

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PIGMENTO QUE MEJORA LAS
PROPIEDADES DE UN ADOQUÍN DE CONCRETO
LUMINISCENTE**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES

Br. Estefany Janet Sanchez Durand
Br. Renzo Antenor Rodriguez Rodriguez

ASESOR

Mg. Ing. Javier Quispe Rodriguez

<https://orcid.org/0009-0003-8346-546X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO – PERÚ

2023

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor(a) Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Yo Mg. Ing. Javier Quispe Rodriguez con DNI N° 18126008 como asesor del trabajo de investigación **“DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PIGMENTO QUE MEJORA LAS PROPIEDADES DE UN ADOQUÍN DE CONCRETO LUMINISCENTE”** desarrollado por los bachilleres Sanchez Durand, Estefany Janet y Rodriguez Rodriguez, Renzo Antenor con DNI N° 75475631 y DNI N° 48824863 respectivamente, del Programa Profesional de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Mg. Ing. Javier Quispe Rodriguez

DNI N° 18126008

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O. F. M.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Fundador y Gran Canciller de la Universidad Católica de Trujillo – Benedicto XVI

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz

Rector de la Universidad Católica de Trujillo – Benedicto XVI

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Vicerrectora Académica

Dra. Ena Cecilia Obando Peralta

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

Dra. Teresa Sofia Reátegui Marín

Secretaria General

DEDICATORIA

A Dios

Por direccionarme a su voluntad en cada paso de mi trayectoria universitaria, renueva mis fuerzas continuamente cuando enfrento barreras, abre puertas en los momentos indicados y me brinda sabiduría en cada decisión a tomar.

A mis padres

Por su apoyo brindado en cada peldaño de mi vida; mi madre Betty Durand Avalos, mi mejor amiga, quien, con su amor, esfuerzo, trabajo y sus enseñanzas en Dios ha logrado formarme para tomar decisiones con rostro humano; y mi padre Jorge Sanchez Bada, quien con su vida y esfuerzo me ha incentivado a poder continuar en el trayecto de cada meta anhelada.

A mi hermano

A quien amo mucho, Aldair Sanchez Durand, pues con su corazón lleno de fortaleza, bondad y humildad me ha enseñado mucho con la ayuda al prójimo, y no rendirse en cada etapa de nuestra vida.

A mi familia

Por su motivación y consejos, en especial a mis tíos Juan y Baldir, grandiosos seres humanos que con un mensaje y su granito de arena en todo mi período universitario, han brindado su disposición de apoyarme e incentivarme.

Estefany Janet Sanchez Durand

Autor.

DEDICATORIA

A Dios

Adorado Padre gracias por todo. Por brindarnos la vida, familia, amigos, gracias por guiarnos en cada momento y permitirnos reflejar todo el conocimiento adquirido en este proyecto, gracias por siempre mantenerme en pie con cada batalla que se me presenta.

A mi madre

Gracias por permitirme conocer la luz de la mañana. Por ser mi apoyo en todo momento, por tener siempre una palabra precisa para cada circunstancia de la vida. Mi honra a mi madre Edit Rosario Rodriguez Romero, quien siempre me motiva al esfuerzo para cumplir mis objetivos a cabalidad. Mi mejor inspiración Charito.

A mi familia

A mis ángeles en el cielo a Papa Julio y Mamá Perpetua, quienes siempre me apoyaron en todo momento y me brindaron su amor incondicional, gracias por sus sabias palabras y consejos. A mis hermanos Gypsy, Fernando y Carmen, por ser mis bases firmes para poder formarme como persona. A mis tíos Gabino y David, que siempre me brindaron apoyo moral. Gracias por permitirme lograr este objetivo, este logro también es de ustedes.

Renzo Antenor Rodriguez Rodriguez

Autor.

AGRADECIMIENTO

A nuestros docentes

Por habernos inculcado valores y conocimientos a través de su experiencia profesional; sus consejos y correcciones nos han ayudado a direccionarnos por el camino correcto. Asimismo, un especial agradecimiento al ingeniero Fernando Saldaña Milla, ingeniero Luis Alva Reyes, ingeniero Henry Chipana Saldaña y al ingeniero John Bejarano Guevara, pues sus aportes y consejos de superación tanto profesionalmente como humanamente han sido parte de un camino correcto.

A nuestro asesor

Ingeniero Javier Quispe Rodriguez, por su tiempo y guía; nos enseñó mucho con sus sabios consejos, y llevaremos plasmado en nosotros el valor de la humildad, aplicado en todo momento de nuestra vida.

A nuestros amigos

Por escucharnos, animarnos y comprendernos en situaciones frustrantes, y por compartir nuestras alegrías y triunfos. ¡Gracias a Dios por sus vidas!

***Estefany Janet Sanchez Durand
Renzo Antenor Rodriguez Rodriguez***

Autores.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	15
II. METODOLOGÍA	28
2.1 Enfoque	28
2.2 Diseño de investigación	28
2.3 Objeto de estudio	29
2.4 Técnicas e instrumentos de recojo de datos	30
2.5 Técnica de procesamiento y análisis de información	35
2.6 Aspectos éticos en investigación	36
III. RESULTADOS	37
3.1 Determinación del tipo de pigmento que mejora las propiedades de un adoquín de concreto luminiscente.....	37
3.2 Análisis de la variación del tipo de pigmento sobre la resistencia a la compresión de un adoquín de concreto luminiscente	40
3.3 Análisis de la variación del tipo de pigmento sobre la absorción de un adoquín de concreto luminiscente.....	43
3.4 Análisis de la variación del tipo de pigmento sobre la luminosidad de un adoquín de concreto luminiscente.....	44
3.5 Comparación del costo de un adoquín de concreto tipo I de 60 mm con un adoquín de concreto luminiscente.....	54
3.6 Prueba de hipótesis.....	55
IV. DISCUSIÓN.....	63
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	68
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Estructura de un pavimento articulado</i>	21
Figura 2: <i>Características de un adoquín de concreto</i>	22
Figura 3: <i>Representación de la resistencia de compresión en el concreto</i>	25
Figura 4: <i>Diagrama representativo del diseño de investigación</i>	29
Figura 5: <i>Medidas del adoquín de concreto</i>	30
Figura 6: <i>Diagrama de flujo del proceso realizado</i>	34
Figura 7: <i>Relación del tipo de pigmento y las propiedades de un adoquín de concreto luminiscente expuesto a una carga de 10 minutos</i>	37
Figura 8: <i>Relación del tipo de pigmento y las propiedades de un adoquín de concreto luminiscente expuesto a una carga de 20 minutos</i>	38
Figura 9: <i>Relación del tipo de pigmento y las propiedades de un adoquín de concreto luminiscente expuesto a una carga de 30 minutos</i>	39
Figura 10: <i>Resistencia a la compresión del grupo control a la edad de 28 días de curado</i>	40
Figura 11: <i>Resistencia a la compresión con adición del aluminato de estroncio a la edad de 28 días de curado</i>	41
Figura 12: <i>Resistencia a la compresión con adición del sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre a la edad de 28 días de curado</i>	42
Figura 13: <i>Resistencia a la compresión promedio con adición de pigmentos fotoluminiscentes a la edad de 28 días de curado</i>	43
Figura 14: <i>Absorción individual con adición de pigmentos fotoluminiscentes a la edad de 28 días de curado</i>	43
Figura 15: <i>Absorción promedio con adición de pigmentos fotoluminiscentes a la edad de 28 días de curado</i>	44
Figura 16: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuesto a una carga de 10 minutos</i>	45
Figura 17: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuesto a una carga de 20 minutos</i>	45
Figura 18: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuesto a una carga de 30 minutos</i>	46

Figura 19: <i>Luminancia de los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuestos a una carga de 10 minutos</i>	47
Figura 20: <i>Luminancia de los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuestos a una carga de 20 minutos</i>	47
Figura 21: <i>Luminancia de los adoquines con adición de aluminato de estroncio expuestos a una carga de 30 minutos</i>	48
Figura 22: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuesto a una carga de 10 minutos</i>	49
Figura 23: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuesto a una carga de 20 minutos</i>	50
Figura 24: <i>Ensayo de iluminancia realizado a los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuesto a una carga de 30 minutos</i>	51
Figura 25: <i>Luminancia de los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuestos a una carga de 10 minutos</i>	52
Figura 26: <i>Luminancia de los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuestos a una carga de 20 minutos</i>	53
Figura 27: <i>Luminancia de los adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre expuestos a una carga de 30 minutos</i>	54
Figura 28: <i>Promedio de la resistencia a la compresión</i>	56
Figura 29: <i>Promedio de luminancia (mCd/m²) expuesto a una carga de 30 minutos vs tiempo de descarga</i>	56
Figura 30: <i>Absorción promedio máximo de los pigmentos fotoluminiscentes</i>	57
Figura 31: <i>Resistencia a la compresión promedio con adición de pigmentos fotoluminiscentes a la edad de 28 días de curado</i>	58
Figura 32: <i>Promedio de la absorción del grupo control, adoquines con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre y adoquines con aluminato de estroncio</i>	60
Figura 33: <i>Costo normalizado de unidades de probetas con respecto al adoquín de concreto comercial</i>	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Muestras a ensayar por resistencia a la compresión en 28 días</i>	30
Tabla 2: <i>Valores mínimos de la resistencia a la compresión</i>	31
Tabla 3: <i>Valores máximos de la absorción</i>	32
Tabla 4: <i>Valores mínimos de la luminancia</i>	32
Tabla 5: <i>Costo de unidades de adoquín comercial, grupo control, adoquín con adición del aluminato de estroncio y del sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre</i>	55
Tabla 6: <i>Prueba de ANOVA para la resistencia a la compresión de los adoquines respecto al tipo de pigmento sobre la resistencia a la compresión de un adoquín de concreto luminiscente a la edad de 28 días</i>	59
Tabla 7: <i>Prueba de TUKEY para la resistencia a la compresión en kg/cm² respecto del tipo de pigmento sobre la resistencia a la compresión de un adoquín de concreto luminiscente a la edad de 28 días</i>	59
Tabla 8: <i>Prueba de ANOVA para la absorción del concreto de un adoquín luminiscente con adicción de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre y/o aluminato de estroncio</i>	61
Tabla 9: <i>Costo de unidades de probetas de grupo control, adoquín con adición de aluminato de estroncio y adoquín con adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre respecto al adoquín comercial</i>	62

RESUMEN

En la presente investigación se buscó determinar el tipo de pigmento que mejora las propiedades de un adoquín de concreto luminiscente, donde se ensayaron la resistencia a la compresión, absorción y luminosidad, la población de estudio estuvo conformada por 45 probetas de dimensiones de 20 cm x 10 cm x 6 cm, en forma de paralelepípedo rectangular, y se dividieron en tres grupos, 15 probetas pertenecían al grupo control, 15 al grupo con adición del 25% de aluminato de estroncio y 15 al grupo con adición del 25% de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre, la adición de ambas fue con respecto al peso del cemento, además todas estas probetas fueron curadas en un período de 28 días. Posteriormente de haber realizado los ensayos mencionados, continuamos con el procesamiento y análisis de datos mediante el ANOVA y el post prueba de Tukey, donde los resultados determinaron que el sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre tiene un mayor tiempo de atenuación en su luminancia después de ser expuesto a una fuente de 15 watts en comparación con una fuente de 500 watts, y por su parte, aluminato de estroncio tiene un mayor tiempo de atenuación en su luminancia después de ser expuesto a una fuente de 500 watts en comparación con una fuente de 15 watts. Asimismo, los especímenes ensayados son semejantes entre sí respecto al rango de la resistencia a la compresión, donde el adoquín con la adición de sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre tiene mayor resistencia a comparación del adoquín con aluminato de estroncio. Además, las muestras de los tres grupos cumplen de manera individual con el 7.5 % máximo de absorción de un adoquín de concreto, según indica la norma NTP 399.611. Para finalizar comprobamos que el adoquín luminiscente con sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre tiene mayor tiempo de atenuación siendo expuesto a una luz más limpia, y a la vez cumpliendo los requisitos mínimos de luminancia que indica la norma UNE 23035 - 1.

Palabras clave: Luminosidad, resistencia a la compresión, absorción, aluminato de estroncio, sulfuro de zinc dopado con cloruro de cobre, adoquín.

ABSTRACT

In the present investigation, we sought to determine the type of pigment that improves the properties of a luminescent concrete paver, where compression resistance, absorption and luminosity were tested. The study population was made up of 45 specimens with dimensions of 20 cm x 10 cm zinc doped with copper chloride, the addition of both was with respect to the weight of the cement, in addition all these specimens were cured in a period of 28 days. After having carried out the aforementioned tests, we continued with the data processing and analysis using ANOVA and the Tukey post test, where the results determined that zinc sulfide doped with copper chloride has a longer attenuation time in its luminance after of being exposed to a 15 watt source compared to a 500 watt source, and for its part, strontium aluminate has a longer attenuation time in its luminance after being exposed to a 500 watt source compared to a 15 watts. Likewise, the tested specimens are similar to each other regarding the range of compressive strength, where the paver with the addition of zinc sulfide doped with copper chloride has greater resistance compared to the paver with strontium aluminate. In addition, the samples of the three groups individually comply with the 7.5% maximum absorption of a concrete paver, as indicated by the NTP 399.611 standard. Finally, we verified that the luminescent paver with zinc sulfide doped with copper chloride has a longer attenuation time when exposed to cleaner light, and at the same time meeting the minimum luminance requirements indicated by the UNE 23035 - 1 standard.

Keywords: Luminosity, compressive strength, absorption, strontium aluminate, zinc sulfide doped with copper chloride, cobblestone.