estroncio y estar sometido al curado en solución de sulfato de magnesio, donde se pierde una resistencia de 23.97% en relación al mortero patrón sometido a un curado normal.

Tabla 70: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 7 días.

Expuesto a curado	Resistencia a compresión de mortero a los 7 días			
	Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia a pérdida (%)
Normal	0%	183.87	100.00%	0.00%
	30%	156.27	84.99%	15.01%
	40%	147.04	79.97%	20.03%
Ciclo de hielo-deshielo	0%	178.39	97.02%	2.98%
	30%	151.63	82.47%	17.53%
	40%	142.68	77.60%	22.40%
Solución de sulfato de magnesio	0%	174.80	95.07%	4.93%
	30%	148.49	80.76%	19.24%
	40%	139.79	76.03%	23.97%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

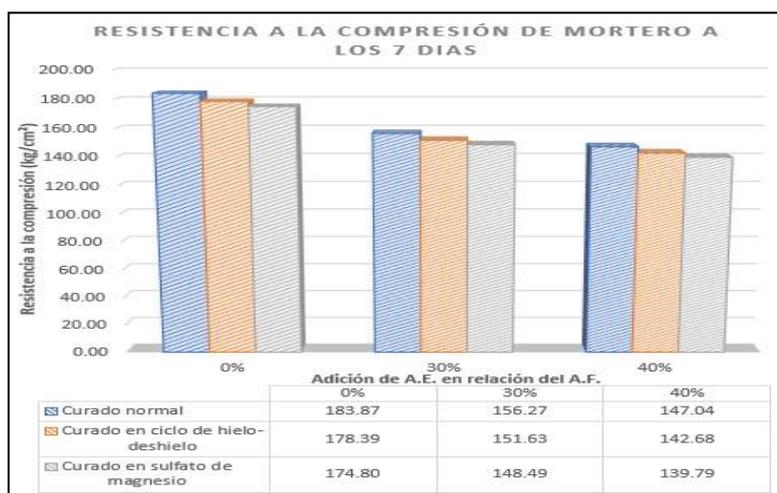


Figura 27: Resumen de resistencia a compresión de morteros a 7 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así mismo para una edad de 28 días se obtuvo como resumen la Tabla 71 y Figura 28, donde se observa que existe una pérdida de resistencia más crítica al adicionar 40% de aluminato de estroncio y estar sometido al curado en solución de sulfato de magnesio, donde se pierde una resistencia de 23.94% en relación al mortero patrón sometido a un curado normal.

Tabla 71: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.

Expuesto a curado	Resistencia a compresión de mortero a 28 días			
	Adición de A.E.	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (%)	Resistencia a pérdida (%)
Normal	0%	283.95	100.00%	0.00%
	30%	241.57	85.08%	14.92%
	40%	227.37	80.07%	19.93%
Ciclo de hielo-deshielo	0%	275.43	97.00%	3.00%
	30%	234.11	82.45%	17.55%
	40%	220.37	77.61%	22.39%
Solución de sulfato de magnesio	0%	269.75	95.00%	5.00%
	30%	229.44	80.80%	19.20%
	40%	215.96	76.06%	23.94%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

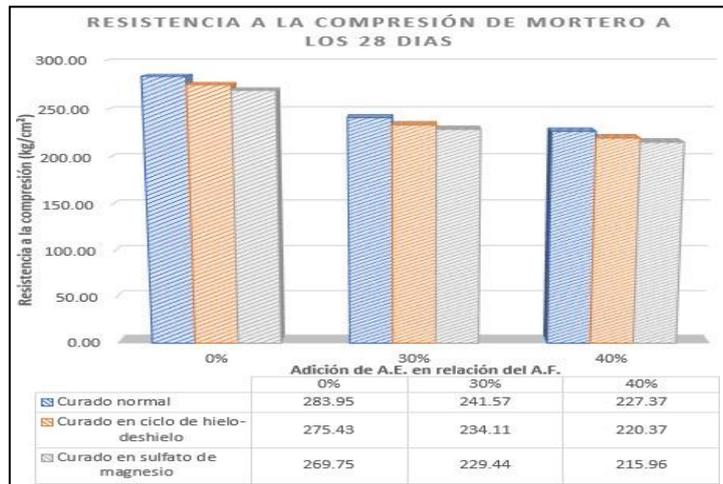


Figura 28: Resumen de resistencia a compresión de mortero a 28 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Prueba de hipótesis con el estadístico t: Utilizando el valor de P y T.

Se consideraron de todas las muestras de cubos (L=5cm) ensayadas a los 28 días a resistencia a compresión y sometidos a diferentes tipos de curados, la muestra más crítica que en este caso es aquella que está curado en solución de sulfato y cuenta con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, para lo cual se ensayó 3 probetas como se observa en la Tabla 67, esto verificando su cumplimiento con los parámetros mínimos admisible para pavimentos en zonas de bajo tránsito establecida por la AASHTO 93 y PCA 84 la cual es 210 kg/cm².

Formulación de hipótesis:

H₀: $\mu < 210\text{kg}/\text{cm}^2$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero no cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

H_{a1}: $\mu \geq 210\text{kg}/\text{cm}^2$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

Considerar para el contraste de hipótesis utilizando el valor de P, si:

Valor P > Nivel de significancia → Se acepta la H₀ y se rechaza la H_a

Valor P < Nivel de significancia → Se rechaza la H₀ y se acepta la H_a

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media hipotética de 210 kg/cm². Se calcula la media, desviación estándar y valor de t obteniendo como resumen la Figura 29 de estadísticas descriptivas, de prueba de hipótesis y Figura 31 de interpretación de prueba de t de Student.

Calculando la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{647.88 \text{ kg/cm}^2}{3} = 215.96 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{0.56}{3 - 1}} = 0.529$$

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media 95%	Límite inferior de para μ
3	215.960	0.529	0.306	215.068

μ : media de R.C. con 40% de A.E. en Sulfato

Figura 29: Estadística descriptiva de H_{a1}-resistencia a compresión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Calculando el valor de t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{215.96 - 210}{\frac{0.529}{\sqrt{3}}} = 19.51$$

Prueba	
Hipótesis nula	H ₀ : $\mu = 210$
Hipótesis alterna	H ₁ : $\mu > 210$
<u>Valor T</u>	<u>Valor p</u>
19.51	0.001

Figura 30: Prueba de hipótesis H_{a1}-resistencia a compresión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

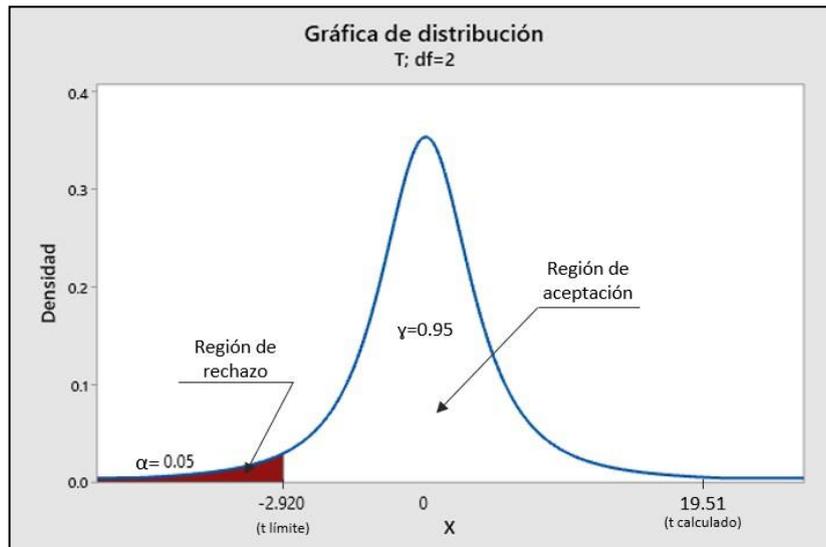


Figura 31: T de Student para resistencia a compresión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Discusión y conclusión:

El estadístico $t = 19.51$ respecto a la durabilidad ante la exposición a compresión se encuentra en la región de aceptación lo cual indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Así mismo obteniendo el valor de $P = 0.001$ mediante tablas se observa que es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Con estos resultados concluimos que la dosificación de 280kg/cm^2 para el mortero con 40% de aluminato de estroncio y sometido al estado más crítico de curado en solución de sulfato alcanza superar la resistencia mínima de 210kg/cm^2 para pavimentos en zona de bajo tránsito por lo que cumple con la normativa del AASHTO 93 y PCA 84.

Posteriormente se desarrolló la resistencia a flexión de las vigas de $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ que cuentan con y sin adición de aluminato de estroncio al 30% y 40% del agregado fino, de acuerdo a la norma ASTM C348 a una edad de 3, 7 y 28 días sometido a un curado normal y considerando la ubicación de la viga ante el ensayo como se muestra en la Figura 9 y manteniendo una condición de temperatura del $23^\circ \pm 3^\circ\text{C}$.

Obteniendo para las vigas de mortero patrón a 3 días de curado normal un módulo de ruptura de 81.88 kg/cm², como se muestra en la Tabla 72.

Tabla 72: Resistencia a flexión de mortero patrón a 3 días.

Resistencia a flexión de mortero patrón a 3 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	215	80.63	81.88
2	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	230	86.25	
3	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	210	78.75	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo que a los 3 días de curado cuenta con un módulo de ruptura de 69.75 kg/cm², como se muestra en la Tabla 73.

Tabla 73: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 3 días

Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 3 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	183	68.63	69.75
2	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	193	72.38	
3	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	168	63	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo que a los 3 días de curado normal cuenta con un módulo de ruptura de 65.63 kg/cm², como se muestra en la Tabla 74.

Tabla 74: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 3 días.

Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 3 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	172	64.5	65.63
5	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	182	68.25	
6	22/09/20	25/09/20	3	16	4	4	157	58.88	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Desarrollado los ensayos se observó una pérdida de módulo de ruptura del 14.74% y 20.03% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se observa en la Tabla 75 y Figura 32.

Tabla 75: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 3 días.

Resistencia a flexión de las vigas de mortero a los 3 días.			
Adición de A.E.	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Módulo de ruptura obtenida (%)	Módulo de ruptura perdida (%)
0%	81.88	100.00%	0.00%
30%	69.75	85.19%	14.81%
40%	65.63	80.15%	19.85%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

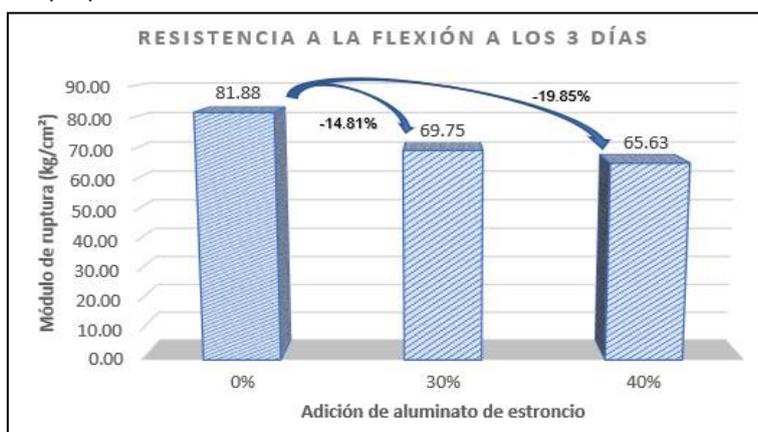


Figura 32: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 3 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para las vigas de mortero patrón se determinó a los 7 días de curado normal su módulo de ruptura obteniendo 128.75 kg/cm², como se muestra en la Tabla 76.

Tabla 76: Resistencia a flexión de mortero patrón a 7 días.

Resistencia a flexión de mortero patrón a 7 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	340	127.5	128.75
2	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	355	133.13	
3	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	335	125.63	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo a los 7 días de curado normal un módulo de ruptura de 109.13 kg/cm², como se muestra en la Tabla 77.

Tabla 77: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 7 días.

Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 7 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	289	108.38	109.13
2	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	304	114	
3	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	264	99	
4	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	274	102.75	
5	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	299	112.13	
6	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	274	102.75	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo a los 7 días de curado un módulo de ruptura de 102.75 kg/cm², como se muestra en la Tabla 78.

Tabla 78: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 7 días.

Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 7 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	272	102	102.75
2	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	287	107.63	
3	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	247	92.63	
4	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	257	96.38	
5	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	282	105.75	
6	22/09/20	29/09/20	7	16	4	4	257	96.38	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

De lo desarrollado se observó una pérdida de módulo de ruptura del 15.24% y 20.19% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 79 y Figura 33.

Tabla 79: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 7 días

Resistencia a flexión de las vigas de mortero a los 7 días.			
Adición de A.E.	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Módulo de ruptura obtenida (%)	Módulo de ruptura perdida (%)
0%	128.75	100.00%	0%
30%	109.13	84.76%	15.24%
40%	102.75	79.81%	20.19%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

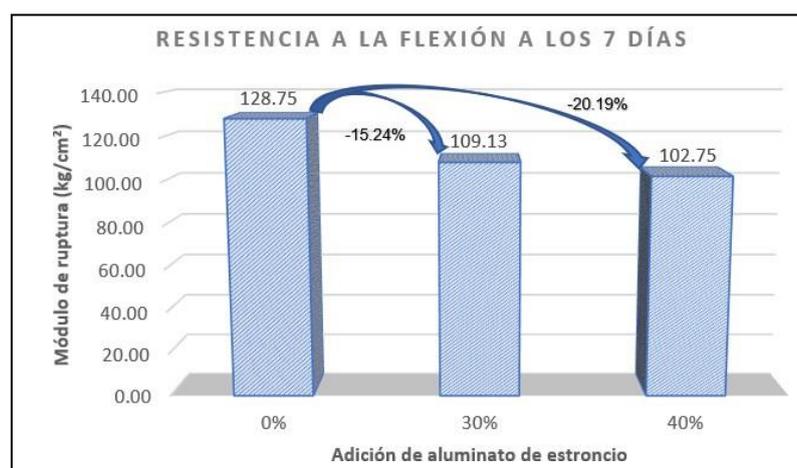


Figura 33: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 7 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así mismo para las vigas de mortero patrón se determinó a los 28 días de curado normal su módulo de ruptura obteniendo 198.13 kg/cm², como se muestra en la Tabla 80.

Tabla 80: Resistencia a flexión de mortero patrón a 28 días.

Resistencia a flexión de mortero patrón a 28 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	525	196.88	198.13
2	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	540	202.5	
3	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	520	195	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo a los 28 días de curado normal un módulo de ruptura de 168.72 kg/cm², como se muestra en la Tabla 81.

Tabla 81: Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.

Resistencia a flexión de mortero con 30% de A.E. a 28 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	447	167.63	168.72
2	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	467	175.13	
3	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	462	173.25	
4	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	442	165.75	
5	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	422	158.25	
6	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	482	180.75	
7	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	432	162.00	
8	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	442	165.75	
9	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	457	171.38	
10	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	472	177.00	
11	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	432	162.00	
12	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	442	165.75	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para las vigas de mortero que cuenten con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, se obtuvo a los 28 días de curado normal un módulo de ruptura de 158.59 kg/cm², como se muestra en la Tabla 82.

Tabla 82: Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.

Resistencia a flexión de mortero con 40% de A.E. a 28 días									
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
1	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	420	157.5	158.59
2	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	440	165	
3	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	435	163.13	
4	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	415	155.63	
5	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	395	148.13	
6	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	455	170.63	
7	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	405	151.88	
8	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	415	155.63	
9	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	430	161.25	
10	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	445	166.88	
11	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	405	151.88	
12	22/09/20	20/10/20	28	16	4	4	415	155.63	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

De lo desarrollado se observó una pérdida de módulo de ruptura del 14.84% y 19.95% al adicionar 30% y 40% de aluminato de estroncio respectivamente, como se muestra en la Tabla 83 y Figura 34.

Tabla 83: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 28 días.

Resistencia a flexión de las vigas de mortero a los 28 días.			
Adición de A.E.	Módulo de ruptura(kg/cm ²)	Módulo de ruptura obtenida (%)	Módulo de ruptura perdida (%)
0%	198.13	100.00%	0.00%
30%	168.72	85.16%	14.84%
40%	158.59	80.05%	19.95%

Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 34: Resumen de resistencia a flexión de las vigas de mortero a 28 días.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Desarrollado los ensayos de resistencia a flexión del mortero con y sin adición de aluminato de estroncio sometido a curado normal a una edad de 3, 7 y 28 días se ha resumido en la Tabla 84 y Figura 35, donde se observa que el módulo de ruptura más crítica en todas las edad des de ensayo se da al adicionar 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, perdiendo así un 20.03%, 20.19% y 20.19% del módulo de ruptura respectivamente en relación al mortero patrón.

Tabla 84: Resumen de resistencia a flexión a 3, 7 y 28 días.

Edad (días)	Adición de A.E.	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Módulo de ruptura obtenida (%)	Módulo de ruptura perdida (%)
28	0%	198.13	100.00%	0.00%
	30%	168.72	85.16%	14.84%
	40%	158.59	80.05%	19.95%
7	0%	128.75	100.00%	0.00%
	30%	109.13	84.76%	15.24%
	40%	102.75	79.81%	20.19%
3	0%	115.23	100.00%	0.00%
	30%	98.24	85.26%	14.74%
	40%	92.15	79.97%	20.03%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

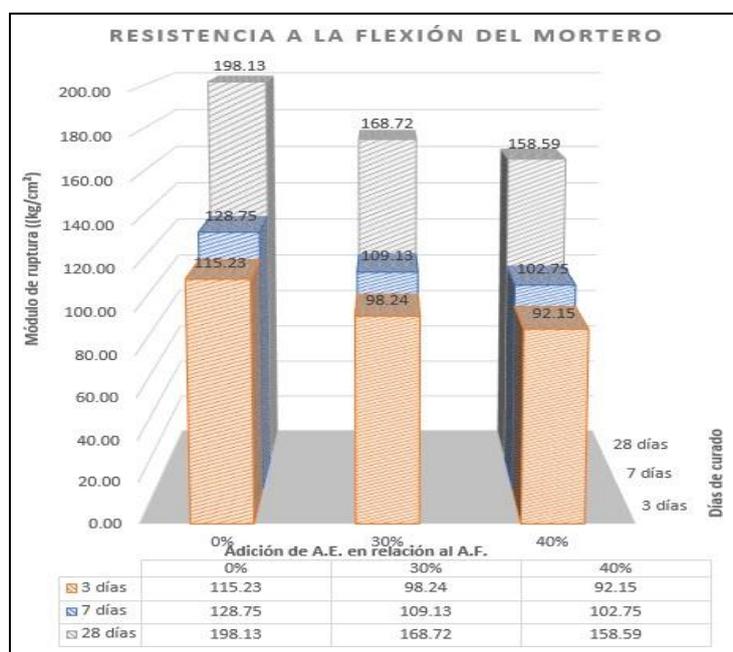


Figura 35: Resumen de resistencia a flexión a 3, 7 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Prueba de hipótesis con el estadístico t: Utilizando el valor de P y T.

Se consideraron de todas las muestras de vigas ensayadas a 28 días a resistencia a flexión y sometidos a curado normal, la muestra más crítica que en este caso es aquella que cuenta con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, para lo cual se ensayó 12 vigas cómo se observa en la Tabla 82, esto verificando su cumplimiento con los parámetros mínimos admisible para pavimentos en zonas de bajo tránsito establecida por la AASHTO 93 y PCA 84 la cual es 38.75 kg/cm².

Formulación de hipótesis:

H₀: $\mu < 38.75\text{kg/cm}^2$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero no cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

H_{a1}: $\mu \geq 38.75\text{kg/cm}^2$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

Considerar para el contraste de hipótesis utilizando el valor de P, si:

Valor P > Nivel de significancia → Se acepta la H₀ y se rechaza la H_a

Valor P < Nivel de significancia → Se rechaza la H₀ y se acepta la H_a

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media hipotética de 38.7492 kg/cm². Se calcula la media, desviación estándar y valor de t obteniendo como resumen la Figura 36 de estadísticas descriptivas, Figura 37 de prueba de hipótesis y Figura 38 de interpretación de prueba de t de Student.

Calculando la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{1903.13\text{kg/cm}^2}{12} = 158.59\text{kg/cm}^2$$

Calculando la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{509.47}{12 - 1}} = 6.806$$

Estadísticas descriptivas				
			Error estándar de la media 95%	Límite inferior de para μ
N	Media	Desv.Est.		
12	158.59	6.81	1.96	155.07

μ : media de R.F. con 40% de A.E.

Figura 36: Estadística descriptiva de H_{a1} -resistencia a flexión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Calculando el valor de t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{158.59 - 38.75}{\frac{6.806}{\sqrt{12}}} = 61.00$$

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 38.7492$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu > 38.7492$
<u>Valor T</u>	<u>Valor p</u>
61.00	0.000

Figura 37: Prueba de hipótesis H_{a1} -resistencia a flexión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

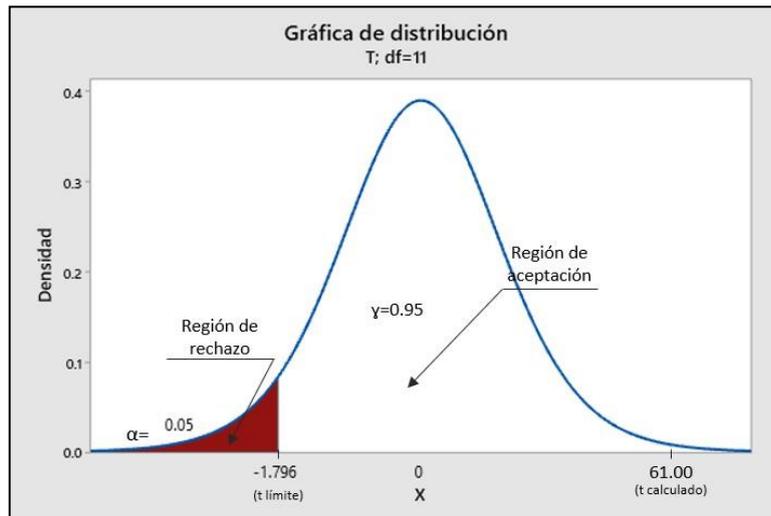


Figura 38: T de Student para resistencia a flexión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Discusión y conclusión:

El estadístico $t = 61.00$ respecto a la durabilidad ante la exposición a flexión se encuentra en la región de aceptación lo cual indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Así mismo obteniendo el valor de $P = 0.00$ mediante tablas se observa que es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Con estos resultados concluimos que el mortero más crítico con 40% de aluminato de estroncio supera la resistencia a flexión mínima de 38.75 kg/cm^2 para pavimentos en zona de bajo tránsito por lo que cumple con la normativa del AASHTO 93 y PCA 84.

También se desarrolló el ensayo de resistencia a la abrasión por el método de Böhme, de acuerdo a la norma EN 1338:2003, anexo G y H y La NTG 41087 h2 a la edad de 28 días para ver su desgaste en base a la pérdida de volumen de las probetas cúbicas de $L = 70 \text{ mm}$, el cual inicialmente tiene un volumen de probeta de 343000 mm^3 y una densidad de 0.0022 g/mm^3 . El ensayo consistió en cometer el mortero cúbico a la abrasión de un disco con material abrasivo por 16 ciclos (cada ciclo consistirá en 22 revoluciones) manteniendo a una condición de temperatura del $23^\circ \pm 3^\circ \text{C}$.

Obteniendo así para el mortero patrón sometido a curado normal por 28 días una pérdida de volumen de la probeta de 0.63% (2051.27mm³), como se muestra en la Tabla 85.

Tabla 85: Resistencia a la abrasión de mortero patrón a 28 días.

Resistencia a la abrasión de mortero patrón a 28 días.								
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Masa inicial de la probeta (g)	Masa final de la probeta (g)	Pérdida de masa de la probeta (g)	Pérdida de volumen de la probeta (mm ³)	Promedio (mm ³)
1	22/09/20	20/10/20	28	760	756.00	4.50	2030.92	2151.27
2	22/09/20	20/10/20	28	761	756.80	5.00	2256.58	
3	22/09/20	20/10/20	28	759	754.40	4.80	2166.32	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino y sometido a curado normal por 28 días se obtuvo una pérdida de volumen de la probeta de 1.23% (4212.28mm³), como se muestra en la Tabla 86.

Tabla 86: Resistencia a la abrasión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.

Resistencia a la abrasión de mortero con 30% de A.E. a 28 días.								
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Masa inicial de la probeta (g)	Masa final de la probeta (g)	Pérdida de masa de la probeta (g)	Pérdida de volumen de la probeta (mm ³)	Promedio (mm ³)
1	22/09/20	20/10/20	28	760.10	750.70	9.40	4242.37	4212.28
2	22/09/20	20/10/20	28	761.20	751.50	9.70	34.77.76	
3	22/09/20	20/10/20	28	759.10	750.20	8.90	4016.71	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Para el mortero con adición del 30% de aluminato de estroncio en relación al peso del agregado fino y sometido a curado normal por 28 días se obtuvo una pérdida de volumen de la probeta de 1.29% (4422.89mm³), como se muestra en la Tabla 87.

Tabla 87: Resistencia a la abrasión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.

Resistencia a la abrasión de mortero con 40% de A.E. a 28 días.								
N°	Fecha de inicio de curado	Fecha de final de curado y ensayo	Edad (días)	Masa inicial de la probeta (g)	Masa final de la probeta (g)	Pérdida de masa de la probeta (g)	Pérdida de volumen de la probeta (mm ³)	Promedio (mm ³)
1	22/09/20	20/10/20	28	760.40	751.00	9.40	4242.37	4422.89
2	22/09/20	20/10/20	28	761.10	751.30	9.80	4422.89	
3	22/09/20	20/10/20	28	759.20	749.00	10.20	4603.42	

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Desarrollado los ensayos de resistencia a la abrasión del mortero con y sin adición de aluminato de estroncio sometido a curado normal a una edad de 28 días se ha resumido en la Tabla 88 y Figura 39, donde se observa que la pérdida de volumen más crítica en todas las edades se da al adicionar 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, perdiendo así un excedente de volumen de 171.43% del volumen respectivamente en relación al mortero patrón.

Tabla 88: Resumen de resistencia a la abrasión de mortero a 28 días.

Resistencia a la abrasión de mortero a 28 días			
Adición de A.E.	Perdida de volumen de la probeta (mm ³)	Perdida de volumen de la probeta (%)	Perdida excedente de volumen de la probeta (%)
0%	2151.27	100.00%	0.00%
30%	4212.28	195.80%	95.81%
40%	4422.89	205.59%	105.59%

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

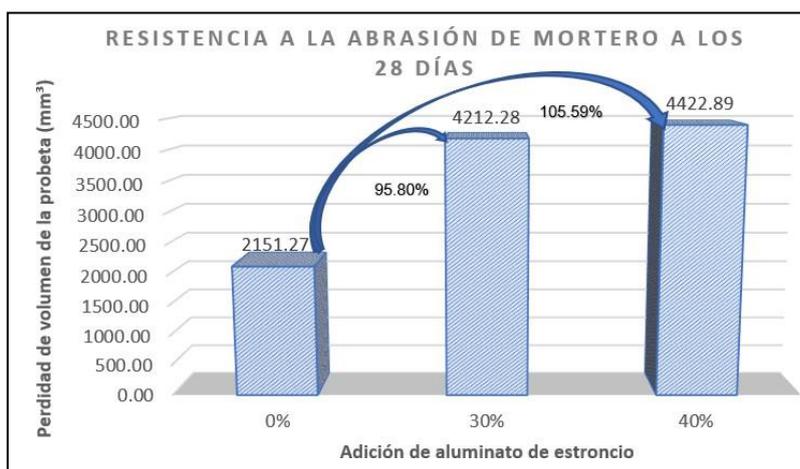


Figura 39: Resumen de resistencia a la abrasión de mortero a 28 días.

Fuente: Laboratorio de WRC INGEO S.A.C., 2020.

Prueba de hipótesis con el estadístico t: Utilizando el valor de P y T.

Se consideraron de todas las muestras de cubos (L=7cm) ensayadas a los 28 días a resistencia a resistencia a la abrasión y sometidos a curado normal, la muestra más crítica que en este caso es aquella que cuenta con adición del 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino, para lo cual se ensayó 3 probetas como se observa en la Tabla 87, esto verificando que no supere la abrasión máxima admisible para pavimentos en zonas de bajo tránsito establecida

por la NTE INEN 3040 la cual indica que no debe de superar los 5000m³ de perdida por abrasión.

Formulación de hipótesis:

H₀: $\mu \geq 5000m^3$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero no cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

H_{a1}: $\mu < 5000m^3$ La durabilidad al grado de exposición de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

Considerar para el contraste de hipótesis utilizando el valor de P, si:

Valor P > Nivel de significancia → Se acepta la H₀ y se rechaza la H_a

Valor P < Nivel de significancia → Se rechaza la H₀ y se acepta la H_a

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media hipotética de 5000m³. Se calcula la media, desviación estándar y valor de t obteniendo como resumen la Figura 40 de estadísticas descriptivas, Figura 41 de prueba de hipótesis y Figura 42 de interpretación de prueba de t de Student.

Calculando la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{13268.68mm^3}{3} = 4422.89mm^3$$

Calculando la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{65179.50}{3 - 1}} = 180.526$$

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
3	4423	181	104	4727

μ : media de R.A. con 40% de A.E.

Figura 40: Estadística descriptiva de H_{a1}-resistencia a la abrasión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Calculando el valor de t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{4422.89 - 5000.00}{\frac{180.53}{\sqrt{3}}} = -5.53$$

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 5000$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu < 5000$
Valor T	Valor p
-5.54	0.016

Figura 41: Prueba de hipótesis H_{a1} -resistencia a la abrasión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

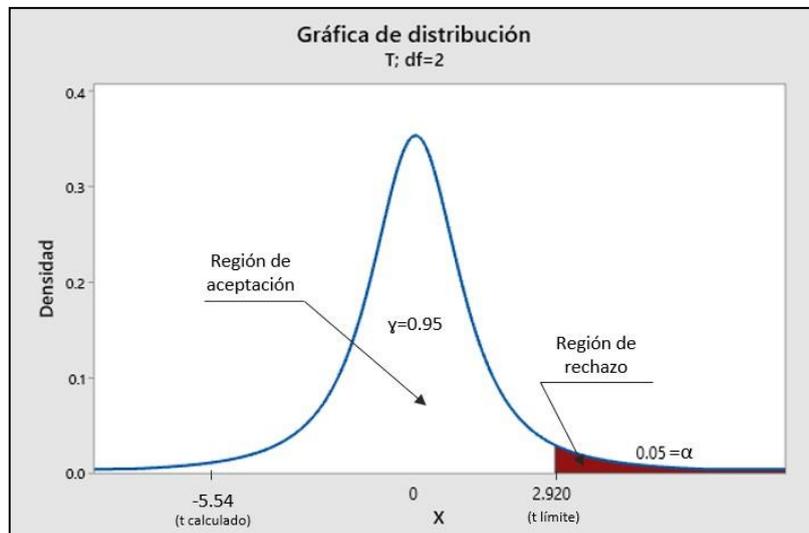


Figura 42: T de Student para resistencia a la abrasión.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Discusión y conclusión:

El estadístico $t = -5.54$ respecto a la durabilidad ante la exposición a la abrasión se encuentra en la región de aceptación lo cual indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Así mismo obteniendo el valor de $P = 0.016$ mediante tablas se observa que es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Con estos resultados concluimos que el mortero más crítico con 40% de aluminato de estroncio no supera la abrasión de 5000m³ para pavimentos en zona de bajo tránsito por lo que cumple con la normativa de la NTE INEN 3040.

Para el ensayo de iluminancia se utilizó la herramienta del luxómetro para medir así su iluminación del mortero con 30% y 40% de aluminato de estroncio, esto producto de la exposición a una luz artificial de 6420 lux, por un periodo de carga de 20, 40 y 60 minutos, manteniendo a una condición de temperatura del $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ de curado normal hasta los 28 días. Obteniendo así los siguientes resultados:

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 20 minutos, se obtuvo una iluminancia al $t=0\text{s}$ de 11.29 lux y $t=1200\text{s}$ de 0.11 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 89. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 89: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 20 min.

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 20 min. para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	11.12	11.39	11.35	11.29	100%	0%
20	6.24	6.06	6.15	6.15	54%	46%
40	3.52	3.81	3.67	3.67	32%	68%
60	2.41	2.70	2.56	2.56	23%	77%
80	1.87	2.00	1.94	1.94	17%	83%
100	1.42	1.65	1.54	1.54	14%	86%
120	1.15	1.36	1.26	1.26	11%	89%
140	0.91	1.14	1.04	1.03	9%	91%
160	0.83	0.99	0.92	0.91	8%	92%
180	0.74	0.88	0.84	0.82	7%	93%
200	0.71	0.78	0.74	0.74	7%	93%
220	0.66	0.72	0.70	0.69	6%	94%
240	0.62	0.64	0.65	0.64	6%	94%
260	0.55	0.60	0.59	0.58	5%	95%
280	0.51	0.54	0.55	0.53	5%	95%
300	0.47	0.49	0.48	0.48	4%	96%
320	0.45	0.46	0.44	0.45	4%	96%
340	0.44	0.43	0.43	0.43	4%	96%
360	0.41	0.40	0.41	0.41	4%	96%
380	0.38	0.38	0.37	0.38	3%	97%
400	0.37	0.35	0.36	0.36	3%	97%
420	0.36	0.33	0.34	0.34	3%	97%
440	0.34	0.33	0.33	0.33	3%	97%
460	0.31	0.29	0.30	0.30	3%	97%
480	0.29	0.28	0.27	0.28	2%	98%
500	0.27	0.26	0.26	0.26	2%	98%
520	0.25	0.26	0.24	0.25	2%	98%
540	0.23	0.24	0.22	0.23	2%	98%
560	0.22	0.23	0.20	0.22	2%	98%
580	0.19	0.22	0.18	0.20	2%	98%
600	0.16	0.19	0.17	0.17	2%	98%
620	0.15	0.17	0.13	0.15	1%	99%
1200	0.11	0.12	0.10	0.11	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 40 minutos, se obtuvo una iluminancia al $t=0s$ de 11.60 lux y $t=1200s$ de 0.11 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 90. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 88: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 40 min.

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 40 min. para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	11.82	11.42	11.55	11.60	100%	0%
20	7.21	6.34	6.63	6.73	58%	42%
40	3.81	3.72	3.75	3.76	32%	68%
60	3.51	3.20	3.30	3.34	29%	71%
80	2.12	1.94	2.00	2.02	17%	83%
100	1.71	1.65	1.67	1.68	14%	86%
120	1.51	1.45	1.47	1.48	13%	87%
140	1.22	1.12	1.15	1.16	10%	90%
160	0.96	0.94	0.95	0.95	8%	92%
180	0.91	0.87	0.88	0.89	8%	92%
200	0.86	0.84	0.85	0.85	7%	93%
220	0.82	0.79	0.80	0.80	7%	93%
240	0.77	0.75	0.76	0.76	7%	93%
260	0.75	0.71	0.73	0.73	6%	94%
280	0.70	0.67	0.69	0.69	6%	94%
300	0.67	0.6	0.65	0.64	6%	94%
320	0.61	0.55	0.55	0.57	5%	95%
340	0.54	0.51	0.51	0.52	4%	96%
360	0.53	0.51	0.49	0.51	4%	96%
380	0.48	0.47	0.46	0.47	4%	96%
400	0.45	0.43	0.41	0.43	4%	96%
420	0.43	0.40	0.37	0.40	3%	97%
440	0.41	0.38	0.35	0.38	3%	97%
460	0.38	0.36	0.33	0.36	3%	97%
480	0.36	0.34	0.29	0.33	3%	97%
500	0.35	0.32	0.28	0.32	3%	97%
520	0.33	0.29	0.27	0.30	3%	97%
540	0.31	0.28	0.25	0.28	2%	98%
560	0.29	0.26	0.23	0.26	2%	98%
580	0.28	0.25	0.22	0.25	2%	98%
600	0.27	0.24	0.18	0.23	2%	98%
620	0.24	0.23	0.15	0.21	2%	98%
1200	0.12	0.11	0.11	0.11	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 60 minutos, se obtuvo una iluminancia al $t=0s$ de 11.73 lux y $t=1200s$ de 0.12 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 91. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 89: Iluminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 60 min.

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 60 min. para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	11.94	11.45	11.8	11.73	100%	0%
20	6.70	6.20	6.45	6.45	55%	45%
40	3.70	3.67	3.69	3.69	31%	69%
60	2.61	2.53	2.57	2.57	22%	78%
80	1.82	1.71	1.77	1.77	15%	85%
100	1.57	1.53	1.55	1.55	13%	87%
120	1.34	1.31	1.33	1.33	11%	89%
140	0.98	1.11	1.05	1.05	9%	91%
160	0.92	0.96	0.94	0.94	8%	92%
180	0.78	0.85	0.82	0.82	7%	93%
200	0.72	0.75	0.74	0.74	6%	94%
220	0.65	0.68	0.67	0.67	6%	94%
240	0.61	0.62	0.62	0.62	5%	95%
260	0.58	0.60	0.59	0.59	5%	95%
280	0.54	0.52	0.53	0.53	5%	95%
300	0.52	0.48	0.5	0.50	4%	96%
320	0.49	0.46	0.48	0.48	4%	96%
340	0.45	0.44	0.46	0.45	4%	96%
360	0.43	0.42	0.44	0.43	4%	96%
380	0.41	0.38	0.4	0.40	3%	97%
400	0.40	0.36	0.39	0.38	3%	97%
420	0.39	0.34	0.36	0.36	3%	97%
440	0.37	0.33	0.35	0.35	3%	97%
460	0.36	0.31	0.34	0.34	3%	97%
480	0.35	0.31	0.33	0.33	3%	97%
500	0.33	0.29	0.31	0.31	3%	97%
520	0.30	0.28	0.29	0.29	2%	98%
540	0.29	0.27	0.24	0.27	2%	98%
560	0.27	0.26	0.23	0.25	2%	98%
580	0.25	0.26	0.22	0.24	2%	98%
600	0.23	0.25	0.21	0.23	2%	98%
620	0.19	0.22	0.17	0.19	2%	98%
1200	0.12	0.12	0.11	0.12	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 20 minutos, se obtuvo una iluminancia al t=0s de 12.30 lux y t=1200s de 0.12 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 95. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 90: Iluminancia de mortero con 90% de A.E. cargado a 90 min.

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 20 min. para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	12.5	12.1	12.3	12.30	100%	0%
20	9.85	9.45	9.79	9.70	79%	21%
40	5.46	5.06	5.37	5.30	43%	57%
60	4.98	4.58	4.62	4.73	38%	62%
80	4.66	4.26	4.44	4.45	36%	64%
100	3.40	3.00	3.12	3.17	26%	74%
120	3.12	2.72	2.96	2.93	24%	76%
140	2.64	2.24	2.38	2.42	20%	80%
160	2.26	1.97	2.12	2.12	17%	83%
180	1.95	1.76	1.91	1.87	15%	85%
200	1.56	1.32	1.70	1.53	12%	88%
220	1.42	1.21	1.33	1.32	11%	89%
240	1.28	1.12	1.19	1.20	10%	90%
260	1.16	1.000	1.14	1.10	9%	91%
280	1.07	0.97	1.04	1.03	8%	92%
300	0.98	0.96	0.97	0.97	8%	92%
320	0.91	0.89	0.89	0.90	7%	93%
340	0.84	0.82	0.83	0.83	7%	93%
360	0.79	0.77	0.78	0.78	6%	94%
380	0.76	0.74	0.75	0.75	6%	94%
400	0.69	0.67	0.68	0.68	6%	94%
420	0.65	0.63	0.64	0.64	5%	95%
440	0.61	0.59	0.59	0.60	5%	95%
460	0.58	0.56	0.57	0.57	5%	95%
480	0.55	0.53	0.52	0.53	4%	96%
500	0.52	0.50	0.49	0.50	4%	96%
520	0.49	0.47	0.44	0.47	4%	96%
540	0.47	0.37	0.42	0.42	3%	97%
560	0.45	0.35	0.39	0.40	3%	97%
580	0.43	0.33	0.38	0.38	3%	97%
600	0.41	0.31	0.33	0.35	3%	97%
620	0.39	0.34	0.31	0.35	3%	97%
1200	0.12	0.11	0.12	0.12	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 40 minutos, se obtuvo una iluminancia al $t=0s$ de 13.51 lux y $t=1200s$ de 0.12 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 93. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 91: Iluminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 91 min.

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 40 min. para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	12.94	13.12	14.48	13.51	100%	0%
20	10.15	10.61	11.49	10.75	80%	20%
40	5.51	3.72	6.21	5.15	38%	62%
60	3.82	3.2	3.98	3.67	27%	73%
80	3.01	1.94	3.21	2.72	20%	80%
100	2.43	1.65	2.54	2.21	16%	84%
120	2.05	1.45	2.12	1.87	14%	86%
140	1.75	1.12	1.79	1.55	11%	89%
160	1.53	0.94	1.62	1.36	10%	90%
180	1.35	0.87	1.36	1.19	9%	91%
200	1.21	0.84	1.17	1.07	8%	92%
220	1.08	0.79	1.10	0.99	7%	93%
240	0.99	0.75	0.97	0.90	7%	93%
260	0.90	0.71	0.82	0.81	6%	94%
280	0.83	0.67	0.74	0.75	6%	94%
300	0.76	0.6	0.68	0.68	5%	95%
320	0.71	0.55	0.64	0.63	5%	95%
340	0.67	0.51	0.6	0.59	4%	96%
360	0.62	0.51	0.56	0.56	4%	96%
380	0.59	0.47	0.52	0.53	4%	96%
400	0.55	0.43	0.46	0.48	4%	96%
420	0.51	0.4	0.43	0.45	3%	97%
440	0.48	0.38	0.40	0.42	3%	97%
460	0.46	0.36	0.38	0.40	3%	97%
480	0.43	0.34	0.36	0.38	3%	97%
500	0.42	0.32	0.33	0.36	3%	97%
520	0.39	0.29	0.31	0.33	2%	98%
540	0.37	0.28	0.29	0.31	2%	98%
560	0.36	0.26	0.27	0.30	2%	98%
580	0.33	0.25	0.25	0.28	2%	98%
600	0.32	0.24	0.24	0.27	2%	98%
620	0.30	0.23	0.20	0.24	2%	98%
1200	0.12	0.13	0.11	0.12	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un periodo de carga de 60 minutos, se obtuvo una iluminancia al $t=0s$ de 14.29 lux y $t=1200s$ de 0.13 lux medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 94. Lo cual pasado los 1200s se observa una iluminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 92: *Iluminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 92 min.*

Iluminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 60 min. para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)	Porcentaje de iluminancia (%)	Perdida de iluminancia (%)
0	14.85	13.71	14.3	14.29	100%	0%
20	11.65	11.45	11.59	11.56	81%	19%
40	5.97	5.85	5.92	5.91	41%	59%
60	4.82	4.52	4.65	4.66	33%	67%
80	3.65	3.52	3.58	3.58	25%	75%
100	2.95	2.84	2.87	2.89	20%	80%
120	2.44	2.39	2.43	2.42	17%	83%
140	2.12	2.08	2.12	2.11	15%	85%
160	1.83	1.79	1.80	1.81	13%	87%
180	1.61	1.59	1.50	1.57	11%	89%
200	1.43	1.39	1.27	1.36	10%	90%
220	1.26	1.24	1.21	1.24	9%	91%
240	1.16	1.14	1.07	1.12	8%	92%
260	1.06	0.99	0.98	1.01	7%	93%
280	0.97	0.95	0.90	0.94	7%	93%
300	0.90	0.87	0.85	0.87	6%	94%
320	0.83	0.81	0.79	0.81	6%	94%
340	0.77	0.72	0.72	0.74	5%	95%
360	0.72	0.68	0.66	0.69	5%	95%
380	0.68	0.64	0.63	0.65	5%	95%
400	0.64	0.61	0.59	0.61	4%	96%
420	0.60	0.58	0.57	0.58	4%	96%
440	0.60	0.56	0.54	0.57	4%	96%
460	0.55	0.52	0.48	0.52	4%	96%
480	0.51	0.49	0.46	0.49	3%	97%
500	0.50	0.46	0.44	0.47	3%	97%
520	0.47	0.44	0.41	0.44	3%	97%
540	0.45	0.43	0.38	0.42	3%	97%
560	0.42	0.40	0.34	0.39	3%	97%
580	0.41	0.37	0.33	0.37	3%	97%
600	0.40	0.35	0.28	0.34	2%	98%
620	0.37	0.31	0.22	0.30	2%	98%
1200	0.13	0.12	0.13	0.13	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el ensayo de luminancia se utilizó las fórmulas referentes a Antón y Tomás para determinar su flujo luminoso, intensidad luminosa y luminancia del mortero con 30% y 40% de aluminato de estroncio en base a su iluminación, esto producto de la reacción a la exposición periódica del 20, 40 y 60 minutos a una luz artificial de 6420 lux, considerando el ensayo a una edad de 28 días de curado normal. Obteniendo así los siguientes resultados:

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 20 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 101.58 cd/m^2 y $t=1200s$ de 0.96 cd/m^2 medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 95. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 95: *Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 20 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 20 min para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	11.29	0.2540	2.29	101.58	100%	0%
20	6.15	0.1384	1.25	55.35	54%	46%
40	3.67	0.0825	0.74	33.00	32%	68%
60	2.56	0.0575	0.52	23.01	23%	77%
80	1.94	0.0436	0.39	17.43	17%	83%
100	1.54	0.0346	0.31	13.83	14%	86%
120	1.26	0.0283	0.25	11.31	11%	89%
140	1.03	0.0232	0.21	9.27	9%	91%
160	0.91	0.0206	0.18	8.22	8%	92%
180	0.82	0.0185	0.17	7.38	7%	93%
200	0.74	0.0167	0.15	6.69	7%	93%
220	0.69	0.0156	0.14	6.24	6%	94%
240	0.64	0.0143	0.13	5.73	6%	94%
260	0.58	0.0131	0.12	5.22	5%	95%
280	0.53	0.0120	0.11	4.80	5%	95%
300	0.48	0.0108	0.10	4.32	4%	96%
320	0.45	0.0101	0.09	4.05	4%	96%
340	0.43	0.0098	0.09	3.90	4%	96%
360	0.41	0.0092	0.08	3.66	4%	96%
380	0.38	0.0085	0.08	3.39	3%	97%
400	0.36	0.0081	0.07	3.24	3%	97%
420	0.34	0.0077	0.07	3.09	3%	97%
440	0.33	0.0075	0.07	3.00	3%	97%
460	0.30	0.0068	0.06	2.70	3%	97%
480	0.28	0.0063	0.06	2.52	2%	98%
500	0.26	0.0059	0.05	2.37	2%	98%
520	0.25	0.0056	0.05	2.25	2%	98%
540	0.23	0.0052	0.05	2.07	2%	98%
560	0.22	0.0049	0.04	1.95	2%	98%
580	0.20	0.0044	0.04	1.77	2%	98%
600	0.17	0.0039	0.04	1.56	2%	98%
620	0.15	0.0034	0.03	1.35	1%	99%
1200	0.11	0.0024	0.02	0.96	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 40 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 104.37 cd/m^2 y $t=1200s$ de 1.02 cd/m^2 medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 96. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 96: *Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 40 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 40 min para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	11.60	0.2609	2.35	104.37	100%	0%
20	6.73	0.1514	1.36	60.54	58%	42%
40	3.76	0.0846	0.76	33.84	32%	68%
60	3.34	0.0751	0.68	30.03	29%	71%
80	2.02	0.0455	0.41	18.18	17%	83%
100	1.68	0.0377	0.34	15.09	14%	86%
120	1.48	0.0332	0.30	13.29	13%	87%
140	1.16	0.0262	0.24	10.47	10%	90%
160	0.95	0.0214	0.19	8.55	8%	92%
180	0.89	0.0200	0.18	7.98	8%	92%
200	0.85	0.0191	0.17	7.65	7%	93%
220	0.80	0.0181	0.16	7.23	7%	93%
240	0.76	0.0171	0.15	6.84	7%	93%
260	0.73	0.0164	0.15	6.57	6%	94%
280	0.69	0.0155	0.14	6.18	6%	94%
300	0.64	0.0144	0.13	5.76	6%	94%
320	0.57	0.0128	0.12	5.13	5%	95%
340	0.52	0.0117	0.11	4.68	4%	96%
360	0.51	0.0115	0.10	4.59	4%	96%
380	0.47	0.0106	0.10	4.23	4%	96%
400	0.43	0.0097	0.09	3.87	4%	96%
420	0.40	0.0090	0.08	3.60	3%	97%
440	0.38	0.0086	0.08	3.42	3%	97%
460	0.36	0.0080	0.07	3.21	3%	97%
480	0.33	0.0074	0.07	2.97	3%	97%
500	0.32	0.0071	0.06	2.85	3%	97%
520	0.30	0.0067	0.06	2.67	3%	97%
540	0.28	0.0063	0.06	2.52	2%	98%
560	0.26	0.0059	0.05	2.34	2%	98%
580	0.25	0.0056	0.05	2.25	2%	98%
600	0.23	0.0052	0.05	2.07	2%	98%
620	0.21	0.0047	0.04	1.86	2%	98%
1200	0.11	0.0026	0.02	1.02	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 30% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 60 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 105.57 cd/m^2 y $t=1200s$ de 1.05 cd/m^2 medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 97. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 97: *Luminancia de mortero con 30% de A.E. cargado a 60 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 60 min para un mortero con 30% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	11.73	0.2639	2.38	105.57	100%	0%
20	6.45	0.1451	1.31	58.05	55%	45%
40	3.69	0.0830	0.75	33.18	31%	69%
60	2.57	0.0578	0.52	23.13	22%	78%
80	1.77	0.0398	0.36	15.90	15%	85%
100	1.55	0.0349	0.31	13.95	13%	87%
120	1.33	0.0299	0.27	11.94	11%	89%
140	1.05	0.0236	0.21	9.42	9%	91%
160	0.94	0.0212	0.19	8.46	8%	92%
180	0.82	0.0184	0.17	7.35	7%	93%
200	0.74	0.0166	0.15	6.63	6%	94%
220	0.67	0.0150	0.14	6.00	6%	94%
240	0.62	0.0139	0.12	5.55	5%	95%
260	0.59	0.0133	0.12	5.31	5%	95%
280	0.53	0.0119	0.11	4.77	5%	95%
300	0.50	0.0113	0.10	4.50	4%	96%
320	0.48	0.0107	0.10	4.29	4%	96%
340	0.45	0.0101	0.09	4.05	4%	96%
360	0.43	0.0097	0.09	3.87	4%	96%
380	0.40	0.0089	0.08	3.57	3%	97%
400	0.38	0.0086	0.08	3.45	3%	97%
420	0.36	0.0082	0.07	3.27	3%	97%
440	0.35	0.0079	0.07	3.15	3%	97%
460	0.34	0.0076	0.07	3.03	3%	97%
480	0.33	0.0074	0.07	2.97	3%	97%
500	0.31	0.0070	0.06	2.79	3%	97%
520	0.29	0.0065	0.06	2.61	2%	98%
540	0.27	0.0060	0.05	2.40	2%	98%
560	0.25	0.0057	0.05	2.28	2%	98%
580	0.24	0.0055	0.05	2.19	2%	98%
600	0.23	0.0052	0.05	2.07	2%	98%
620	0.19	0.0044	0.04	1.74	2%	98%
1200	0.12	0.0026	0.02	1.05	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 20 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 110.70 cd/m^2 y $t=1200s$ de 1.05 cd/m^2 medido a una altura de $0.45m$, como se muestra en la Tabla 98. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 98: *Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 20 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 20 min para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	12.30	0.2768	2.49	110.70	100%	0%
20	9.70	0.2182	1.96	87.27	79%	21%
40	5.30	0.1192	1.07	47.67	43%	57%
60	4.73	0.1064	0.96	42.54	38%	62%
80	4.45	0.1002	0.90	40.08	36%	64%
100	3.17	0.0714	0.64	28.56	26%	74%
120	2.93	0.0660	0.59	26.40	24%	76%
140	2.42	0.0545	0.49	21.78	20%	80%
160	2.12	0.0476	0.43	19.05	17%	83%
180	1.87	0.0422	0.38	16.86	15%	85%
200	1.53	0.0344	0.31	13.74	12%	88%
220	1.32	0.0297	0.27	11.88	11%	89%
240	1.20	0.0269	0.24	10.77	10%	90%
260	1.10	0.0248	0.22	9.90	9%	91%
280	1.03	0.0231	0.21	9.24	8%	92%
300	0.97	0.0218	0.20	8.73	8%	92%
320	0.90	0.0202	0.18	8.07	7%	93%
340	0.83	0.0187	0.17	7.47	7%	93%
360	0.78	0.0176	0.16	7.02	6%	94%
380	0.75	0.0169	0.15	6.75	6%	94%
400	0.68	0.0153	0.14	6.12	6%	94%
420	0.64	0.0144	0.13	5.76	5%	95%
440	0.60	0.0134	0.12	5.37	5%	95%
460	0.57	0.0128	0.12	5.13	5%	95%
480	0.53	0.0120	0.11	4.80	4%	96%
500	0.50	0.0113	0.10	4.53	4%	96%
520	0.47	0.0105	0.09	4.20	4%	96%
540	0.42	0.0095	0.09	3.78	3%	97%
560	0.40	0.0089	0.08	3.57	3%	97%
580	0.38	0.0086	0.08	3.42	3%	97%
600	0.35	0.0079	0.07	3.15	3%	97%
620	0.35	0.0078	0.07	3.12	3%	97%
1200	0.12	0.0026	0.02	1.05	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 40 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 121.62 cd/m^2 y $t=1200s$ de 1.08 cd/m^2 medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 99. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 99: *Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 40 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 40 min para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	13.51	0.3041	2.74	121.62	100%	0%
20	10.75	0.2419	2.18	96.75	80%	20%
40	5.15	0.1158	1.04	46.32	38%	62%
60	3.67	0.0825	0.74	33.00	27%	73%
80	2.72	0.0612	0.55	24.48	20%	80%
100	2.21	0.0497	0.45	19.86	16%	84%
120	1.87	0.0422	0.38	16.86	14%	86%
140	1.55	0.0350	0.31	13.98	11%	89%
160	1.36	0.0307	0.28	12.27	10%	90%
180	1.19	0.0269	0.24	10.74	9%	91%
200	1.07	0.0242	0.22	9.66	8%	92%
220	0.99	0.0223	0.20	8.91	7%	93%
240	0.90	0.0203	0.18	8.13	7%	93%
260	0.81	0.0182	0.16	7.29	6%	94%
280	0.75	0.0168	0.15	6.72	6%	94%
300	0.68	0.0153	0.14	6.12	5%	95%
320	0.63	0.0143	0.13	5.70	5%	95%
340	0.59	0.0134	0.12	5.34	4%	96%
360	0.56	0.0127	0.11	5.07	4%	96%
380	0.53	0.0119	0.11	4.74	4%	96%
400	0.48	0.0108	0.10	4.32	4%	96%
420	0.45	0.0101	0.09	4.02	3%	97%
440	0.42	0.0095	0.09	3.78	3%	97%
460	0.40	0.0090	0.08	3.60	3%	97%
480	0.38	0.0085	0.08	3.39	3%	97%
500	0.36	0.0080	0.07	3.21	3%	97%
520	0.33	0.0074	0.07	2.97	2%	98%
540	0.31	0.0071	0.06	2.82	2%	98%
560	0.30	0.0067	0.06	2.67	2%	98%
580	0.28	0.0062	0.06	2.49	2%	98%
600	0.27	0.0060	0.05	2.40	2%	98%
620	0.24	0.0055	0.05	2.19	2%	98%
1200	0.12	0.0027	0.02	1.08	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el mortero sometido a un curado normal por 28 días con un adición de 40% de aluminato de estroncio y expuesto a una luz artificial de 6420 lux por un tiempo de carga de 60 minutos, se obtuvo una luminancia al $t=0s$ de 128.58 cd/m^2 y $t=1200s$ de 1.14 cd/m^2 medido a una altura de 0.45m, como se muestra en la Tabla 100. Pasado los 1200s se observa una luminancia constante que permite interpretar que es su estado natural.

Tabla 100: *Luminancia de mortero con 40% de A.E. cargado a 60 min.*

Luminancia ante una exposición a 6420 lux con tiempo de carga de 60 min para un mortero con 40% de A.E.						
Tiempo (s)	Promedio de iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida (%)	Luminancia perdida (%)
0	14.29	0.3215	2.89	128.58	100%	0%
20	11.56	0.2602	2.34	104.07	81%	19%
40	5.91	0.1331	1.20	53.22	41%	59%
60	4.66	0.1049	0.94	41.97	33%	67%
80	3.58	0.0806	0.73	32.25	25%	75%
100	2.89	0.0650	0.58	25.98	20%	80%
120	2.42	0.0545	0.49	21.78	17%	83%
140	2.11	0.0474	0.43	18.96	15%	85%
160	1.81	0.0407	0.37	16.26	13%	87%
180	1.57	0.0353	0.32	14.10	11%	89%
200	1.36	0.0307	0.28	12.27	10%	90%
220	1.24	0.0278	0.25	11.13	9%	91%
240	1.12	0.0253	0.23	10.11	8%	92%
260	1.01	0.0227	0.20	9.09	7%	93%
280	0.94	0.0212	0.19	8.46	7%	93%
300	0.87	0.0197	0.18	7.86	6%	94%
320	0.81	0.0182	0.16	7.29	6%	94%
340	0.74	0.0166	0.15	6.63	5%	95%
360	0.69	0.0155	0.14	6.18	5%	95%
380	0.65	0.0146	0.13	5.85	5%	95%
400	0.61	0.0138	0.12	5.52	4%	96%
420	0.58	0.0131	0.12	5.25	4%	96%
440	0.57	0.0128	0.11	5.10	4%	96%
460	0.52	0.0116	0.10	4.65	4%	96%
480	0.49	0.0110	0.10	4.38	3%	97%
500	0.47	0.0105	0.09	4.20	3%	97%
520	0.44	0.0099	0.09	3.96	3%	97%
540	0.42	0.0095	0.09	3.78	3%	97%
560	0.39	0.0087	0.08	3.48	3%	97%
580	0.37	0.0083	0.07	3.33	3%	97%
600	0.34	0.0077	0.07	3.09	2%	98%
620	0.30	0.0068	0.06	2.70	2%	98%
1200	0.13	0.0029	0.03	1.14	1%	99%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Prueba de hipótesis con el estadístico t: Utilizando el valor de P y T.

Se consideraron de todas las muestras de loseta con 30% de aluminato de estroncio ensayadas a los 28 días a iluminancia y luminancia, sometidos a curado normal, la muestra más crítica que en este caso es aquella que tuvo 20 minutos de carga expuesto a luz artificial de 6420 lux, para lo cual se ensayó 3 probetas como se observa en la Tabla 89, esto verificando que cumpla con la luminancia mínima para señalizaciones, especificado por la MTC en sus especificaciones de pintura para demarcación, la cual indica que debe ser mayor o igual a 0.85 cd/m².

Formulación de hipótesis:

H₀: $\mu < 0.85cd/m^2$ La luminancia de un mortero no cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

H_{a1}: $\mu \geq 0.85cd/m^2$ La luminancia de un mortero cumplirá para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio.

Considerar para el contraste de hipótesis utilizando el valor de P, si: 0.85 cd/m²

Valor P > Nivel de significancia → Se acepta la H₀ y se rechaza la H_a

Valor P < Nivel de significancia → Se rechaza la H₀ y se acepta la H_a

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media hipotética de 0.85cd/m². Se calcula la media, desviación estándar y valor de t obteniendo como resumen la Figura 43 de estadísticas descriptivas, Figura 44 de prueba de hipótesis y Figura 45 de prueba de hipótesis.

Calculando la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{2.88cd/m^2}{3} = 0.96cd/m^2$$

Calculando la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{0.0054}{3 - 1}} = 0.052$$

Estadísticas descriptivas				
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media 95%	Límite inferior de para μ
3	0.9600	0.0520	0.0300	0.8724

μ : media de L. al 30% de A.E. (20min)

Figura 43: Estadística descriptiva de Ha2-luminancia con 30% de A.E.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Calculando el valor de t:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{0.96 - 0.85}{\frac{0.052}{\sqrt{3}}} = 3.67$$

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 0.85$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu > 0.85$
<u>Valor T</u>	<u>Valor p</u>
3.67	0.033

Figura 44: Prueba de hipótesis Ha1- luminancia con 30% de A.E.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

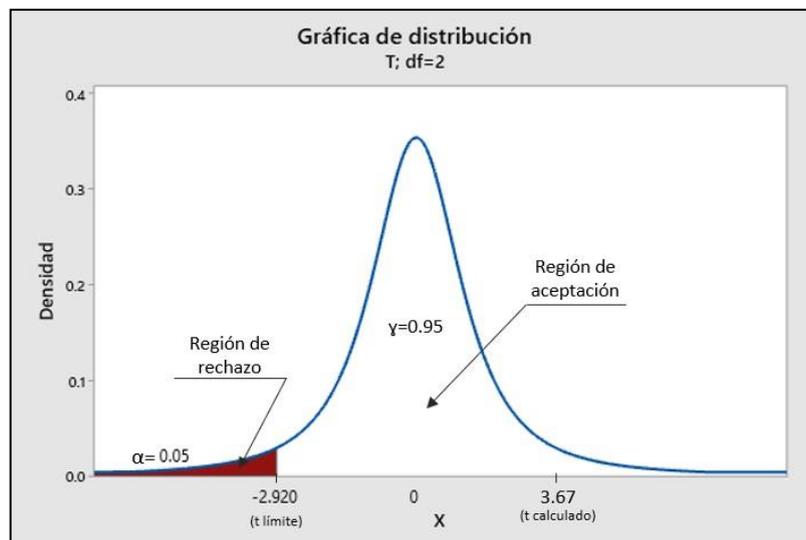


Figura 45: T de Student para luminancia.

Fuente: Software Minitab 19, 2020.

Discusión y conclusión:

El estadístico $t = 3.67$ respecto a la luminancia se encuentra en la región de aceptación lo cual indica que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Así mismo obteniendo el valor de $P = 0.033$ mediante tablas se observa que es menor al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Con estos resultados concluimos que el mortero más crítico con 30% de aluminato de estroncio supera la luminancia mínima de 0.85cd/m^2 para señalizaciones en pavimento por lo que cumple con la norma del MTC en sus especificaciones de pintura para demarcación.

V. DISCUSIÓN

A partir del análisis de propiedades físicas del aluminato de estroncio de acuerdo a la NTP 339.184 se pudo observar que no cuenta con humedad. Este resultado guarda relación con lo obtenido por Grijalva y Laines, donde obtuvieron un contenido de humedad del 0.1%.

Del ensayo de absorción del aluminato de estroncio en base a la NTP 400.022 se obtuvo 1.21% de absorción. Por lo que se infiere que este resultado no guarda relación con lo obtenido por Grijalva y Laines, donde obtuvieron una absorción del 46.2%.

A partir de los resultados de resistencia a compresión del mortero con y sin adición de aluminato de estroncio dosificado para 280 kg/cm² sometido a un curado normal se obtuvo que a los 7 días el mortero patrón alcanza una resistencia a compresión de 183.87 kg/cm² de acuerdo a la ASTM C 109 y al adicionar un 30% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino este se reduce su resistencia en un 15.01% alcanzando así los 156.27kg/cm². Estos resultados no guardan relación a lo obtenido por Grijalva y Laines donde se observa que su mortero patrón dosificado a 280kg/cm² alcanza una resistencia de 277.2 kg/cm² a los 7 días y al adicionar 30% de aluminato de estroncio este aumenta su resistencia en 4.55% alcanzando una resistencia del 289.8kg/cm²

Así mismo se realizó en ensayo de resistencia a compresión a los 28 días, obteniendo del mortero patrón una resistencia de 283.95kg/cm² y al adicionar un 30% de aluminato de estroncio este se reduce su resistencia en un 14.92% alcanzando así los 241.57kg/cm². Estos resultados no guardan relación a lo obtenido por Grijalva y Laines donde se observa que su mortero patrón alcanza una resistencia de 379.9 kg/cm² a los 28 días y al adicionar 30% de aluminato de estroncio este reduce su resistencia en 0.74% alcanzando una resistencia del 377.1kg/cm²

Desarrollado los ensayos de iluminancia del mortero con adición de aluminato de estroncio sometido a un curado normal, se obtuvo que a los 28 días el mortero con 30% de aluminato de estroncio expuesto a una luz artificial de 6420 lux por 20, 40 y 60 minutos alcanza una iluminancia al t=0s de 11.29 lux del cual pasado 1200s

se reduce su iluminancia en un 99% alcanzando así los 0.11 lux, lo cual sería su estado natural. Estos resultados no guardan relación a lo obtenido por Medina y Moreno donde se observa que su probeta cilíndrica con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes en la cara superior que fueron expuestas a una luz artificial de 1000 lux por 20, 40 y 60 minutos alcanza una iluminancia al $t=0s$ de 4.3248 lux del cual pasado 600s se reduce en un 92.75% alcanzando así los 0.3134 lux en su estado natural.

VI. CONCLUSIONES

Se realizaron los ensayos en el laboratorio para concluir con el objetivo general de analizar la durabilidad y la luminancia de un mortero que cuente con la adición de aluminato de estroncio para señalizaciones, llegando a las siguientes conclusiones.

Se analizó la resistencia a compresión de los cubos de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado normal, hielo-deshielo y sulfato de magnesio hasta la edad de 28 días, obteniendo el resultado más crítico al estar sometido a curado en solución de sulfato de magnesio y adicionar 40% de aluminato de estroncio, alcanzando los 215.96kg/cm², el cual supera la resistencia mínima de 210 kg/cm² normado por la AASHTO 93 y PCA 84 para pavimento rígidos con bajo tránsito.

Se analizó la resistencia a flexión de los morteros sometiéndolos a curado normal por 28 días, obteniendo un módulo de ruptura más crítico al adicionar un 40% de aluminato de estroncio, alcanzando así los 158.59 kg/cm², lo cual cumple con el módulo de ruptura mínimo de 38.75 kg/cm² normado por la AASHTO 93 y PCA 84 para pavimento rígidos con bajo tránsito.

Se analizó el ensayo de abrasión de los morteros sometiéndolos a curado normal por 28 días, obteniendo una mayor pérdida de volumen al adicionar un 40% de aluminato de estroncio, alcanzando así un desgaste de 4422.89 mm³ (1.29%), no superando el máximo de 5000mm³ especificado por la NTE INEN 3040 para pavimentos rígidos en zona de bajo tránsito.

Se analizó la luminancia de los morteros con aluminato de estroncio, obteniendo del caso más desfavorable de adicionar 30% una luminancia en el t=0s es de 101.58cd/m² y un retorno a su estado natural en el t=1200s con 0.96cd/m², cumpliendo así con la luminancia mínima de 0.85cd/m² especificada por la MTC – Especificaciones técnicas de pintura para obras viales.

Se realizaron ensayos mecánicos para responder el objetivo específico N°1 de determinar la durabilidad al grado de exposición que tiene un mortero para señalizaciones adicionando aluminato de estroncio, llegando a la siguiente conclusión:

Se determinó la resistencia a compresión de los cubos de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado normal hasta la edad de 28 días, obteniendo del mortero patrón una resistencia de 283.95 kg/cm² (100.00%), así mismo se observó que el caso más crítico se da al adicionar un 40% de aluminato de estroncio donde se pierde un 19.93% alcanzando los 227.37kg/cm².

Se determinó la resistencia a compresión de los cubos de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado ciclo de hielo-deshielo hasta la edad de 28 días, obteniendo del mortero patrón una resistencia de 275.43kg/cm² (100.00%), así mismo se observó que el caso más crítico se da al adicionar un 40% de aluminato de estroncio donde se pierde un 19.99% alcanzando 220.37kg/cm².

Se determinó la resistencia a compresión de los cubos de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado en solución de sulfato de magnesio hasta la edad de 28 días, obteniendo del mortero patrón una resistencia de 269.68kg/cm² (100.00%), así mismo se observó que el caso más crítico se da al adicionar un 40% de aluminato de estroncio donde se pierde un 19.69% alcanzando 215.96kg/cm².

Se determinó la resistencia a la flexión de las vigas de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado normal hasta la edad de 28 días, obteniendo del mortero patrón un módulo de ruptura de 198.13 kg/cm² (100.00%), así mismo se observó que el caso más crítico se da al adicionar un 40% de aluminato de estroncio donde se pierde un 19.95% el módulo de ruptura alcanzando los 158.59kg/cm².

Se determinó la resistencia a la abrasión de los cubos de mortero con y sin adición de aluminato de estroncio, sometiéndolos a curado normal hasta la edad de 28 días, obteniendo del mortero patrón una pérdida de volumen de

2151.27mm³ (0.63%), así mismo se observó que el caso más crítico se da al adicionar un 40% de aluminato de estroncio donde se pierde un volumen de 4422.89mm³ (1.29%).

Se realizaron ensayos de laboratorio para contestar el objetivo específico N°2 de calcular la luminancia que tiene un mortero para señalizaciones al adicionar aluminato de estroncio, llegando a la siguiente conclusión:

Se calculó la luminancia en las losetas de mortero con 30% y 40% de aluminato de estroncio, sometiéndolos a un curado normal hasta la edad de 28 días y un tiempo de carga de 20, 40 y 60s a 6420 lux, obteniendo del mortero con 40% de aluminato de estroncio una luminancia en el t=0s de 110.70cd/m² y un retorno a su estado natural en el t=1200s con 1.05cd/m². Así mismo se observa el caso más crítico al adicionar un 30% de estroncio obteniendo una luminancia en el t=0s de 101.58cd/m² y un retorno a su estado natural en el t=1200s con 0.96 cd/m².

VII. RECOMENDACIONES

Realizar mayores ensayos a las propiedades físicas del aluminato de estroncio y cemento blanco debido a que se carece de información por las referencias bibliográficas.

Utilizar un agregado fino de color claro como el producto de la trituración de una piedra blanca la cuales estén retenida en el tamiz N°16 y N°50 como se utiliza Grijalva y Laines, esto para no opacar la iluminación del aluminato de estroncio en el mortero.

Mejorar la resistencia con aditivos de color blanco la cual no opaque la iluminación del aluminato de estroncio en el mortero.

Utilizar un conductor eléctrico o de temperatura en el mortero, esto para contrarrestar la falta de iluminación ambiental incapaz de recargar el mortero.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ABURTO, Jack y ORTIZ, Douglas. Influencia en el módulo de rotura del concreto usado en pavimentos rígidos con el uso de aditivos colorantes de origen mineral. Trabajo de graduación (Obtención de título de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada Anterior Orrego, 2019. 87 pp.

Disponible en [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4836/1/RE_ING.CIVIL_JACK.ABURTO DOUGLAS.ORTIZ MODULO.DE.ROTURA.DEL.CONCRETO DATOS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4836/1/RE_ING.CIVIL_JACK.ABURTO_DOUGLAS.ORTIZ_MODULO.DE.ROTURA.DEL.CONCRETO_DATOS.pdf)

ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria. Óptica instrumental. Barcelona: Universidad politécnica de Catalunya de España. Edición UCP, 1996. 273 pp.

Disponible en <https://pdfslide.net/documents/optica-instrumental-1-ed-joan-anto-roca-nuria-tomas-corominas.html>

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. 6.^a ed. Caracas: República Bolivariana de Venezuela, Editorial Episteme, 2012. 143 pp.

ISBN: 9800785299

GRANJA, Edison. Diseño de un Hormigón Fluorescente para la señalización de vías terrestres. Trabajo de graduación (Obtención de título de Ingeniera Civil). Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2014. 99 pp.

Disponible en <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2258>

GRIJALVA, Fernando y LAINES, Tatiana. Diseñar morteros fotoluminiscentes aplicados de forma ornamental y señalización para situaciones de emergencia en edificaciones. Trabajo de graduación (Obtención de título de Ingeniera Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016. 124 pp.

Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8008>

HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.^a ed. México DF: Colonia Desarrollo Santa fe, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014. 601 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

MEDINA, Jamith y MORENO Jheyson. Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto Trujillo – 2018. Trabajo de graduación (Obtención de título de Ingeniera Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 321 pp.

Disponible en <https://core.ac.uk/reader/187772600>

QUIJIJE, Miriam. Análisis comparativos de la resistencia a compresión entre hormigón tradicional y el hormigón con pigmentos naturales. Trabajo de graduación (Obtención de título de Ingeniera Civil). Ambato: Universidad Internacional de Ecuador, 2017. 131 pp.

Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25827>

ROJAS, Roció. Diseño y síntesis de materiales nanoestructurados basados en aluminatos de estroncio con propiedades fotoluminiscentes. Tesis (Obtención de doctorado). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2015. 228 pp.

Disponible en http://oa.upm.es/38330/1/ESTEFANIA_ROJAS_HERNANDEZ.pdf

SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5.^a ed. Bogotá: Universidad nacional de Colombia, Bhandar Editores, 2001. 349 pp.

ISBN: 958-9-2470-40

Disponible en <https://es.scribd.com/doc/310091507/Tecnologia-Del-Concreto-y-Del-Mortero-SANCHEZ>

REVISTA

Gonzales, M. (2000). Fosforecía. Guía de Química. 1 p.

Disponible en <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/fosforescencia>

Rubio, J. (2015). Cemento que emite luz. *Punto de fuga*. 1 p.

Disponible en <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/noviembre2015/fuga.pdf>

NORMAS

American Association of State Highway and Transportation Officials 93. Diseño de Pavimentos AASHTO 93, 2010. 237 pp.

American Society of Testing Materials C1012. Standard test method for length change of hydraulic – cement mortars exposed to a sulfate solution, 2012. 5 pp.

American Society of Testing Materials C109/C 109M – 07. Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens), 2008. 9 pp.

American Society of Testing Materials C128 Método de ensayo normalizado para determinar densidad, densidad relativa (peso específico) y la absorción de los áridos finos, 2001. 19 pp.

American Society of Testing Materials C136-06. Método de ensayo análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y gruesos, 2006. 13 pp.

American Society of Testing Materials C188. Método de prueba estándar para la densidad del cemento hidráulico, 2003. 2 pp.

American Society of Testing Materials C207. Standard Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes, 2011. 2 pp.

American Society of Testing Materials C29. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad aparente (“peso unitario”) e índice de huecos en los agregados para concreto, 2001. 6 pp.

American Society of Testing Materials C33. Especificaciones estándar para concretos agregados, 2001. 18 pp.

American Society of Testing Materials C348. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, 2008. 6 pp.

American Society of Testing Materials C39/C39M. Resistencia a la compresión de probetas de hormigón cilíndricos, 2014. 4 pp.

American Society of Testing Materials C666-C666M. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, 2008. 6 pp.

American Society of Testing Materials D1193. Standard Specification for Reagent Water, 2012. 5 pp.

British Standard. Methods of testing Cement Part 3: Determination of setting times and soundness, 2008. 15 pp.

Instituto Nacional de Vías. Fluidez de morteros de cemento hidráulico (mesa de flujo), 2016. 4 pp.

Ministerio de transporte y comunicaciones. Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales, 2013. 66 pp.

Norma Española 1338. Adoquines de hormigón especificaciones y métodos de ensayo, 2004. 70 pp.

Norma Española 23035-1. Seguridad contra incendios señalización fotoluminiscente, 2003. 10 pp.

Norma Española 65006_1. Materiales metálicos ensayo de dureza Brinell parte 1: Método de ensayo, 2015. 22 pp.

Norma Española 65006_2. Materiales metálicos ensayo de dureza Brinell parte 2: Verificación y calibración de las máquinas de ensayo, 2015. 21 pp.

Norma Española 65006_3. Materiales metálicos ensayo de dureza Brinell parte 3: Calibración de los bloques patrón, 2015. 16 pp.

Norma Técnica Colombiano 174. Concreto especificaciones de los agregados para concreto, 2000. 20 pp.

Norma Técnica Guatemalteca 41003 h11. Método de ensayo. Determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico, endurecidos, 2013. 19 pp.

Norma Técnica Guatemalteca 41014 h5. Determinación del cambio de longitud de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfato, 2014. 22 pp.

Norma Técnica Guatemalteca 41018. Cal Hidratada para la construcción. Especificaciones, 2016. 10 pp.

Norma Técnica Guatemalteca 41058. Práctica para el uso del equipo para la determinación del cambio de longitud de pasta de cemento mortero y concreto endurecidos, 2013. 12 pp.

Norma Técnica Guatemalteca 41087 h2. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto, 2012. 18 pp.

Norma Técnica Peruana 334.055. Métodos de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica por el método de cal, 1999. 8 pp.

Norma Técnica Peruana 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, 2012. 10 pp.

Norma Técnica Peruana 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado seco, 2013. 13 pp.

Norma Técnica Peruana 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, 2001. 18 pp.

Norma Técnica Peruana 400.017. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado, 1999. 14 pp.

Norma Técnica Peruana 400.022. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, 2013. 25 pp.

Norma Técnica Peruana 400.037. Agregados para concreto, 2018. 23 pp.

NTE INEN 3040. Adoquines de hormigón. Requisitos y método de ensayo, 2016. 40 pp.

Portland Cement Association. Diseño estructural de pavimento, 1984. 5 pp.

LINK

<https://www.interempresas.net/Medicion/FeriaVirtual/Producto-Luminancimetros-portatiles-Konica-Minolta-LS-150-y-LS-160-141403.html>

ANEXO

Anexo 1: Matriz de Operacionalización.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Aluminato de estroncio	ALUMINATO DE ESTRONCIO: Es un fosforo perteneciente al grupo de material con propiedades fotoluminiscentes, el cual emite luz como resultado de su absorción de fotones. Esta emisión se lleva a cabo por medio de mecanismos de fosforescencia o fluorescencia la cual prolonga la persistencia de la luminosidad, la cual emite luz una vez ha cesado la excitación. (Rojas, 2015, p.53).	Para desarrollar el mortero con adición de aluminato de estroncio, lo primero es determinar sus propiedades físicas del agregado fotoluminiscente, desarrollando un análisis de contenido de humedad, peso específico y absorción que tiene el aluminato de estroncio. Así mismo, para calcular la dosificación se realizará ensayos de porcentajes del 30% y 40% de aluminato de estroncio en relación al agregado fino usado en el mortero.	Propiedades físicas (Aluminato de estroncio)	Contenido de humedad	%
				Peso específico	g/cm ³
				Absorción	%
			Dosificación	30% de A.E. en relación del A.F.	g
				40% de A.E. en relación del A.F.	g
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Durabilidad	DURABILIDAD: El concepto de la palabra durabilidad hace referencia a una condición de duradero o durable, es decir que tiene una gran cantidad de tiempo (Grijalva, 2017, p.56)	Para obtener una mayor durabilidad en el mortero debemos de analizar las propiedades físicas de los agregados realizando ensayos como granulometría, contenido de humedad, peso específico, absorción, peso unitario suelto y compactado para así conseguir mejores resultados en las propiedades mecánicas como resistencia a compresión, resistencia a flexión, resistencia a la abrasión, resistencia al sulfato y ciclo de hielo-deshielo.	Propiedades físicas (Mortero)	Granulometría	g
				Contenido de humedad	%
				Peso específico	g/cm ³
				Absorción	%
			Propiedades mecánicas	Peso unitario compactado o suelto	g/cm ³
				Resistencia a compresión	kg/cm ²
				Resistencia al ciclo hielo-deshielo	kg/cm ²
				Resistencia al sulfato	kg/cm ²
				Resistencia a flexión	kg/cm ²
Resistencia a la abrasión	mm ³				
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Luminancia	LUMINANCIA: la luminancia es un parámetro que ayuda a la determinación del brillo y la luminosidad de una imagen, también es el flujo luminoso reflejado por la superficie de los objetos, se sabe que la luminancia depende de los materiales que se usan (Laines, 2018, p.105)	Para desarrollar la luminancia del mortero fotoluminiscente, se emplea ensayos de luminosidad y la luminiscencia, de las cuales se medirán su intensidad luminosa, el factor de luminancia, tiempo de carga y descarga de una baldosa que simulara la señalización.	Luminosidad	Tiempo de carga	s
				Tiempo de descarga	s
			Luminiscencia	Iluminancia	lux

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 2: Matriz de consistencia.

TITULO: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable e indicadores		Escala de medición	Metodología de investigación
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente: aluminato de estroncio			
¿Cómo influye la adición del aluminato de estroncio en la durabilidad y luminancia de un mortero para señalizaciones?	Analizar la durabilidad y luminancia de un mortero con adición de aluminato de estroncio para señalizaciones.	La adición de aluminato de estroncio al mortero cumplirá la normatividad de durabilidad y luminancia para señalizaciones.	Dimensiones	Indicadores		Explicativa
			Propiedades físicas (aluminato de estroncio)	Contenido de humedad		
				Peso específico		kg/cm³
				Absorción		%
			Dosificación	30% de A.E. En relación del A.F.		g
				40% de A.E. En relación del A.F.		g
			Variable dependiente: durabilidad			
			Dimensiones	Indicadores		Diseño de investigación:
			Propiedades físicas (mortero)	Granulometría	g	
				Propiedades mecánicas	Contenido de humedad	%
			Peso específico		g/cm³	
			Absorción		%	
			Peso unitario compactado y suelto		g/cm³	
			Resistencia a la compresión	kg/cm²		
			Resistencia a la flexión	kg/cm²		
			Resistencia al sulfato	kg/cm²		
			Resistencia al ciclo hielo-deshielo	kg/cm²		
			Resistencia a la abrasión	mm³		
			Variable dependiente: luminancia			Tipo de investigación:
			Dimensiones	Indicadores		
			Luminosidad	Tiempo de carga		Aplicada
				Tiempo de descarga		
			Luminiscencia	Iluminación		Nivel de investigación:
						Aplicativo
						Población:
						Infinita (mortero de $F'c=280\text{kg/cm}^2$, con 0%, 30% y 40% de A.E. En relación al A.F.)
						Muestreo:
						No probabilístico (intencional)
						Muestra:
						171 probetas

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 3: Hoja técnica del cemento blanco - Comacsa.



COMACSA
Cía Minera
AGREGADOS CALCÁREOS S.A.

HOJA TÉCNICA

Código : VNT-HT-001
Versión : 10
Válido desde : 01-11-2019
Página : 1 de 1

Cemento blanco Huascarán

Cemento blanco Portland tipo I, de alta resistencia a la compresión y excelente blancura, fabricado con materia prima cuidadosamente seleccionada y de gran calidad. Mezclado adecuadamente con pigmentos se puede obtener una gama de colores muy acentuados, útil para acabados finos, obras de arquitectura y arte.

Especificaciones

Parámetro	Especificación	Método	Requisitos NTP 334.009: 2016
Contenido de SiO ₂	22.0 – 25.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Fe ₂ O ₃	máx. 0.20 %	LAB-PR-007	-
Contenido de Al ₂ O ₃	3.10 – 4.60 %	LAB-PR-007	-
Contenido de CaO	64.0 – 69.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de MgO	0.40 – 1.20 %	LAB-PR-007	máx. 6.00 %
Contenido de SO ₃	1.50 – 3.00 %	LAB-PR-007	máx. 3.00 %, C3As8.00 % máx. 3.50 %, C3A>8.00 %
Contenido de Na ₂ O	máx. 1.0 %	LAB-PR-007	-
Contenido de K ₂ O	máx. 0.55 %	LAB-PR-007	-
Pérdida por calcinación	1.00 – 3.50 %	LAB-PR-007	máx. 3.50 %
Superficie específica (Blaine)	3600 – 4450 cm ² /g	LAB-PR-006	mín. 2600 cm ² /g
Blancura (filtro verde)	mín. 85.0 %	LAB-PR-019	-
Tiempo de fraguado inicial	45 – 115 min	LAB-PR-020	mín. 45 min
Tiempo de fraguado final	150 – 250 min	LAB-PR-020	máx. 375 min
Estabilidad de volumen	máx. 0.80 %	LAB-PR-022	máx. 0.80 %
Resistencia a la compresión 3d	150 – 310 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 122 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 7d	200 – 385 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 194 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 28d	330 – 550 kg/cm ²	LAB-PR-021	mín. 285 kg/cm ²
Residuos insolubles	máx. 0.50 %	LAB-PR-024	máx. 1.50 %

Esta información se refiere al material indicado y podría no ser válida cuando el material es usado con otros materiales o en otros procesos. Debido a los numerosos factores que pueden afectar la aplicación de nuestros productos, esta información no exime al cliente de efectuar sus propias investigaciones y pruebas. Es responsabilidad del cliente asegurarse de la validez y suficiencia de esta información para su uso particular.

Este es un producto químico industrial y debe ser utilizado con todos los cuidados usuales de la industria. Debe ser almacenado en lugar fresco y seco, en sus envases originales cerrados, protegido del sol, fuentes de calor y humedad. En las condiciones adecuadas de almacenamiento y en sus envases originales el producto mantiene todas las propiedades descritas en esta hoja técnica por un espacio de 6 meses.



Cía. Minera Agregados Calcáreos S.A.
Av. Universitaria Norte N°5140
Urb. Industrial Infantas-Los Olivos-Lima-Perú

+511 202-6363
+511 202-6364

www.comacsa.com.pe

Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 4: Hoja de seguridad del aluminato de estroncio.

	
<p>Material Safety Data Sheet According to 91/155/EEC and ISO 11014-1</p>	
Page: 1/2	
Printing date : MAR, 4 Replaced issue dd. :—	
<p>1. <u>Identification of substance and of the company</u> Trade Name:PHOTOLUMINESCENT PIGMENT</p>	
<p>2. <u>Composition/Data on components</u> Chemical characterization: Synthetic PHOTOLUMINESCENT PIGMENT Dangerous components: none</p>	
<p>3. <u>Hazards identification</u> No hazardous effects known. The product is not a substance subject to mandatory marking in accordance with the EEC Directive 67/584/EEC Or amendments.</p>	
<p>4. <u>First Aid measures</u> After inhaling: Supply fresh air After eye contact: Flush with plenty of pressure water for 15 mins., occasionally raising eye lids. After skin contact: Wash skin with mild soap and water</p>	
<p>5. <u>Fire fighting measures</u> Suitable extinguishing media: no restriction Special hazards caused by the material, its combustion products or</p>	



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 5: Cemento blanco COMACSA



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 6: Agregado fino de la cantera Trapiche



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 7: Material aluminato de estroncio



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 8: Agua para la dosificación



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 9: Registro de la empresa de China



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 10: Granulometría del agregado fino



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 11: Ficha de recolección de datos de la granulometría del agregado fino



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO
NORMA: A.S.T.M. C-136 (NTP 400.012)

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Fecha inicial : 11/09/2020
Fecha final : 12/09/2020

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso del tamiz (g)	Peso del tamiz más agregado fino (g)	Peso del agregado fino (g)	% retenido	% acumulado	% que pasa	Requisito de %
3/8	9.525	553	553	0	0.00	0.00	100.00	100
4	4.750	453	458	5	1.68	1.68	98.32	95 a 100
8	2.360	450	490	40	13.47	15.15	84.85	80 a 100
16	1.180	420	496	76	25.59	40.74	59.26	50 a 85
30	0.600	492	575	83	27.95	68.69	31.31	25 a 60
50	0.355	368	418	50	16.84	85.52	14.48	10 a 30
100	0.150	339	366	27	9.09	94.61	5.39	2 a 10
200	0.075	264	274	10	3.37	97.98	2.02	
Fondo		355	361	6	2.02	100.00	0.00	
Total				297	100.00			

Requisito del % que pasa



Módulo de finura

Ideal	2.8 - 3.4
Tolerable	2.7 - 3.5
	3.06



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 12: Preparación para meter al horno y ver el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 13: Sacando el agregado fino del horno.



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 14: Ficha de recolección de dato del contenido de humedad



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO :
TESISTAS :
LABORATORIO :
TÉC. LABORATORISTA:
ING. SUPERVISOR:

Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho
WRC INGENIO S.A.C.
Tonny Santillan
Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
NORMA: A.S.T.M. D 2216 (NTP 339.185)

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Fecha inicial : 11/09/2020
Fecha final : 12/09/2020

Contenido de humedad del agregado fino	
Peso de la tara (g)	58.00
Peso de la tara y muestra húmeda (g)	558.00
Peso de la tara y muestra seca (g)	552.30
Peso del agua (g)	5.70
Contenido de humedad (%)	1.14





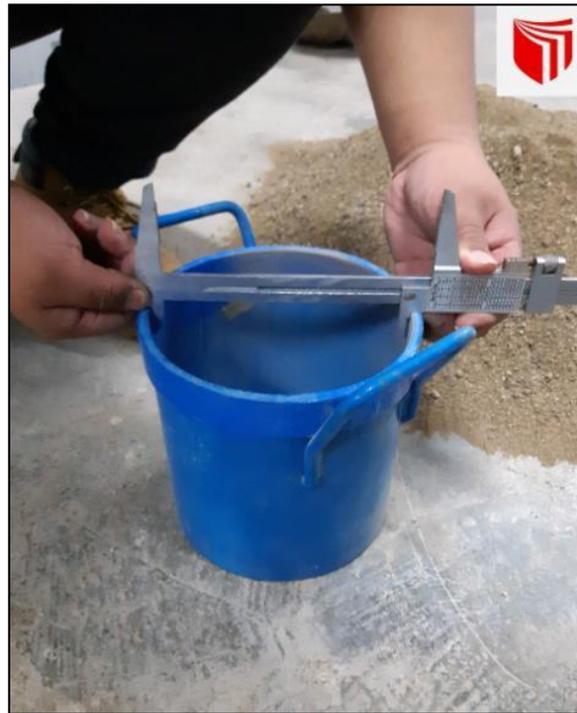
WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrceosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 15: Calculo del volumen del molde



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 16: Peso del molde



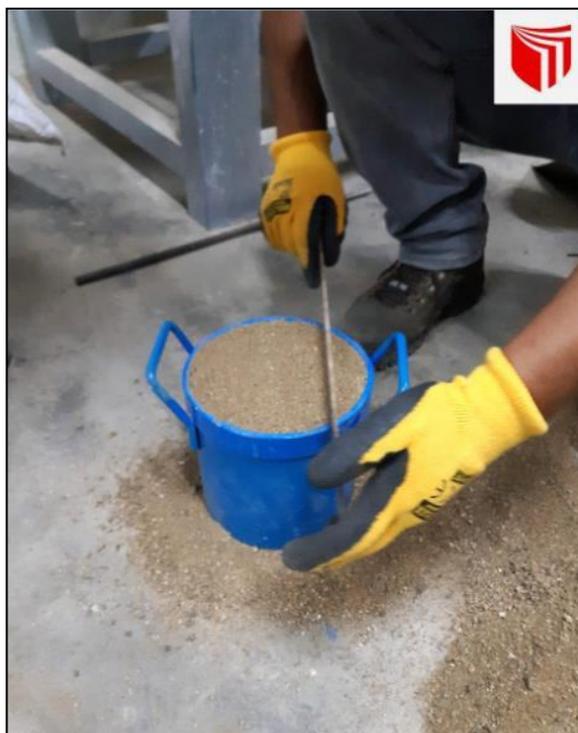
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 17: Llenado de molde (h=2 dedos)



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 18: Limpiado de agregado excedente



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 19: Peso unitario suelto y compactada de agregado fino



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO:	Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
TESISTAS:	Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho
LABORATORIO:	WRC INGENIO S.A.C.
TÉC. LABORATORISTA:	Tonny Santillan
ING. SUPERVISOR:	Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
PESO UNITARIO SUELTA Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO
NORMA: A.S.T.M. C 29 (NTP 400.017)

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. Fecha inicial : 10/09/2020
Fecha final : 10/09/2020

VOLUMEN DEL MOLDE				
MUESTRA	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
Diametro interior del molde (cm)	15.30	15.20	15.30	15.27
Altura interior del molde (cm)	16.00	16.00	16.00	16.00
Volumen del molde (cm³)	-	-	-	2928.86

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO				
MUESTRA	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
Peso del molde (g)	2930.00	2930.00	2930.00	2930.00
Peso del molde y agregado fino (g)	7678.00	7826.00	7842.00	7782.00
Peso del agregado fino (g)	4748.00	4896.00	4912.00	4852.00
Peso unitario suelto (g/cm³)	-	-	-	1.66

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO				
MUESTRA	N°1	N°2	N°3	PROMEDIO
Peso del molde (g)	2930.00	2930.00	2930.00	2930.00
Peso del molde y agregado fino (g)	8128.00	8162.00	8193.00	8161.00
Peso del agregado fino (g)	5198.00	5232.00	5263.00	5231.00
Peso unitario compactado (g/cm³)	-	-	-	1.79





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 20: Peso del bowl de acero



Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 21: Peso de la fiola con muestra de suelo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 22: Peso específico suelto y compactada del agregado fino



WRC INGENEO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENEO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMA: A.S.T.M. C 128 (NTP 400.022)

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Fecha inicial : 10/09/2020

Fecha final : 11/09/2020

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN		
MUESTRA		1
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE) (g)	250.00
B	PESO FIOLA+ AGUA	358.50
C	PESO FIOLA+MUESTRA S.S.S+AGUA	514.70
D=(A+B)-C	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIOS (BRUTO)	93.80
E	PESO DEL MATERIAL SECO EN EL HORNO	238.30
F=D-(A-E)	VOLUMEN DE MASA (NETO)	82.10
D/C	PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SECA) (g/cm ³)	2.54
A/C	PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SATURADA) (g/cm ³)	2.67
D/E	PESO ESPECÍFICO APARENTE (BASE SECA) (g/cm ³)	2.90
((A-E)/E).100	% DE ABSORCIÓN	4.91





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

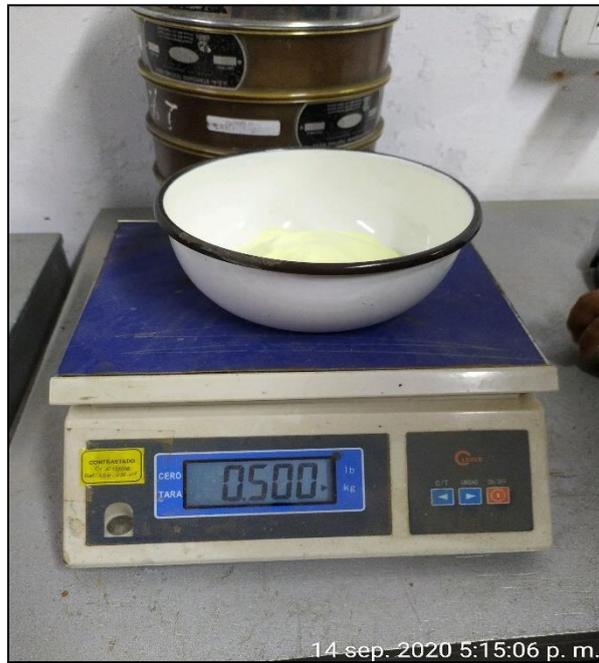
Fuente: Laboratorio de WRC INGENEO S.A.C., 2020.

Anexo 23: Secado de aluminato de estroncio



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 24: Peso de la tara con muestra seca



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 25: Contenido de Humedad de Aluminato de Estroncio



WRC INGENEO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO :	Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.	
TESISTAS :	Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho	
LABORATORIO :	WRC INGENEO S.A.C.	
TÉC. LABORATORISTA:	Tonny Santillan	
ING. SUPERVISOR:	Zapata Castillo, Jorge	

ENSAYO DE LABORATORIO
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ALUMINATO DE ESTRONCIO
NORMA: A.S.T.M. D 2216 (NTP 339.185)

Lugar:	Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.	Fecha inicial :	14/09/2020
		Fecha final :	19/09/2020

Contenido de humedad del Aluminato de estroncio	
Peso de la tara y muestra húmeda (g)	500.00
Peso de la tara y muestra seca (g)	500.00
Peso del agua (g)	0.00
Contenido de humedad (%)	0.00





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENEO S.A.C., 2020.

Anexo 26: Fiola con muestra de aluminato de estroncio



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 27: Secado de A.E en estufa



19 sep. 2020 12:08:03 p. m.
Magnolias
Urb los Jazmines de Naranjal
San Martín de Porres
Provincia de Lima
Municipalidad Metropolitana de Lima
Y

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 28: Peso Específico y absorción del aluminato de estroncio



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL ALUMINATO DE ESTRONCIO
NORMA: A.S.T.M. C 128 (NTP 400.017)

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Fecha inicial : 18/09/2020
Fecha final : 19/09/2020

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN		
MUESTRA		1
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE) (g)	250.00
B	PESO FIOLA+ AGUA	365.00
C	PESO FIOLA+MUESTRA S.S.S+AGUA	516.00
D=(A+B)-C	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIOS (BRUTO)	99.00
E	PESO DEL MATERIAL SECO EN EL HORNO	247.00
F=D-(A-E)	VOLUMEN DE MASA (NETO)	96.00
D/C	PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SECA) (g./cc)	2.49
A/C	PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SATURADA) (g./cc)	2.53
D/E	PESO ESPECÍFICO APARENTE (BASE SECA) (g./cc)	2.57
((A-E)/E).100	% DE ABSORCIÓN	1.21





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 29: Llenado de la fiola con gasolina.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 30: Fiola con cemento blanco.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 31: Peso específico del cemento blanco.



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISITAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.
 TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan
 ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO BLANCO
 NORMA: A.S.T.M. C 188-95

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. Fecha inicial : 18/09/2020
Fecha final : 19/09/2020

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN		
MUESTRA		1
W	MUESTRA DE CEMENTO BLANCO SECO (g)	64.00
Vi	VOLUMEN INICIAL (ml)	0.50
Vf	VOLUMEN FINAL (ml)	20.50
W.(Vf-Vi)	PESO ESPECIFICO (g/ml o g/cm³)	3.20





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
JORGE ZAPATA CASTILLO
 ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 32: Elaboración de pasta de consistencia.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 33: Pasta de consistencia.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 34: Pasta de consistencia normal.



WRC INGENEO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 LABORATORIO : WRC INGENEO S.A.C.
 TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan
 ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
PASTA DE CONSISTENCIA NORMAL
 NORMA: UNE-EN 196-3

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. Fecha inicial : 18/09/2020
Fecha final : 19/09/2020

CONSISTENCIA NORMAL PARA CÁLCULO DE RELACIÓN DE AGUA-CEMENTO		
MUESTRA		1
C	PESO DEL CEMENTO (g)	300.00
W	PESO DEL AGUA (ml)	105.00
-	LECTURA INICIAL (mm)	35.00
-	LECTURA FINAL (mm) (admisible entre (2mm-6mm))	5.00
W/C	RELACIÓN DE AGUA-CEMENTO	0.35





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
JORGE ZAPATA CASTILLO
 ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENEO S.A.C., 2020.

Anexo 35: Medición del agua en peso.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 36: Medición del agregado fino en peso.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 37: Medición del cemento en peso.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 38: Dosificación de mortero patrón



WRC INGENIO S.A.C.

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO :	Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
TESISTAS :	Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho
LABORATORIO :	WRC INGENIO S.A.C.
TÉC. LABORATORISTA :	Tonny Santillan
ING. SUPERVISOR :	Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

DOSIFICACIÓN PARA EL MORTERO PATRÓN

NORMA: ASTM C207 Y DIEGO S.

Lugar:	Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.	Fecha inicial :	20/09/2020
		Fecha final :	20/09/2020

ESPECIFICACIONES	
Cemento:	Portland Tipo I – Huascarán (Blanco) - Comacsa
Arena:	Cantera Trapiche (Forma angular y textura rugosa)
Agua:	Potable

DATOS DE ENTRADA		
Resistencia a diseñar	F'c: 280 kg/cm ²	Resistencia a la compresión
	Consistencia: Seca (90%)	Consistencia requerida
	a/c: 0.35	Relación de agua-cemento
Cemento	Ge: 3.20 g/cm ³	Densidad específica del C.
Agregado fino:	M.F.: 3.06	Módulo de finura
	Ga: 2.57 g/cm ³	Densidad aparente seca de la A.F.
	%H: 1.14%	Contenido de humedad del A.F.
	%Abs: 4.91%	Absorción del A.F.

DOSIFICACIÓN PATRÓN	
Componentes	Dosificación en peso
Agua:	1.00
Cemento:	2.46
Arena:	0.75





WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

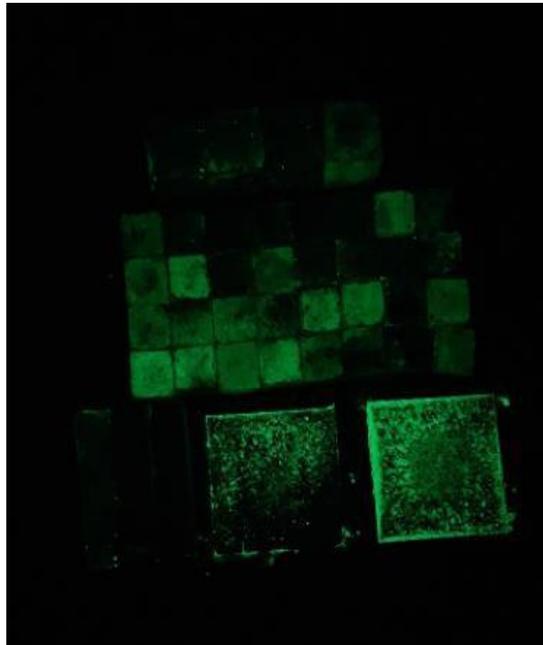
Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 39: Dosificación con A. E. de 30%



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 40: Mortero con A. E. de 30% terminado



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 41: Dosificación con 30% de aluminato de estroncio.



WRC INGENEO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO :	Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
TESISTAS :	Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho
LABORATORIO :	WRC INGENEO S.A.C.
TÉC. LABORATORISTA:	Tonny Santillan
ING. SUPERVISOR:	Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
DOSIFICACIÓN PARA EL MORTERO PATRÓN ADICIONANDO 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO
NORMA: ASTM C207 Y DIEGO S.

Lugar:	Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.	Fecha inicial :	20/09/2020
		Fecha final :	20/09/2020

ESPECIFICACIONES	
Cemento:	Portland Tipo I – Huascarán (Blanco) - Comacsa
Arena:	Cantera Trapiche (Forma angular y textura rugosa)
Agua:	Potable
Aluminato de estroncio	Color amarillo - verde

DATOS DE ENTRADA		
Resistencia a diseñar	F'c: 280 kg/cm ²	Resistencia a la compresión
	Consistencia: Seca (90%)	Consistencia requerida
	a/c: 0.35	Relación de agua-cemento
Cemento	Ge: 3.20 g/cm ³	Densidad específica del C.
Agregado fino:	M.F.: 3.06	Módulo de finura
	Ga: 2.57 g/cm ³	Densidad aparente seca de la A.F.
	%H: 1.14%	Contenido de humedad del A.F.
	%Abs: 4.91%	Absorción del A.F.
Aluminato de estroncio:	%H: 0.00%	Contenido de humedad del A.E.
	%Abs: 1.21%	Absorción del A.E.
	%A.E.: 30%	Porcentaje de aluminato de estroncio en relación del A.F.

Dosificación patrón	
Componentes	Dosificación en peso
Agua:	1.00
Cemento:	2.46
Arena:	0.75

Ajuste por humedad	
Componentes	Dosificación en peso
Agua:	1.00
Cemento:	2.46
Arena:	0.76
Aluminato de estroncio:	0.74



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

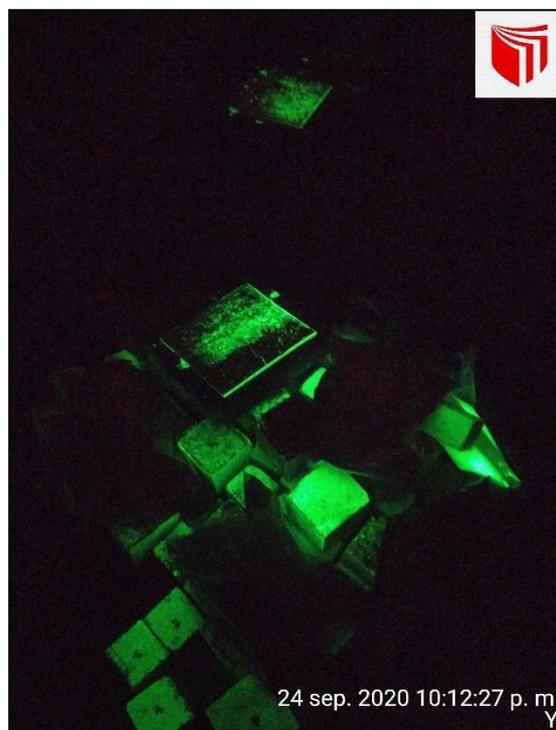
Fuente: Laboratorio de WRC INGENEO S.A.C., 2020.

Anexo 42: Dosificación de A. E. con 40%



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 43: Mortero con A. E de 40% terminado



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 44: dosificación con 40% de aluminato de estroncio



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO:	Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
TESISTAS:	Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho
LABORATORIO:	WRC INGENIO S.A.C.
TÉC. LABORATORISTA:	Tonny Santillan
ING. SUPERVISOR:	Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
DOSIFICACIÓN PARA EL MORTERO PATRÓN ADICIONANDO 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO
NORMA: ASTM C207 Y DIEGO S.

Lugar:	Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.	Fecha inicial:	20/09/2020
		Fecha final:	20/09/2020

ESPECIFICACIONES	
Cemento:	Portland Tipo I – Huascarán (Blanco) - Comacsa
Arena:	Cantera Trapiche (Forma angular y textura rugosa)
Agua:	Potable
Aluminato de estroncio	Color amarillo - verde

DATOS DE ENTRADA	
Resistencia a diseñar	F'c: 280 kg/cm ² Resistencia a la compresión
Consistencia: Seca (90%)	Consistencia requerida
a/c: 0.35	Relación de agua-cemento
Cemento	Ge: 3.20 g/cm ³ Densidad específica del C.
Agregado fino:	M.F.: 3.06 Módulo de finura
	Ga: 2.57 g/cm ³ Densidad aparente seca de la A.F.
	%H: 1.14% Contenido de humedad del A.F.
	%Abs: 4.91% Absorción del A.F.
Aluminato de estroncio:	%H: 0.00% Contenido de humedad del A.E.
	%Abs: 1.21% Absorción del A.E.
	%A.E.: 40% Porcentaje de aluminato de estroncio en relación del A.F.

Dosificación patrón	
Componentes	Dosificación en peso
Agua:	1.00
Cemento:	2.46
Arena:	0.75

Ajuste por humedad	
Componentes	Dosificación en peso
Agua:	1.00
Cemento:	2.46
Arena:	0.76
Aluminato de estroncio:	0.88



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 45: Resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 46: Resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 47: Resistencia a compresión a los 3 días.



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO A LOS 3 DIAS

NORMA: ASTM C109/C 109M-07

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medida de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 25/09/2020

MORTERO PATRON								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Dias)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2884	115.36	115.23
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2919	116.76	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2839	113.56	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Dias)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2451	98.04	98.24
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2421	96.84	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2496	99.84	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Dias)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2307	92.28	92.15
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2332	93.28	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2272	90.88	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 48: Resistencia a compresión a los 7 días.



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 29/09/2020

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO A LOS 7 DÍAS

NORMA: ASTM C109/C 109M-07

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medida de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 29/09/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4595	183.80	183.87
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4610	184.40	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4585	183.40	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3906	156.24	156.27
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3911	156.44	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3896	155.84	
4	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3891	155.64	
5	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3921	156.84	
6	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3916	156.64	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3676	147.04	147.04
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3691	147.64	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3666	146.64	
4	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3661	146.44	
5	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3651	146.04	
6	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3711	148.44	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 49: Resistencia a compresión a los 28 días.



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO A LOS 28 DÍAS

NORMA: ASTM C109/C 109M-07

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medidas de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	7097	283.88	283.95
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	7117	284.68	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	7082	283.28	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6033	241.32	241.57
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6058	242.32	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6048	241.92	
4	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6038	241.52	
5	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5998	239.92	
6	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6028	241.12	
7	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6068	242.72	
8	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6038	241.52	
9	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6058	242.32	
10	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6023	240.92	
11	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6068	242.72	
12	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6013	240.52	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5678	227.12	227.37
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5703	228.12	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5693	227.72	
4	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5683	227.32	
5	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5643	225.72	
6	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5673	226.92	
7	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5713	228.52	
8	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5683	227.32	
9	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5703	228.12	
10	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5668	226.72	
11	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5713	228.52	
12	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5658	226.32	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 50: Resistencia al hielo y deshielo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 51: Mortero en hielo-deshielo



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 52: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo de mortero patrón (3 días).



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO :
TESISTAS :
LABORATORIO :
TÉC. LABORATORISTA:
ING. SUPERVISOR:

Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
Guillermo Paucar, Michael Crithian
Ingaroca Gómez, Julinho
WRC INGENIO S.A.C.
Tonny Santillan
Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA AL CICLO DE HIELO Y DESHIELO A LOS 3 DÍAS

NORMA: ASTM C666/C666M

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medida de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 25/09/2020

MORTERO PATRON								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2798	111.92	111.99
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2813	112.52	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2788	111.52	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2378	95.12	95.27
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2385	95.40	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2382	95.28	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2239	89.56	89.73
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2247	89.88	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2244	89.76	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 53: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo de mortero patrón (7 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA AL CICLO DE HIELO Y DESHIELO A LOS 7 DÍAS

NORMA: ASTM C666/C666M

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medida de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 29/09/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4458	178.32	178.39
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4473	178.92	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4448	177.92	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3789	151.56	151.63
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3781	151.24	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3802	152.08	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm ²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3566	142.64	142.68
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3559	142.36	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3576	143.04	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 54: Resistencia al ciclo de hielo-deshielo de mortero patrón (28 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tony Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA AL CICLO DE HIELO Y DESHIELO A LOS 28 DÍAS

NORMA: ASTM C666/C666M

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medidas de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6884	275.36	275.43
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6899	275.96	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6874	274.96	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5851	234.04	234.11
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5841	233.64	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5866	234.64	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5507	220.28	220.37
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5499	219.96	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5522	220.88	



WRC INGENIO Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 55: Resistencia al sulfato



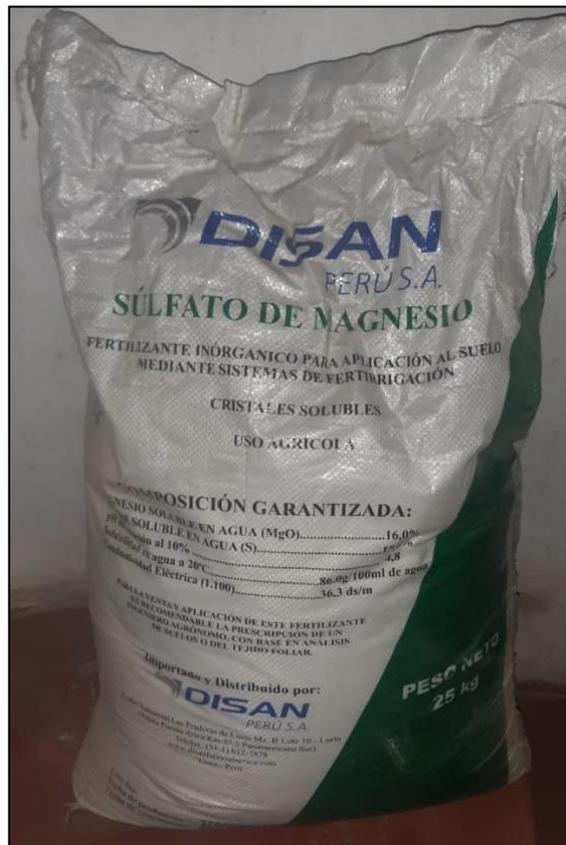
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 56: Morteros en agua con sulfato



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 57: Sulfato de magnesio - DISAN PERÚ S.A.C.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 58: Resistencia al sulfato de mortero patrón (3 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA AL SULFATO DE MORTERO A LOS 3 DÍAS

NORMA: ASTM C1012

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medida de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 25/09/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2740	109.60	109.63
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2752	110.08	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2730	109.20	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2329	93.16	93.25
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2346	93.84	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2319	92.76	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2192	87.68	87.72
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2202	88.08	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	25	2185	87.40	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 59: Resistencia al sulfato de mortero patrón (7 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.
 TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan
 ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
RESISTENCIA AL SULFATO A LOS 7 DÍAS
 NORMA: ASTM C1012

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. Fecha inicial : 21/09/2020
 Medidas de probeta: 5cm x 5cm x 5cm Fecha final : 29/09/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4365	174.60	174.80
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4335	173.40	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	4410	176.40	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3710	148.40	148.49
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3705	148.20	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3722	148.88	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3492	139.68	139.79
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3480	139.20	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	25	3512	140.48	



WRC INGENIO S.A.C.
 JORGE ZAPATA CASTILLO
 ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 60: Resistencia al sulfato de mortero patrón (28 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA AL SULFATO A LOS 28 DÍAS

NORMA: ASTM C1012

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medidas de probeta: 5cm x 5cm x 5cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

MORTERO PATRÓN								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6742	269.68	269.75
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6762	270.48	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	6727	269.08	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5731	229.24	229.44
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5726	229.04	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5751	230.04	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO								
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	ÁREA DE LA CARA SUPERIOR (cm²)	PESO DE RUPTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	PROMEDIO (kg/cm²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5394	215.76	215.96
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	25	5389	215.56	
3	24/01/1900	25/01/1900	22/02/1900	28	25	5414	216.56	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020

Anexo 61: Resistencia a la flexión.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 62: Resistencia a la flexión (ruptura).



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 63: Resistencia a flexión a los 3 días.



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 3 DÍAS

NORMA: ASTM C348

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medidas de probeta: 16cm x 4cm x 4cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 25/09/2020

MORTERO PATRON										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	215	80.63	81.88
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	230	86.25	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	210	78.75	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	183	68.63	69.75
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	193	72.38	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	168	63.00	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	172	64.50	65.63
2	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	182	68.25	
3	21/09/2020	22/09/2020	25/09/2020	3	16.00	4.00	4.00	157	58.88	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolivar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 64: Resistencia a flexión de mortero patrón (7 días).



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO : WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 29/09/2020

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS

NORMA: ASTM C348

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3.

Medidas de probeta: 16cm x 4cm x 4cm

MORTERO PATRÓN										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	340	127.50	128.75
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	355	133.13	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	335	125.63	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	289	108.38	109.13
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	304	114.00	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	264	99.00	
4	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	274	102.75	
5	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	299	112.13	
6	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	274	102.75	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	272	102.00	102.75
2	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	287	107.63	
3	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	247	92.63	
4	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	257	96.38	
5	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	282	105.75	
6	21/09/2020	22/09/2020	29/09/2020	7	16.00	4.00	4.00	257	96.38	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720

BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720

JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720

E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 65: Resistencia a flexión de mortero patrón (28 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS: Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

LABORATORIO: WRC INGENIO S.A.C.

TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan

ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS
NORMA: ASTM C348

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. **Fecha inicial:** 21/09/2020

Medidas de probeta: 16cm x 4cm x 4cm **Fecha final:** 20/10/2020

MORTERO PATRON										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	525	196.88	198.13
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	540	202.50	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	520	195.00	

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	447	167.63	168.72
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	467	175.13	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	462	173.25	
4	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	442	165.75	
5	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	422	158.25	
6	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	482	180.75	
7	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	432	162.00	
8	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	442	165.75	
9	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	457	171.38	
10	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	472	177.00	
11	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	432	162.00	
12	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	442	165.75	

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO										
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	L (cm)	B (cm)	H (cm)	P (kg)	Mr (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	420	157.50	158.59
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	440	165.00	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	435	163.13	
4	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	415	155.63	
5	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	395	148.13	
6	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	455	170.63	
7	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	405	151.88	
8	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	415	155.63	
9	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	430	161.25	
10	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	445	166.88	
11	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	405	151.88	
12	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	16.00	4.00	4.00	415	155.63	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 66: Resistencia a la abrasión de mortero patrón (28 días).



WRC INGENIO S.A.C.[®]

INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TÍTULO: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISISTAS: Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 LABORATORIO: WRC INGENIO S.A.C.
 TÉC. LABORATORISTA: Tonny Santillan
 ING. SUPERVISOR: Zapata Castillo, Jorge

ENSAYO DE LABORATORIO

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN A LOS 28 DÍAS
 NORMA: EN 1338:2003, anexo G y H

Lugar: Los Jazmines de Naranjal Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. 3. Fecha inicial: 21/09/2020
 Fecha final: 20/10/2020

Medidas de probeta: 70mm x 70mm x 70mm
 Volumen de probeta: 343000 mm³
 Densidad de la probeta: 0.0022 g/mm³

MORTERO PATRÓN									
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	MASA INICIAL DE LA PROBETA (g)	MASA FINAL DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE MASA DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE VOLUMEN DE LA PROBETA (mm ³)	PROMEDIO (mm ³)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	760.50	756.00	4.50	2030.92	2151.27
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	761.80	756.80	5.00	2256.58	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	759.20	754.40	4.80	2166.32	

Porcentaje de pérdida de volumen por abrasión: 0.63%

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO									
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	MASA INICIAL DE LA PROBETA (g)	MASA FINAL DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE MASA DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE VOLUMEN DE LA PROBETA (mm ³)	PROMEDIO (mm ³)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	760.10	750.70	9.40	4242.37	4212.28
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	761.20	751.50	9.70	4377.76	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	759.10	750.20	8.90	4016.71	

Porcentaje de pérdida de volumen por abrasión: 1.23%

MORTERO CON 40% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO									
N°	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE INICIO DE CURADO	FECHA DE FINAL DE CURADO Y ENSAYO	EDAD (Días)	MASA INICIAL DE LA PROBETA (g)	MASA FINAL DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE MASA DE LA PROBETA (g)	PERDIDA DE VOLUMEN DE LA PROBETA (mm ³)	PROMEDIO (mm ³)
1	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	760.40	751.00	9.40	4242.37	4422.89
2	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	761.10	751.30	9.80	4422.89	
3	21/09/2020	22/09/2020	20/10/2020	28	759.20	749.00	10.20	4603.42	

Porcentaje de pérdida de volumen por abrasión: 1.29%



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO

ING. CIVIL - CIP 68428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
 BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
 JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
 E-mail: adm@wrcingeosac.com

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 67: Certificado de calibración de balanza no automática (capacidad máx. 310g)

 LAB CM <small>Laboratorio de Masa</small>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MM-0058-2020 <small>Página 1 de 3</small>
Expediente	20-0036	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales u internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Solicitante	WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C	
Dirección	Mz. H1 Lote. 3 Coo. Los Jazmines de Naranjal San Martín de Porres - Lima - Lima.	
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMATICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
Marca	OHAUS	
Modelo	PA313	
Número de Serie	8332090565	
Procedencia	CHINA	
Tipo	ELECTRONICA	
Identificación	NO INDICA	
Capacidad Máxima	310 g	
División de escala (d)	0.001 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
Div. de Verificación (e)	0.001 g	
Capacidad Mínima	0.1 g	
Clase de Exactitud	I	
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
Fecha de Calibración	2020-02-01	
Método de Calibración	La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición tercera.	
Trazabilidad	Se utilizaron patrones calibrados en el INACAL - Laboratorio Acreditado, con certificados de calibración: LM-528-2019	
Sello	Fecha de Emisión	Jefe del laboratorio de calibración Santiago Liontop R.
	2020-02-04	
<small>Mz. D.LL. 08 A.H. Moisés Wolf, Ventanilla, Callao, Perú Telf: (01)532-6587 / #986 955 274 E-mail: ventas@labcm.pe / info@wrc@labcm.pe / web: www.labcm.pe</small>		

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 68: Certificado de calibración de balanza no automática (capacidad máx. 310g)



**LAB
CM**
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MM-0058-2020

Página 2 de 3

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CUNTO	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial 27.6 °C	Final 27.5 °C
Humedad Rel.	Inicial 52 %	Final 52 %

Medición Nº	Carga L1 = 150 g			Carga L2 = 300 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
2	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
3	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
4	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
5	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
6	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
7	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
8	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
9	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005
10	150.000	0.0	0.0005	300.000	0.0	0.0005

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p. (g)
150	0.0	0.002
300	0.0	0.003

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> </table>	2	5	1	4	3	4	Temperatura	Inicial 27.5 °C	Final 27.6 °C
2	5								
1	4								
3	4								
	Humedad Rel.	Inicial 52 %	Final 52 %						

Posición de las Cargas

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p. ± (g)
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1		0.010	0.0	0.0005		100.000	0.0	0.0005	0.0000	0.002
2		0.010	0.0	0.0005		100.000	0.0	0.0005	0.0000	0.002
3	0.01 g	0.010	0.0	0.0005	100 g	100.001	0.0	0.0015	0.0010	0.002
4		0.010	0.0	0.0005		99.999	0.0	-0.0005	-0.0010	0.002
5		0.010	0.0	0.0005		100.000	0.0	0.0005	0.0000	0.002

* Valor entre 0 y 10e E = I + ½e - ΔL - L E_c = E - E₀

Mc. D.LL. OS A.H. Moisés Wolf, Ventanilla, Callao, Perú Telf: (01) 622 9597 / #900 955 274
E-mail: ventas@labcm.pe / metrologia@labcm.pe / web: www.labcm.pe

Fuente: Laboratorio de WRC INGEN S.A.C., 2020.

Anexo 70: Certificado de calibración de balanza no automática (capacidad máx. 30000g)

 LAB CM Laboratorio de Masa		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MM-0060-2020
		Página 1 de 3
Expediente	20-0036	
Solicitante	WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Dirección	Mz. H1 Lote. 3 Coo. Los Jazmines de Naranjal San Martín de Porres - Lima - Lima.	
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMATICA	
Marca	OHAUS	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
Modelo	EC30	
Número de Serie	8030020197	
Procedencia	CHINA	
Tipo	ELECTRONICA	
Identificación	NO INDICA	
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de Verificación (e)	1 g	
Capacidad Mínima	50 g	
Clase de Exactitud	II	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
Fecha de Calibración	2020-02-01	
Método de Calibración	La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I.I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición tercera.	
Trazabilidad	Se utilizaron patrones calibrados en el INACAL - Laboratorio Acreditado, con certificados de calibración: LM-528-2019; M-0925-2019; M-0926-2019; M-0188-2019; M-0189-2019; M-0727-2019.	
Sello	Fecha de Emisión	Jefe del laboratorio de calibración Santiago Liontop R.
	2020-02-04	
Mz. D Lt. 08 A.H. Moisés Wolf, Ventanilla, Callao, Perú Telf: (01)532-0587 / #966 955 274 E- mail: ventas@labcm.pe / metrologia@labcm.pe / web: www.labcm.pe		

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 71: Certificado de calibración de balanza no automática (capacidad máx. 30000g)



**LAB
CM^E**
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MM-0060-2020

Página 2 de 3

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERD	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	28.8 °C	Final	28.9 °C
Humedad Rel.	Inicial	51 %	Final	51 %

Medición Nº	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
2	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
3	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
4	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
5	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
6	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
7	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
8	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
9	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
10	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p. (g)
15000	0.0	2
30000	0.0	3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	4
3	6

Posición de las Cargas

Temperatura	Inicial	28.9 °C	Final	29.1 °C
Humedad Rel.	Inicial	51 %	Final	51 %

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				e.m.p. ± (g)	
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		E _c (g)
1		10	0.5	0.0		10000	0.6	-0.1	-0.1	2
2		10	0.5	0.0		10000	0.4	0.1	0.1	2
3	10 g	10	0.5	0.0	10000 g	10000	0.3	0.2	0.2	2
4		10	0.5	0.0		10000	0.8	-0.3	-0.3	2
5		10	0.5	0.0		10000	0.6	-0.1	-0.1	2

* Valor entre 0 y 10e E = I + %e - ΔL - L E_c = E - E₀



Mz. D.LL. 08 A.H. Moisés Wolf, Ventanilla, Callao, Perú Telf: (01)532-6587 / #966 955 274
F. mail: ventas@labcm.pe / metrologia@labcm.pe / web: www.labcm.pe

Fuente: Laboratorio de WRC INGEN S.A.C., 2020.

Anexo 73: Certificado de calibración de prensa de concreto.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA
RUC N° 20602182721

Area de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 011 - 2020

Página 1 de 1

1. Expediente	177-2020	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	COO. LOS JAZMINES DE NARANJA L.MZA. #1 LOTE 3 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo	PRESA DE CONCRETO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad	2000 kN	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	150715	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	150715	
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2020-02-05	

Fecha de Emisión
2020-02-05

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALHAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 74: Certificado de calibración de prensa de concreto.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 011 - 2020

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LIDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
C/O. LOS JAZMINES DE NARANJA MZA. H1 LOTE. 3 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Fina
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	56% HR	56% HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PE-801 Capacidad: 150,000 kg f	JNF-LE-002-20
METROL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T1695-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de ± 2,0 °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
 E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIO S.A.C., 2020.

Anexo 75: Certificado de calibración de prensa de concreto.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 011 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 8

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	F_0 (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{promedio}$ (kN)
10	100	99.9	99.9	99.5	99.8
20	200	200.6	200.8	200.7	200.7
30	300	300.8	301.3	301.2	301.1
40	400	401.2	401.3	401.2	401.3
50	500	501.6	501.7	501.5	501.6
60	600	601.5	601.6	601.4	601.5
70	700	701.6	701.7	701.7	701.6
80	800	801.9	802.1	802.2	802.1
90	900	901.1	900.9	900.3	901.0
100	1000	1001.0	1001.5	1001.4	1001.3
Retorno a Cero	0.0	0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa r (%)	
100	0.22	0.45	0.05	0.10	0.61
200	-0.35	0.10	0.02	0.05	0.58
300	-0.36	0.17	0.03	0.03	0.58
400	-0.30	0.02	0.04	0.03	0.58
500	-0.31	0.03	0.03	0.02	0.57
600	-0.26	0.03	-0.02	0.02	0.58
700	-0.23	0.01	0.01	0.01	0.57
800	-0.26	0.04	-0.02	0.01	0.58
900	-0.12	0.02	0.02	0.01	0.57
1000	-0.13	0.05	0.04	0.02	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (e ₀)	0.00%
---	-------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

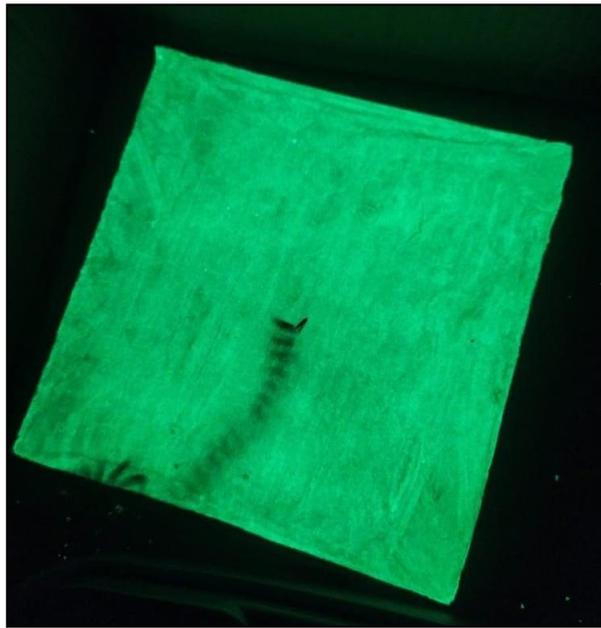
La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
 E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Fuente: Laboratorio de WRC INGENIEROS S.A.C., 2020.

Anexo 76: Loseta de mortero con 30% de A.E.



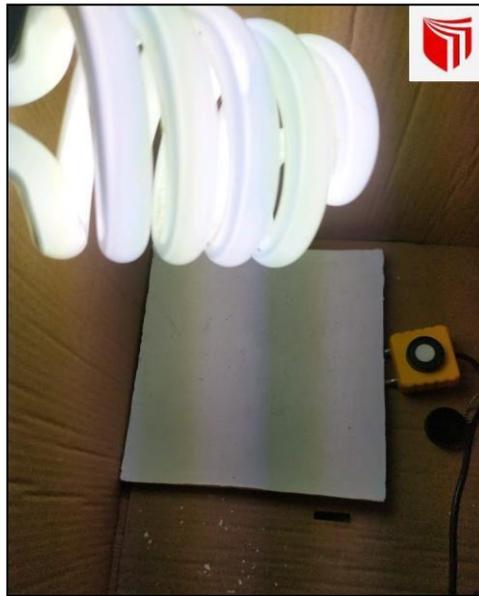
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 77: Luxómetro.



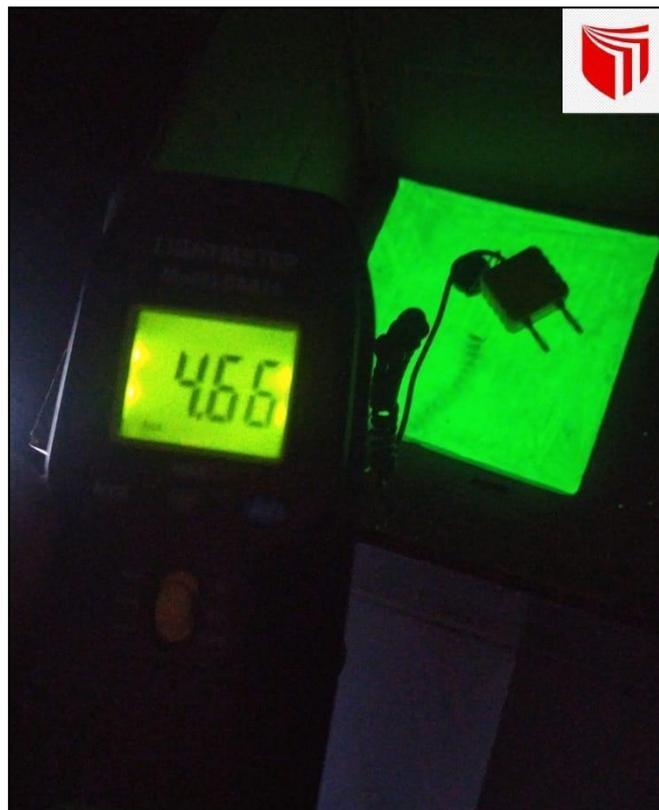
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 78: Mortero expuesto a luz artificial.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 79: Medición de la loceta con el luxómetro



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 80: Iluminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 20 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 20 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 20 MINUTOS
 PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.

Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	11.12	11.39	11.35	11.29
20	6.24	6.06	6.15	6.15
40	3.52	3.81	3.67	3.67
60	2.41	2.70	2.56	2.56
80	1.87	2.00	1.94	1.94
100	1.42	1.65	1.54	1.54
120	1.15	1.36	1.26	1.26
140	0.91	1.14	1.04	1.03
160	0.83	0.99	0.92	0.91
180	0.74	0.88	0.84	0.82
200	0.71	0.78	0.74	0.74
220	0.66	0.72	0.70	0.69
240	0.62	0.64	0.65	0.64
260	0.55	0.60	0.59	0.58
280	0.51	0.54	0.55	0.53
300	0.47	0.49	0.48	0.48
320	0.45	0.46	0.44	0.45
340	0.44	0.43	0.43	0.43
360	0.41	0.40	0.41	0.41
380	0.38	0.38	0.37	0.38
400	0.37	0.35	0.36	0.36
420	0.36	0.33	0.34	0.34
440	0.34	0.33	0.33	0.33
460	0.31	0.29	0.30	0.30
480	0.29	0.28	0.27	0.28
500	0.27	0.26	0.26	0.26
520	0.25	0.26	0.24	0.25
540	0.23	0.24	0.22	0.23
560	0.22	0.23	0.20	0.22
580	0.19	0.22	0.18	0.20
600	0.16	0.19	0.17	0.17
620	0.15	0.17	0.13	0.15
1200	0.11	0.11	0.10	0.11


 ALFREDO OSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 81: Luminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 20 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 20 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Crithian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 20 MINUTOS
 PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.

Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	11.29	0.2540	2.29	101.58
20	6.15	0.1384	1.25	55.35
40	3.67	0.0825	0.74	33.00
60	2.56	0.0575	0.52	23.01
80	1.94	0.0436	0.39	17.43
100	1.54	0.0346	0.31	13.83
120	1.26	0.0283	0.25	11.31
140	1.03	0.0232	0.21	9.27
160	0.91	0.0206	0.18	8.22
180	0.82	0.0185	0.17	7.38
200	0.74	0.0167	0.15	6.69
220	0.69	0.0156	0.14	6.24
240	0.64	0.0143	0.13	5.73
260	0.58	0.0131	0.12	5.22
280	0.53	0.0120	0.11	4.80
300	0.48	0.0108	0.10	4.32
320	0.45	0.0101	0.09	4.05
340	0.43	0.0098	0.09	3.90
360	0.41	0.0092	0.08	3.66
380	0.38	0.0085	0.08	3.39
400	0.36	0.0081	0.07	3.24
420	0.34	0.0077	0.07	3.09
440	0.33	0.0075	0.07	3.00
460	0.30	0.0068	0.06	2.70
480	0.28	0.0063	0.06	2.52
500	0.26	0.0059	0.05	2.37
520	0.25	0.0056	0.05	2.25
540	0.23	0.0052	0.05	2.07
560	0.22	0.0049	0.04	1.95
580	0.20	0.0044	0.04	1.77
600	0.17	0.0039	0.04	1.56
620	0.15	0.0034	0.03	1.35
1200	0.11	0.0024	0.02	0.96


 ALFREDO CSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 82: Iluminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 40 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 40 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian

Ingaroca Gómez, Julinho

ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo

Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 40 MINUTOS PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.				
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	11.82	11.42	11.55	11.60
20	7.21	6.34	6.63	6.73
40	3.81	3.72	3.75	3.76
60	3.51	3.20	3.30	3.34
80	2.12	1.94	2.00	2.02
100	1.71	1.65	1.67	1.68
120	1.51	1.45	1.47	1.48
140	1.22	1.12	1.15	1.16
160	0.96	0.94	0.95	0.95
180	0.91	0.87	0.88	0.89
200	0.86	0.84	0.85	0.85
220	0.82	0.79	0.80	0.80
240	0.77	0.75	0.76	0.76
260	0.75	0.71	0.73	0.73
280	0.70	0.67	0.69	0.69
300	0.67	0.60	0.65	0.64
320	0.61	0.55	0.55	0.57
340	0.54	0.51	0.51	0.52
360	0.53	0.51	0.49	0.51
380	0.48	0.47	0.46	0.47
400	0.45	0.43	0.41	0.43
420	0.43	0.40	0.37	0.40
440	0.41	0.38	0.35	0.38
460	0.38	0.36	0.33	0.36
480	0.36	0.34	0.29	0.33
500	0.35	0.32	0.28	0.32
520	0.33	0.29	0.27	0.30
540	0.31	0.28	0.25	0.28
560	0.29	0.26	0.23	0.26
580	0.28	0.25	0.22	0.25
600	0.27	0.24	0.18	0.23
620	0.24	0.23	0.15	0.21
1200	0.12	0.11	0.11	0.11


ALFREDO OSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Anexo 83: Luminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 40 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 40 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 40 MINUTOS PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.				
Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	11.60	0.2609	2.35	104.37
20	6.73	0.1514	1.36	60.54
40	3.76	0.0846	0.76	33.84
60	3.34	0.0751	0.68	30.03
80	2.02	0.0455	0.41	18.18
100	1.68	0.0377	0.34	15.09
120	1.48	0.0332	0.30	13.29
140	1.16	0.0262	0.24	10.47
160	0.95	0.0214	0.19	8.55
180	0.89	0.0200	0.18	7.98
200	0.85	0.0191	0.17	7.65
220	0.80	0.0181	0.16	7.23
240	0.76	0.0171	0.15	6.84
260	0.73	0.0164	0.15	6.57
280	0.69	0.0155	0.14	6.18
300	0.64	0.0144	0.13	5.76
320	0.57	0.0128	0.12	5.13
340	0.52	0.0117	0.11	4.68
360	0.51	0.0115	0.10	4.59
380	0.47	0.0106	0.10	4.23
400	0.43	0.0097	0.09	3.87
420	0.40	0.0090	0.08	3.60
440	0.38	0.0086	0.08	3.42
460	0.36	0.0080	0.07	3.21
480	0.33	0.0074	0.07	2.97
500	0.32	0.0071	0.06	2.85
520	0.30	0.0067	0.06	2.67
540	0.28	0.0063	0.06	2.52
560	0.26	0.0059	0.05	2.34
580	0.25	0.0056	0.05	2.25
600	0.23	0.0052	0.05	2.07
620	0.21	0.0047	0.04	1.86
1200	0.11	0.0026	0.02	1.02


 ALFREDO CSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Anexo 84: Iluminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 60 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 60 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Crithian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 60 MINUTOS
 PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.

Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	11.94	11.45	11.80	11.73
20	6.70	6.20	6.45	6.45
40	3.70	3.67	3.69	3.69
60	2.61	2.53	2.57	2.57
80	1.82	1.71	1.77	1.77
100	1.57	1.53	1.55	1.55
120	1.34	1.31	1.33	1.33
140	0.98	1.11	1.05	1.05
160	0.92	0.96	0.94	0.94
180	0.78	0.85	0.82	0.82
200	0.72	0.75	0.74	0.74
220	0.65	0.68	0.67	0.67
240	0.61	0.62	0.62	0.62
260	0.58	0.60	0.59	0.59
280	0.54	0.52	0.53	0.53
300	0.52	0.48	0.50	0.50
320	0.49	0.46	0.48	0.48
340	0.45	0.44	0.46	0.45
360	0.43	0.42	0.44	0.43
380	0.41	0.38	0.40	0.40
400	0.40	0.36	0.39	0.38
420	0.39	0.34	0.36	0.36
440	0.37	0.33	0.35	0.35
460	0.36	0.31	0.34	0.34
480	0.35	0.31	0.33	0.33
500	0.33	0.29	0.31	0.31
520	0.30	0.28	0.29	0.29
540	0.29	0.27	0.24	0.27
560	0.27	0.26	0.23	0.25
580	0.25	0.26	0.22	0.24
600	0.23	0.25	0.21	0.23
620	0.19	0.22	0.17	0.19
1200	0.12	0.12	0.11	0.12


 ALFREDO CÍVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Anexo 85: Luminancia de un mortero con 30% de A.E. cargado a 60 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 30% DE A.E. CARGADO A 60 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo

Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm

Fecha inicial : 21/09/2020
Fecha final : 20/10/2020

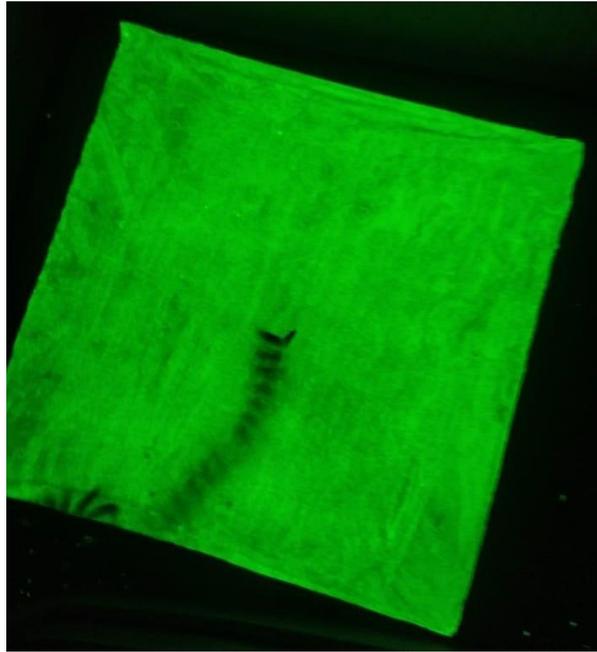
**LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 60 MINUTOS
PARA UN MORTERO CON 30% DE A.E.**

Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	11.73	0.2639	2.38	105.57
20	6.45	0.1451	1.31	58.05
40	3.69	0.0830	0.75	33.18
60	2.57	0.0578	0.52	23.13
80	1.77	0.0398	0.36	15.90
100	1.55	0.0349	0.31	13.95
120	1.33	0.0299	0.27	11.94
140	1.05	0.0236	0.21	9.42
160	0.94	0.0212	0.19	8.46
180	0.82	0.0184	0.17	7.35
200	0.74	0.0166	0.15	6.63
220	0.67	0.0150	0.14	6.00
240	0.62	0.0139	0.12	5.55
260	0.59	0.0133	0.12	5.31
280	0.53	0.0119	0.11	4.77
300	0.50	0.0113	0.10	4.50
320	0.48	0.0107	0.10	4.29
340	0.45	0.0101	0.09	4.05
360	0.43	0.0097	0.09	3.87
380	0.40	0.0089	0.08	3.57
400	0.38	0.0086	0.08	3.45
420	0.36	0.0082	0.07	3.27
440	0.35	0.0079	0.07	3.15
460	0.34	0.0076	0.07	3.03
480	0.33	0.0074	0.07	2.97
500	0.31	0.0070	0.06	2.79
520	0.29	0.0065	0.06	2.61
540	0.27	0.0060	0.05	2.40
560	0.25	0.0057	0.05	2.28
580	0.24	0.0055	0.05	2.19
600	0.23	0.0052	0.05	2.07
620	0.19	0.0044	0.04	1.74
1200	0.12	0.0026	0.02	1.05


ALFREDO CSVINO
LA MADRID DOLATA
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 86: Loseta de mortero con 40% de A.E.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 87: Cargado expuesto a luz artificial.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 88: Iluminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 20 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 20 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
Ingaroca Gómez, Julinho

ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo

Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

**ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 20 MINUTOS
PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.**

Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	12.50	12.10	12.30	12.30
20	9.85	9.45	9.79	9.70
40	5.46	5.06	5.37	5.30
60	4.98	4.58	4.62	4.73
80	4.66	4.26	4.44	4.45
100	3.40	3.00	3.12	3.17
120	3.12	2.72	2.96	2.93
140	2.64	2.24	2.38	2.42
160	2.26	1.97	2.12	2.12
180	1.95	1.76	1.91	1.87
200	1.56	1.32	1.70	1.53
220	1.42	1.21	1.33	1.32
240	1.28	1.12	1.19	1.20
260	1.16	1.00	1.14	1.10
280	1.07	0.97	1.04	1.03
300	0.98	0.96	0.97	0.97
320	0.91	0.89	0.89	0.90
340	0.84	0.82	0.83	0.83
360	0.79	0.77	0.78	0.78
380	0.76	0.74	0.75	0.75
400	0.69	0.67	0.68	0.68
420	0.65	0.63	0.64	0.64
440	0.61	0.59	0.59	0.60
460	0.58	0.56	0.57	0.57
480	0.55	0.53	0.52	0.53
500	0.52	0.50	0.49	0.50
520	0.49	0.47	0.44	0.47
540	0.47	0.37	0.42	0.42
560	0.45	0.35	0.39	0.40
580	0.43	0.33	0.38	0.38
600	0.41	0.31	0.33	0.35
620	0.39	0.34	0.31	0.35
1200	0.12	0.11	0.12	0.12


ALFREDO CSVINO
LA MADRID DOLATA
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 89: Luminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 20 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 20 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

**LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 20 MINUTOS
 PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.**

Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	12.30	0.2768	2.49	110.70
20	9.70	0.2182	1.96	87.27
40	5.30	0.1192	1.07	47.67
60	4.73	0.1064	0.96	42.54
80	4.45	0.1002	0.90	40.08
100	3.17	0.0714	0.64	28.56
120	2.93	0.0660	0.59	26.40
140	2.42	0.0545	0.49	21.78
160	2.12	0.0476	0.43	19.05
180	1.87	0.0422	0.38	16.86
200	1.53	0.0344	0.31	13.74
220	1.32	0.0297	0.27	11.88
240	1.20	0.0269	0.24	10.77
260	1.10	0.0248	0.22	9.90
280	1.03	0.0231	0.21	9.24
300	0.97	0.0218	0.20	8.73
320	0.90	0.0202	0.18	8.07
340	0.83	0.0187	0.17	7.47
360	0.78	0.0176	0.16	7.02
380	0.75	0.0169	0.15	6.75
400	0.68	0.0153	0.14	6.12
420	0.64	0.0144	0.13	5.76
440	0.60	0.0134	0.12	5.37
460	0.57	0.0128	0.12	5.13
480	0.53	0.0120	0.11	4.80
500	0.50	0.0113	0.10	4.53
520	0.47	0.0105	0.09	4.20
540	0.42	0.0095	0.09	3.78
560	0.40	0.0089	0.08	3.57
580	0.38	0.0086	0.08	3.42
600	0.35	0.0079	0.07	3.15
620	0.35	0.0078	0.07	3.12
1200	0.12	0.0026	0.02	1.05


 ALFREDO OSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 90: Iluminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 40 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 40 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 40 MINUTOS PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.				
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	12.94	13.12	14.48	13.51
20	10.15	10.61	11.49	10.75
40	5.51	3.72	6.21	5.15
60	3.82	3.20	3.98	3.67
80	3.01	1.94	3.21	2.72
100	2.43	1.65	2.54	2.21
120	2.05	1.45	2.12	1.87
140	1.75	1.12	1.79	1.55
160	1.53	0.94	1.62	1.36
180	1.35	0.87	1.36	1.19
200	1.21	0.84	1.17	1.07
220	1.08	0.79	1.10	0.99
240	0.99	0.75	0.97	0.90
260	0.90	0.71	0.82	0.81
280	0.83	0.67	0.74	0.75
300	0.76	0.60	0.68	0.68
320	0.71	0.55	0.64	0.63
340	0.67	0.51	0.60	0.59
360	0.62	0.51	0.56	0.56
380	0.59	0.47	0.52	0.53
400	0.55	0.43	0.46	0.48
420	0.51	0.40	0.43	0.45
440	0.48	0.38	0.40	0.42
460	0.46	0.36	0.38	0.40
480	0.43	0.34	0.36	0.38
500	0.42	0.32	0.33	0.36
520	0.39	0.29	0.31	0.33
540	0.37	0.28	0.29	0.31
560	0.36	0.26	0.27	0.30
580	0.33	0.25	0.25	0.28
600	0.32	0.24	0.24	0.27
620	0.30	0.23	0.20	0.24
1200	0.12	0.13	0.11	0.12


 ALFREDO OSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 91: Luminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 40 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 40 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 40 MINUTOS
 PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.

Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	13.51	0.3041	2.74	121.62
20	10.75	0.2419	2.18	96.75
40	5.15	0.1158	1.04	46.32
60	3.67	0.0825	0.74	33.00
80	2.72	0.0612	0.55	24.48
100	2.21	0.0497	0.45	19.86
120	1.87	0.0422	0.38	16.86
140	1.55	0.0350	0.31	13.98
160	1.36	0.0307	0.28	12.27
180	1.19	0.0269	0.24	10.74
200	1.07	0.0242	0.22	9.66
220	0.99	0.0223	0.20	8.91
240	0.90	0.0203	0.18	8.13
260	0.81	0.0182	0.16	7.29
280	0.75	0.0168	0.15	6.72
300	0.68	0.0153	0.14	6.12
320	0.63	0.0143	0.13	5.70
340	0.59	0.0134	0.12	5.34
360	0.56	0.0127	0.11	5.07
380	0.53	0.0119	0.11	4.74
400	0.48	0.0108	0.10	4.32
420	0.45	0.0101	0.09	4.02
440	0.42	0.0095	0.09	3.78
460	0.40	0.0090	0.08	3.60
480	0.38	0.0085	0.08	3.39
500	0.36	0.0080	0.07	3.21
520	0.33	0.0074	0.07	2.97
540	0.31	0.0071	0.06	2.82
560	0.30	0.0067	0.06	2.67
580	0.28	0.0062	0.06	2.49
600	0.27	0.0060	0.05	2.40
620	0.24	0.0055	0.05	2.19
1200	0.12	0.0027	0.02	1.08


 ALFREDO OSVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA/
 Reg. CIP N° 152639

Anexo 92: Iluminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 60 minutos.

ILUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 60 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.
 TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Cristhian
 Ingaroca Gómez, Julinho
 ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo
 Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm
 Fecha inicial : 21/09/2020
 Fecha final : 20/10/2020

ILUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 60 MINUTOS PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.				
Tiempo (s)	Loseta 1 (lux)	Loseta 2 (lux)	Loseta 3 (lux)	Promedio (lux)
0	14.85	13.71	14.30	14.29
20	11.65	11.45	11.59	11.56
40	5.97	5.85	5.92	5.91
60	4.82	4.52	4.65	4.66
80	3.65	3.52	3.58	3.58
100	2.95	2.84	2.87	2.89
120	2.44	2.39	2.43	2.42
140	2.12	2.08	2.12	2.11
160	1.83	1.79	1.80	1.81
180	1.61	1.59	1.50	1.57
200	1.43	1.39	1.27	1.36
220	1.26	1.24	1.21	1.24
240	1.16	1.14	1.07	1.12
260	1.06	0.99	0.98	1.01
280	0.97	0.95	0.90	0.94
300	0.90	0.87	0.85	0.87
320	0.83	0.81	0.79	0.81
340	0.77	0.72	0.72	0.74
360	0.72	0.68	0.66	0.69
380	0.68	0.64	0.63	0.65
400	0.64	0.61	0.59	0.61
420	0.60	0.58	0.57	0.58
440	0.60	0.56	0.54	0.57
460	0.55	0.52	0.48	0.52
480	0.51	0.49	0.46	0.49
500	0.50	0.46	0.44	0.47
520	0.47	0.44	0.41	0.44
540	0.45	0.43	0.38	0.42
560	0.42	0.40	0.34	0.39
580	0.41	0.37	0.33	0.37
600	0.40	0.35	0.28	0.34
620	0.37	0.31	0.22	0.30
1200	0.13	0.12	0.13	0.13


 ALFREDO CSRVINO
 LA MADRID DOLATA
 INGENIERO ELECTRICISTA
 Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 93: Luminancia de un mortero con 40% de A.E. cargado a 60 minutos.

LUMINANCIA DE UN MORTERO CON 40% DE A.E. CARGADO A 60 MINUTOS.

Según: ANTÓ, Joan y TOMÁS, Núria, 2016.

TÍTULO : Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones.

TESISTAS : Guillermo Paucar, Michael Crithian
Ingaroca Gómez, Julinho

ING. SUPERVISOR: La Madrid Dolata, Alfredo

Medidas de probeta: 15cm x 15cm x 1cm

Fecha inicial : 21/09/2020

Fecha final : 20/10/2020

LUMINANCIA ANTE UNA EXPOSICIÓN A 6420 LUX CON TIEMPO DE CARGA DE 60 MINUTOS PARA UN MORTERO CON 40% DE A.E.				
Tiempo (s)	Promedio de Iluminancia (lux)	Flujo luminoso (lm)	Intensidad luminosa (cd)	Luminancia (cd/m ²)
0	14.29	0.32	2.89	128.58
20	11.56	0.26	2.34	104.07
40	5.91	0.13	1.20	53.22
60	4.66	0.10	0.94	41.97
80	3.58	0.08	0.73	32.25
100	2.89	0.06	0.58	25.98
120	2.42	0.05	0.49	21.78
140	2.11	0.05	0.43	18.96
160	1.81	0.04	0.37	16.26
180	1.57	0.04	0.32	14.10
200	1.36	0.03	0.28	12.27
220	1.24	0.03	0.25	11.13
240	1.12	0.03	0.23	10.11
260	1.01	0.02	0.20	9.09
280	0.94	0.02	0.19	8.46
300	0.87	0.02	0.18	7.86
320	0.81	0.02	0.16	7.29
340	0.74	0.02	0.15	6.63
360	0.69	0.02	0.14	6.18
380	0.65	0.01	0.13	5.85
400	0.61	0.01	0.12	5.52
420	0.58	0.01	0.12	5.25
440	0.57	0.01	0.11	5.10
460	0.52	0.01	0.10	4.65
480	0.49	0.01	0.10	4.38
500	0.47	0.01	0.09	4.20
520	0.44	0.01	0.09	3.96
540	0.42	0.01	0.09	3.78
560	0.39	0.01	0.08	3.48
580	0.37	0.01	0.07	3.33
600	0.34	0.01	0.07	3.09
620	0.30	0.01	0.06	2.70
1200	0.13	0.00	0.03	1.14


ALFREDO CÍVINO
LA MADRID DOLATA
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP N° 152639

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 94: Certificado de calibración de Luxómetro.

UM
UNIMETRO

INGENIERÍA EN METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **CEU-161-2020**

Página : 1 de 2
Fecha de emisión: 2020-06-28
Expediente : 1077-2020

1. CLIENTE : AGROINDUSTRIAS INTEGRADAS S.A.
Dirección : Av. Angelica Gamarra Nro. 870 Urb. El Trebol - Los Olivos - Lima - Lima

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : LUXÓMETRO DIGITAL
Marca : AEMC
Modelo : CA811
Serie : 1213GACY
Alcance de Indicación : (0 a 200000) Lux
Identificación : No Indica
Procedencia : Taiwan
Ubicación : Alquilado

3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN
La calibración se realizó el 27 de Junio del 2020 en el Laboratorio de Calibraciones de UNIMETRO SAC.

4. MÉTODO
La calibración se realizó por el método de comparación directa con patrones certificados por DM-INACAL.

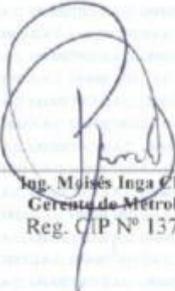
5. PATRÓN DE MEDICIÓN.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIE	N° CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
LUXÓMETRO DIGITAL	EXTECH	407026	Q617567	LE-744-2020	DM-INACAL
TERMOHIGROMETRO	LUFFT	OPUS 20 THI	003.0514.0302.023	LT-221-2020	DM-INACAL

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20,7 °C	20,5 °C
HUMEDAD RELATIVA	57,1 %	66,0 %

7. OBSERVACIONES:
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran a partir de la página 02 del presente documento.
El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autosdhesiva con la indicación "CALIBRADO".
La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Ing. Moisés Inga Chuco
Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima
Tel.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: *110362

Fuente: Grupo EIT S.A.C, 2020.

Anexo 95: Certificado de calibración de Luxómetro.



UNIMETRO

INGENIERÍA EN METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN **CEU-161-2020**

Página : 2 de 2
 Fecha de emisión: 2020-06-28
 Expediente : 1077-2020

8. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

CON LUZ INCANDESCENTE

ALCANCE: 0 Lux a 2000 Lux

I.C.V (lux)	INDICACION DEL LUXOMETRO (lux)	CORRECCION (lux)	INCERTIDUMBRE (lux)
0	0	0	1
52	50	2	2
317	305	12	13
480	457	23	25
785	744	41	53
1236	1184	52	78

ALCANCE: 2000 Lux a 20000 Lux

I.C.V (lux)	INDICACION DEL LUXOMETRO (lux)	CORRECCION (lux)	INCERTIDUMBRE (lux)
1950	1900	50	101
2360	2320	40	111
4280	4210	70	166
6720	6170	150	221

ICV=Iluminación convencionalmente verdadera
 (I.C.V.)=Indicación del luxómetro +Corrección

FIN DEL DOCUMENTO



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima
 Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM: *110362

Fuente: Grupo EIT S.A.C, 2020.

Anexo 96: Ficha de recolección de datos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FIGHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian
ESPECIALISTA:

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES

ORIGEN:

FECHA

MATERIALES	PROVEEDOR				
Cemento					
Arena					
Agua					
Aluminato de estroncio					
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	METRADO	P.U.	P.T.
Agua					
Cemento					
Arena					
Aluminato de estroncio					
Total					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 97: Ficha de recolección de datos del análisis granulométrico.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

ENSAYO DE LABORATORIO

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

NORMA: A. S. T. M. C-136 (TNP 400.012)

ORIGEN:

FECHA:

Tamiz N°	Peso del tamiz (gr)	Peso del tamiz más agregado fino (gr)	Peso del agregado fino (gr)
3/8			
4			
8			
16			
30			
50			
100			
200			
Fondo			
Total			

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje acumulado	Porcentaje que pasa	Requisito de %
3/8	9.525					100.00
4	4.750					95 a 100
8	2.360					80 a 100
16	1.180					50 a 85
30	0.600					25 a 60
50	0.355					10 a 30
100	0.150					2 a 10
200	0.075					
Fondo						
Total						

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 98: Ficha de recolección de datos del peso específico y absorción.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.			
TESISTAS:	Ingaroca Gómez, Julinho Guillermo Paucar, Michael Cristhian		
ESPECIALISTA:			
ENSAYO DE LABORATORIO			
<u>PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</u>			
NORMA: A.S.T.M. C 128 (TNP 400.022)			
ORIGEN:			FECHA:
Agregado fino			
A	Peso de la muestra seca en el aire	g	
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire	g	
C	Peso en el agua de la muestra saturada	g	
d	Peso específico del agua a temperatura en la que se realizó el ensayo	g/cm ³	
Pea	Peso específico aparente de la muestra (Pea)	g/cm ³	
Pem	Peso específico de la masa (Pem)	g/cm ³	
Pesss	Peso específico de la masa saturada con superficie seca (Pesss)	g/cm ³	
%Ab	Porcentaje de absorción	%	

Fuente: Elaboración propia, 2020.



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:
ENSAYO DE LABORATORIO

DENSIDAD SUELTA Y COMPACTADA DEL AGREGADO FINO

NORMA: A. S. T. M. C 128 (TNP 400.017)

ORIGEN:

FECHA:

Densidad suelta del agregado fino		
Peso del molde		g
Peso del molde y agregado fino		g
Peso del agregado fino		g
Volumen del molde		cm³
Densidad suelta		g/cm³

Densidad compactada del agregado fino		
Peso del molde		g
Peso del molde y agregado fino		g
Peso del agregado fino		g
Volumen del molde		cm³
Densidad compactada		g/cm³

Anexo 100: Ficha de recolección de datos de dosificación.


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

DOSIFICACIÓN PARA EL MORTERO CON 20% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO

NORMA: ASTM C207

ORIGEN: _____ FECHA: _____

ESPECIFICACIONES		
Cemento:	Portland Tipo I – Sol (Blanco)	
Arena:	Forma angular y textura rugosa	
Agua:	Potable	
Aluminato de estroncio	Color amarillo	
Consistencia:	Plástica	
F'c:	280 kg/cm ²	
Dosificación		
Componentes	Dosificación en peso (kg)	Dosificación en volumen (m ³)
Agua:		
Cemento:		
Arena:		
Total:		
Ajuste por humedad		
Componentes	Dosificación en peso (gr) para dos probetas	
Agua:		
Cemento:		
Arena:		
Aluminato de estroncio:		
Total:		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 101: Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia a compresión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN MORTERO

NORMA: ASTM C 109/C 109M-07

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO						
Nº	FECHA DE FABRICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10		Probeta de cubica de L=2" y dosificación F'c=280kg/cm ²		28		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 102: Ficha de recolección de datos del ensayo de abrasión

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

NORMA: NTG 41087 h2

MORTERO CON 30 % DE ALUMINATO DE ESTRONCIO

N°	FECHA DE FABRICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	PERDIDA DE VOLUMEN DE LA PROBETA (mm ³)	PROMEDIO (mm ³)
1		Probeta cubica de L=7cm y dosificación F'c=280kg/cm ²		28		
2						
3						
4						
5						
6						

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 103: Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia al sulfato.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

ENSAYO DE RESISTENCIA AL SULFATO

NORMA: NTG 41014 h5

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO

N°	FECHA DE FABRICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA SUMERGIDA EN LA SUSTENCIA	FECHA EXTRAIDA DE LA SUSTENCIA	EDAD (semana)	CAMBIO DE LONGITUD (%)	PROMEDIO (%)
1		Barras de 25 x 25 x 285mm y dosificación F'c=280kg/cm ²			15		
2							
3							
4							
5							
6							

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 104: Ficha de recolección de datos del ensayo de resistencia al ciclo de hielo-deshielo


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:

ENSAYO DE RESISTENCIA AL CICLO DE HIELO-DESHIELO

NORMA: ASTM C666/C666M

MORTERO CON 30% DE ALUMINATO DE ESTRONCIO						
N°	FECHA DE FABRICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1		Probeta de cubica de L=2" y dosificación F'c=280kg/cm ²		28		
2						
3						
4						
5						
6						

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 105: Ficha de recolección de datos de análisis de resultados, discusión, conclusión y recomendaciones



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: Análisis de la durabilidad y luminancia de un mortero con aluminato de estroncio para señalizaciones - Lima, 2020.

TESISTAS: Ingaroca Gómez, Julinho
 Guillermo Paucar, Michael Cristhian

ESPECIALISTA:
ANÁLISIS DE RESULTADOS, DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL MORTERO CON Y SIN ADICIÓN DE ALUMINATO DE ESTRONCIO

DATOS		
Adición de aluminato de estroncio (%)	Descripción	Perdida de volumen (mm ³)
	Probeta cubica de L=7cm y dosificación F'c=280kg/cm ²	
HISTOGRAMA		
RESULTADO		
DISCUSIÓN		
CONCLUSIÓN		
RECOMENDACIÓN		

Fuente: Elaboración propia, 2020.