



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno  
reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa  
– 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Limache López, Miluska Rocio (ORCID: 0000-0001-7571-2254)

**ASESOR:**

MS. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
DISEÑO INFRASTRUCTURA VIAL

Callao - Perú

2021

DEDICATORIA:

A mis padres Aparicio y María Isabel. A mi hermana Ana María Luz y a mi hermano Wilson.

## AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Universidad César Vallejo por permitir la culminación de mi carrera profesional

A mi Asesor el M. Sc. Gustavo Adolfo Aybar Arriola

A todas los amigos y personas que colaboraron directa o indirectamente con el desarrollo de esta Tesis

## Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras .....	vi
Resumen .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	11
3.1.1. El tipo de investigación.....	11
3.1.2. Diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y Operalización.....	12
3.2. Variable y definición operacional.....	12
3.2.1. Variable en estudio.....	12
3.2.2. Definición operacional.....	12
3.2.3. Escala de medición.....	12
3.3. Población muestra y muestreo.....	12
3.3.1. Población.....	12
3.3.2. Muestra.....	12
3.3.3. Muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.4.1. Técnica .....	13
3.4.2. Procedimiento .....	13
3.4.3. Validez.....	15
3.5. Método de análisis de datos.....	16
3.6. Aspectos éticos .....	18
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN .....	21
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES .....	27
REFERENCIAS.....	28
ANEXOS .....	31

## Índice de Tabla

Tabla 1.1.	Tabla de Validez .....	15
Tabla 1.2.	Validez por juicio de expertos.....	15

## Índice de Figuras

Fig. 1. Carretera central de la Oroya, fuente propia.....	15
Fig. 2. Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en adoquín peatonal.....	17
Fig. 3. Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la densidad de adoquín. .....	18
Fig. 4. Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la dureza de adoquín peatonal.....	19
Fig. 5. Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la resistencia adoquín.....	19

## RESUMEN

El adoquín peatonal tradicional está hecho de cerámica o mezcla de cemento con arena a veces con ripio como aglomerante. Pocas veces se ha visto un adoquín peatonal hecho de la mezcla de plástico poliestireno con escoria de cobre. Este producto, requiere estudios previos para salir al mercado.

Por esta razón el objetivo del estudio fue evaluar la dosis de mezcla del poliestireno reciclado con escoria procedente de la fundición de cobre de la Oroya. También se evaluaron la capacidad del plástico como aglutinante, el porcentaje de mezcla y las propiedades físico mecánicas del adoquín peatonal

Para ello se elaboró un total de 36 adoquines peatonales de 5 x 5 x 10 cm. Los insumos utilizados fueron plásticos poliestireno representado por el Tecnoport, platos y vasos descartables, los cuales fueron diluidos con gasolina de 90 octanos en un recipiente de plástico considerado como molde. La escoria de cobre fue acopiada en la Oroya específicamente de la margen izquierda de la carretera Central Huancayo - Lima. La escoria fue mezclada con el plástico diluido a razón de 00/100; 25/75; 50/50, 75/25. Una vez secado los adoquines fueron llevados al Laboratorio para pasar las pruebas de fragilidad, dureza, resistencia y densidad.

Los resultados demuestran que el plástico poliestireno es un buen aglutinante pues en la caída libre desde una altura de 3 m de altura ninguno de los adoquines de las cuatro dosis de mezcla se partió o rajaron. Las características físico mecánicas fueron densidad = 0.86 g/cm<sup>3</sup> resistencia a la compresión = 254 kg/cm<sup>2</sup> y dureza = 29 kg.

Considerando los resultados se asume que es posible producir adoquines peatonales a partir de la mezcla de plástico poliestireno y escoria de cobre. De modo previo es necesario identificar la técnica de secado y someter a una prueba de duración construyendo por lo menos 100 m de vereda.

Palabras clave: Mezcla escoria – plástico poliestireno – adoquín peatonal

## ABSTRACT

Traditional pedestrian pavers are made of ceramic or cement-sand mix, sometimes with gravel as a binder. Few times have you seen a pedestrian paving made from the mixture of polystyrene plastic with copper slag. This product requires previous studies to go on the market.

For this reason, the objective of the study was to evaluate the mixing dose of recycled polystyrene with slag from the Oroya copper smelter. The capacity of the plastic as a binder, the percentage of mixing and the physical-mechanical properties of the pedestrian paving were also evaluated.

For this, a total of 36 pedestrian paving stones of 5 x 5 x 10 cm were elaborated. The inputs used were polystyrene plastic represented by Tecnoport, disposable plates and glasses, which were diluted with 90 octane gasoline in a plastic container considered as a mold. The copper slag was collected in La Oroya specifically from the left bank of the Central Huancayo - Lima highway. The slag was mixed with the plastic diluted at a ratio of 00/100; 25/75; 50/50, 75/25. Once the paving stones were dried, they were taken to the Laboratory to pass the brittleness, hardness, resistance and density tests.

The results show that polystyrene plastic is a good binder, since in the free fall from a height of 2.5 m, none of the paving stones of the four doses of mixture broke or cracked. The physical-mechanical characteristics were density =  $0.86 \text{ g/cm}^3$  compressive strength =  $254 \text{ kg/cm}^2$  and hardness = 29 kg

Considering the results, it is assumed that it is possible to produce pedestrian pavers from a mixture of polystyrene plastic and copper slag. Previously, it is necessary to identify the drying technique and submit to a duration test by building at least 100 m of sidewalk.

Keywords: Mescal slag - polystyrene plastic - pedestrian paving stone

## I. INTRODUCCIÓN

El desconocimiento de la dosis de mezcla del poliestireno reciclado con escoria procedente de la fundición de cobre de la Oroya es el problema principal que dificulta la obtención de adoquines peatonales. No se sabe la capacidad de aglutinación de la escoria con el plástico poliestireno. Tampoco se sabe la proporción de mezcla de Tecnoport utilizado en platos descartables, material de construcción y embalaje de equipos. También es importante conocer las propiedades físico - mecánicas del adoquín peatonal por cada tipo de mezcla.

La importancia del estudio se demuestra en la posibilidad de reutilizar dos productos que contaminan el ambiente. Estas son el plástico poliestireno que abunda en parques, calles y desagües de las zonas urbanas y la escoria que se encuentra amontonada en las orillas del río Mantaro en la Oroya (Junín). El producto fue materia de análisis para la construcción de veredas peatonales que, en el caso de las ciudades tropicales como Pucallpa, Aguaytía, Tingo María es una solución por el tipo de suelo arcilloso que dificulta el tránsito peatonal

La idea de crear objetos basados en la mezcla de plástico reciclado y la escoria como material aglomerante no es nuevo. Por ejemplo, (Santa Cruz Torres & Torres Agredo, 2019), lo adicionó escoria de las baterías de plomo en la fabricación de ladrillos cerámicos y demostró la viabilidad de reemplazar el 15 % de arcilla por escoria. (Cabrera & Escalante, 2016), dice que las características cementantes de la escoria de alto horno, resulta viable para fabricar adoquines pudiendo mejorar la resistencia a compresión y en algunos casos la resistencia a la corrosión del acero hasta en un 70% en microclimas húmedos o ambientes marinos y hasta 50% en ambientes carbonatados.

(Kuschel, 2009), dice que el BIOPLAST es un termo aglomerado que se elabora con materiales reciclados como: agro fibra, aserrín y plástico. Se utiliza en materiales de construcción multiuso. Tiene mayor resistencia que la madera. (Etxeberria & Vásquez, 2010), elaboró hormigón reciclado con áridos calcáreos originales y mortero adherido con arena de sílice reactiva y cemento

La escoria de cobre es un residuo del proceso piro metalúrgico aplicado a los concentrados de minerales de cobre que ingresan a la fundición. Según, (Nazer, et al 2010), es depositada directamente en vertederos autorizados. En ocasiones, si posee una rentabilidad comercial y previa al vertido final, éstas pasan por un proceso de flotación que permite recuperar los metales contenidos.

Es importante indicar que glutinoso significa pegajoso o aquello que sirve para pegar y trabar una cosa con otra. Es sinónimo de aglutinante de cohesión o medio o sustancia que se utiliza para unir como el huevo, grasa, cola, etc. Al respecto, (Day News Es, 2020), reporta a una ciudad que utilizó arroz para preparar el aglutinante de sus construcciones con la cual unió al ladrillo para construir la pared. Esta muralla se mantiene inquebrantable después de cientos de años.

De igual modo, mortero es la mezcla de diversos materiales, como cal o cemento, arena y agua, que se usa en el campo de la construcción para fijar ladrillos y cubrir paredes. (Beltrán de Heredia Bercero, 2009), cita el estudio de las estructuras de los siglos V y VI d.C. en los diversos edificios que configuraron el Grupo Episcopal que ha permitido aportar nuevos datos sobre las técnicas constructivas o morteros empleadas en la antigüedad tardía en Barcelona.

En los últimos años el uso del plástico poliestireno se ha extendido en el rubro de los menajes descartables de tal manera que prácticamente ha reemplazado a los platos tradicionales. Su reciclaje es dudoso porque está compuesto de un material especial que al quemar genera mucho humo. En cambio, con el thinner o con la gasolina se diluye al instante formando un producto gelatinoso. En los adoquines peatonales este gel actúa como material aglutinante.

En la actualidad, el problema de la acumulación de plásticos y la escoria derivada de la cocción de los minerales abarca todo el planeta. Para reducir su presencia los científicos iniciaron estudios de reciclaje con poca fortuna porque la diversidad de plástico es increíble y la transformación de la escoria es antieconómica. Por ello, el almacenamiento del plástico y de la escoria en vertederos persiste de manera indefinida contaminando el ambiente.

De igual modo a la fecha por obvias razones, la escoria procedente de la fundición de cobre de la Oroya no tiene uso. Si al mezclar a ésta con el plástico poliestireno, se obtiene un adoquín peatonal apropiado no cabe duda de que el uso de la escoria se masificará como una nueva industria. Mientras tanto seguirá contaminando el ambiente en especial a las aguas del río Mantaro.

El adoquín peatonal resultado de la mezcla del plástico poliestireno reciclado y la escoria de la fundición de cobre de la Oroya es una opción especial tanto para crear un ambiente libre de contaminantes como para generar fuente de trabajo para la población. También genera valor agregado porque ambos productos son residuos sólidos que permanecen sin uso.

El acopio del plástico poliestireno se hizo en calles y avenidas de Pucallpa. Una porción de la escoria se mandó traer de la Oroya. Los ensayos de las propiedades físico mecánicas del adoquín se hicieron en la prensa universal que dispone el Laboratorio de propiedades físico mecánicas de la madera con la que cuenta la Universidad Nacional de Ucayali.

En este contexto, las preguntas fueron: ¿De qué manera se puede dosificar la mezcla compuesto de plástico Poliestireno PPE con la escoria de cobre de la Oroya para la obtención de adoquín peatonal? ¿Cuál es la capacidad de aglutinación del plástico poliestireno PPE con la escoria de cobre? ¿Cuál es la proporción de mezcla del poliestireno PPE con la escoria de cobre? ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del adoquín peatonal?

Los objetivos fueron:

- Como objetivo general: Dosificar mezclas compuestas de poliestireno PPE y escoria de cobre para fabricar adoquines de uso peatonal.
- Como primer objetivo específico: Evaluar la capacidad de aglutinación del plástico Poliestireno PPE con la escoria de cobre
- Como segundo objetivo específico: Determinar la proporción de mezcla del plástico poliestireno con la escoria de cobre.
- Objetivo tres: Analizar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín peatonal.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1.- Antecedentes Internacionales. –

En Sudamérica, Chile es el primer productor de escoria en sus yacimientos de cobre de Toquepala, Atacama y otros. En opinión de (Graffam, 1997), los recursos cupríferos de la Puna de Atacama atraen la atención de iniciativas mineras internacionales, donde millones de dólares se invierten en la extracción minera de uno de los recursos más ricos del mundo. Los esfuerzos prehispánicos para extraer estos minerales se han hecho evidentes a través del registro arqueológico regional. Sitios con hornos, escoria y molienda se han registrado desde el Período Formativo Tardío al Inca. En este sentido las evidencias del sitio Ramaditas son significativas en cuanto presentan la primera indicación concreta de una fundición de cobre.

(Rendtorf, et al 2020), dilucidaron aspectos básicos y aplicados del proceso pirometalúrgico que fuera usado hace más de 100 años en la fundición Santa Florentina (Chilecito, provincia de La Rioja, Argentina) para extraer cobre a partir de minerales del yacimiento La Mejicana (Famatina). Con este propósito, formularon posibles reacciones que describen la obtención del metal, realizaron una caracterización fisicoquímica de la escoria, estimaron el desprendimiento gaseoso durante la oxidación de diversas sustancias, evaluaron el impacto de la minería en la deforestación regional y revisaron las causales que respaldaron la opinión de discontinuar el proyecto.

Según el libro “Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto” publicado por (Nazer, et al 2010), la escoria se utiliza como sustituto parcial del cemento hidráulico, gravilla para líneas de ferrocarriles, árido en mezclas asfálticas de obras viales, asimismo como árido constituyente de los morteros y hormigones de cemento, abrasivo en la limpieza por chorro de arena de estructuras metálicas y en ocasiones en albañilerías de bloques de escoria moldeados. Los estudios recientes demuestran que es capaz de reemplazar en forma parcial al cemento Portland. Sin embargo, no se difunde los usos sustitutorios por el alto costo que representa el trabajo.

En Chile, conforme a la norma UNE-EN 12697-22, (Benavides, 2018), fabricó muestra asfáltica mezclando pavimento asfáltico reciclado (RAP) a razón de 0%, 50%, 60% y 70%, con escoria de cobre entre 0%, 7,5% y 15%. Como ligante asfáltico utilizó el betún CA-24. Al evaluar macrotextura notó que la superficie es más lisa que la muestra de control. En el ahuellamiento, la muestra con 70% de RAP arrojó resultado destacado.

En la fabricación de ladrillos cerámicos así como probar la inmovilización de algunos metales pesados contenidos en la escoria en los productos preparados, (Santa Cruz Torres & Torres Agredo, 2019) demostraron la viabilidad de reemplazar el 15 % de arcilla por escoria. Con ello, mejoró la resistencia a la compresión de las piezas de ladrillos adicionados con este residuo, en comparación con los ladrillos sin adición. También se observó la inmovilización de plomo, arsénico y selenio en los productos obtenidos. Esta es una ventaja para la lucha contra los efectos del cambio climático que golpea a la población

(Tirado, 2018), utilizando como testigo a la mezcla de piedra con cemento, sustituyó a la piedra en un 45% y 48 % con escoria de acería de los hornos eléctricos, generada por la empresa siderúrgica SIDERPERU, Chimbote-Perú. Al comparar la resistencia a la compresión en estado endurecido a las edades de 7, 14 y 28 días encontró que la mezcla con escoria superó la resistencia del testigo, aclara que la mezcla al 45% de escoria presenta mejores resultados.

## **2.2. Antecedentes Nacionales. –**

En 1906 en el Perú se creó la empresa Corporación Cerro de Pasco con capital norteamericano que 10 años más tarde inauguró la fundición de minerales localizado en la ciudad de la Oroya (Junín). Desde entonces hasta la fecha se almacenó una enorme cantidad de escoria y la Municipalidad de la Oroya lo hizo igual con el plástico en sus vertederos ubicados a la orilla del río Mantaro. El hecho de permanecer expuesto al ambiente indica que la escoria y el plástico no tiene prioridad de reciclaje. Este descuido afecta a ecosistemas enteros por cambiar la forma de vida de los seres vivos de su entorno

En la Región Ucayali, la contaminación ambiental de las áreas urbanas como

Aguaytía, Campo Verde, Pucallpa y otros ocurre más con el plástico. La escoria en cambio es para muchos hasta desconocido, sin embargo, se considera como contaminante indirecto por encontrarse en la orilla del río Mantaro principal afluente del río Ucayali. En esta Región el reciclaje de estos productos no goza de prioridad por ello predomina la suciedad foco de diversas enfermedades.

En Pucallpa, el tratamiento del residuo sólido fue motivo de una preocupación constante. Así, (InfoRegión, 2009), anunciaba la inauguración de una planta de tratamiento de material reciclado por la municipalidad provincial de coronel Portillo y la ONG Ciudad Saludable, por celebrar el Día del Medio Ambiente. La idea consistió en dar valor agregado a los residuos recolectados con apoyo de las microempresas de recicladores formales agrupadas en la Asociación de Recicladores Pucallpa Tierra Colorada.

RUIZ 2021, afirma que en el 2019 el FOCAM a través de la Universidad Nacional de Ucayali, patrocinó un proyecto de reciclaje de plástico y semilla de aguaje obteniéndose adoquines, losetas y listones. Al desarrollar el estudio mecánico se dedujo que es de gran interés para la industria de la construcción. Sin embargo, cuando se piensa en un producto industrial la semilla del aguaje no cubre la demanda por ser un producto estacional. Entonces surge la idea de buscar otras alternativas como la escoria que encaja como aglomerante o acompañante del plástico diluido con extrusora.

En relación a los fundamentos del tema (Costa del Pozo, 2012), utilizó gránulos de plástico reciclado como agregado en la mezcla de morteros en sustitución de una fracción de áridos o agregados naturales. De este modo redujo la densidad del mortero con el consiguiente aumento del aislamiento térmico y al mismo tiempo da un nuevo uso al PVC reciclado. Con ello demuestra la posibilidad de cambiar estos agregados por plástico reciclado que mantiene la resistencia, menor peso y densidad. Como valor agregado del plástico reciclado considera al aislamiento térmico. Lo que no existe punto de comparación es el reciclaje de plástico poliestireno que abunda en el ambiente.

Para los ligantes (García, 2018), reporta las propiedades mecánicas de una base

estabilizada con asfalto espumado reciclado en frío. El estudio analizó la influencia de la cal y cemento portland más el contenido de asfalto espumado de 2.2 a 2.4%. Los resultados muestran que la inclusión de cal mejora las propiedades mecánicas de la base estabilizada. Las mezclas estabilizadas con asfalto espumado presentan un aumento de su resistencia en comparación con una base granular tradicional.

(Gago, et al., 2013), en un trabajo de la madera de bolaína blanca (*Guazuma crinita*) procedente de Pucallpa presentaron los efectos reforzantes de la radiación gamma en compuestos de polietileno de alta densidad y residuos. Las muestras han sido mezcladas con anhídrido maleico y extruidos a temperaturas de 170 y 200 °C, obteniéndose pellets de forma cilíndrica.

(Blanco, 2006), elaboró un plan de bionegocios basado en la venta del producto al que lo llamaron COMPOSITO por derivarse de la combinación de plástico tipo Polietileno Tereftalato (PET) con residuos de tipo orgánico como el aserrín a una proporción de 9:1. Así utilizaron como parte de un mobiliario debido a las propiedades mecánicas, físicas y ópticas favorables. (Amigó, 2008), comparó productos obtenidos por inyección de polietileno de alta densidad reciclado reforzado con fibras de algodón, cáñamo y sisal. Estos presentaron mejor resistencia, pero el de algodón presentó mayor plasticidad.

(Miranda, et al., 2015), obtuvo materiales compuestos de polipropileno reforzados con bagazo y fibras de paja tratadas de forma diferente (10 y 20% en peso/PP) mediante mezclado en estado fundido usando un mezclador termo cinético de alta intensidad. Los compuestos reciclados exhibieron una resistencia a la tracción disminuida en relación con los materiales compuestos originales.

Una propiedad clave para determinar el uso de un listón es la flexión estática. Por ejemplo (Weber, et al, 2016), compararon los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática en vigas laminadas encoladas de madera de *Pinus sp* construidas con distintos anchos de láminas. Como resultado, los valores del módulo de rotura presentaron diferencias significativas, no así el módulo de elasticidad.

También (Araujo, et al, 2005), determinó que la madera aserrada a pesar de tener

un comportamiento estructural adecuado; presenta defectos anatómicos, escasez de piezas grandes y la extracción de volúmenes insuficientes que limita el uso. Esta limitación se subsana fabricando vigas laminadas con madera pegadas con algún tipo de adhesivo. Así, al juntar cinco láminas de especies distintas obtuvo una viga de 5 x 5 x 76 cm y al probar su flexión estática lograron una desviación estándar más pequeña

La resistencia a la compresión perpendicular es otra propiedad mecánica importante. (Flores & Pacompía, 2015), compararon la resistencia a la compresión, de concreto permeable con adición de tiras de plástico. Para ello, utilizaron agregados gruesos de tamaño N° 57 y agregados gruesos con un tamaño estándar N° 8. Como resultado la última fue la idónea. Cuando se agrega porcentajes de tiras en un 0.05% y 0.10% mejoran la resistencia a la compresión mientras que la incorporación de tiras en un 0.15% disminuye la resistencia.

Las extrusoras son maquinarias que diluyen el plástico con fines de uso específico. Por ejemplo, (Franco & Medina, 2015), diseñaron una extrusora de plásticos para la fabricación de filamento para impresora 3D, esta extrusora produjo el filamento a partir de pellets de unos 5 mm de diámetro. Según Ruiz 2021, En la Universidad Nacional de Ucayali, se diseñó una extrusora para fabricar listones, adoquines y losetas compuestas por mezcla de semilla molida y entera de aguaje con plástico diluido. Los resultados son alentadores sin embargo la producción estacional de las semillas de aguaje limita su industrialización.

Por otra parte, (Tejada, et al 2019), hizo una evaluación del uso de escoria de cobre como aglomerante del concreto en porcentajes de 10, 20 y 30% con relación al volumen de la arena. En lo que se refiere a su uso como agregado, el concreto de mejores características y resistencias más elevadas hasta en un 62% a edades tempranas en comparación con un concreto convencional, fue el preparado con 20% escoria y 80% de arena. En este sentido la escoria de la Oroya podría constituirse en un insumo valioso para las construcciones en lugar de desperdiciarse y contaminar las aguas del río Mantaro.

(Bravo & Bravo, 2019), al mezclar concreto al 50% en peso de la fracción fina natural (denominada M2) y 50% en peso de la fracción gruesa natural (denominada M4) encontró la resistencia requerida por la NTC-2017 para la fabricación de nuevos adoquines. (Cabrera, 2014), utilizó vidrio como agregado grueso del concreto para pavimentos. Las proporciones al peso de la mezcla fueron cinco, diez, quince, veinticinco y cincuenta por ciento de vidrio. Afirma que al adicionar el 50% de vidrio reciclado a la mezcla la resistencia del adoquín se incrementó en 4.09%.

Con la mezcla de fibras de madera por un proceso de extrusión en estado caliente, (Gonzalez, 2015), obtuvo un material resistente con 20% de fibras. Afirma que por encima de ese porcentaje la resistencia disminuye. En la degradación térmica de mezclas de aserrín de álamo con residuos de PET en proporción 1/1, (González J. K., et al, 2004), encontró un desarrollo de porosidad para aquellos resultantes de la pirolisis de la mezcla a 500°C. Así creó un material ecológico con aserrín y plástico reciclado al que lo denominaron vialeta.

El comportamiento de los prototipos en obras tangibles es un ejemplar o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa, es importante entender que su creación responde a una necesidad específica. Por ejemplo (Mendoza, et al, 2004), generó un prototipo para medir la calidad de los Sistemas de Software (SS), los cuales representan las características para que estos sean productos/servicios de calidad que compitan en un mercado abierto y global. Lo cierto es que los productos no convencionales tardan en encontrar un mercado.

(Poveda, et al 2015), manifiesta que existe un auge del uso de agregados no convencionales en la preparación de mezclas de concreto debido a que la producción masiva de concreto ha generado un sobreconsumo de agregados naturales (grava y arena). Estudios previos han analizado el efecto en mezclas de concreto de agregados como: fibras de polipropileno, viruta de acero, escoria de fundición, bagazo de caña, estopa de coco y escombros. Indica que por esta razón utilizó vidrio molido como agregado del hormigón tipo A del adoquín con diferentes granulometrías y dosificaciones. Los resultados fueron satisfactorios.

(Di Marco, 2015), presentó los resultados del estudio de las propiedades físico-químicas de distintos morteros cuyo contenido de árido se reemplazó por partículas o escamas de PET. Al comparar las propiedades físico-mecánicas de los morteros logrados con los convencionales mediante ensayos de granulometría, absorción y resistencia a la flexión. Afirma que las partículas de PET en adoquines pueden ser usado como un posible sustituto de áridos, ya que se obtuvieron adoquines con 35% de reemplazo de la arena por la absorción aceptable y resistencias por encima de las exigidas por la norma: NTC 2017.

(Torres & Jaimes, 2017), utilizaron grano de caucho reciclado como sustituto de agregado arenas en la fabricación de adoquines con distintas dosificaciones expresados en porcentajes. Los ensayos de absorción, flexo-tracción y compresión permitió determinar que se puede brindar una alternativa diferente para el reciclaje ya que el grano de caucho es un sustituto de la arena, debido a que el adoquín resultó con 5, 7 y 9 por ciento con una absorción y resistencia a la flexión por encima de lo exigido por la (NTC 2017) norma nacional colombiana.

A la Oroya se conoce más por los problemas ambientales que genera y no precisamente por el desarrollo industrial que significa la fundición ubicada en esta localidad. Por ejemplo (Bravo F. , 2015), afirma que los trabajadores de La Oroya saben, y siempre han sabido, que viven y trabajan en uno de los lugares más contaminados del mundo; y saben también que pelear en defensa de su salud, la de sus hijos y del ambiente, llevará a perder su fuente de trabajo y de vida. Se pregunta por qué, a pesar de las decenas de propuestas de recuperación ambiental hechas en su momento hasta la fecha no se resuelve.

(Astete, et al, 2009), midieron los niveles de plomo y hemoglobina en sangre, así como la evaluación antropométrica y del desarrollo psicomotor en menores de 10 años residentes en las comunidades de Quiulacocha y Champamarca, Pasco. Así encontraron que cuatro de cada cinco niños de estas comunidades tienen intoxicación plúmbica. Los relaves mineros son una fuente de contaminación por plomo para los niños que viven en zonas aledañas. La fundición de la Oroya que produce escoria también está considerada como fuente productora de plomo.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. El tipo de investigación:**

La investigación fue de tipo básico, enfoque cuantitativo y de nivel no experimental. El método consistió en la obtención de adoquines a partir de la mezcla de escoria procedente de la fundición de cobre de la Oroya y plástico poliestireno reciclado y diluido (tecnoport de platos descartables, embalaje de equipos, material de construcción y otros). Considerando que el referido adoquín será destinado para la construcción de veredas, el estudio se orientó al conocimiento de algunas de sus propiedades físicas y mecánicas

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El estudio se ejecutó en marco no experimental compuesto por 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos (T) se representaron por la dosis de mezcla de la escoria de cobre con el plástico poliestireno (PPE) a proporciones de T1 = 100:00, T2 = 25:75, T3 = 50:50 y T4 = 75:25 respectivamente.

Finalmente se aplicó evaluaciones descriptivas principalmente para conocer el caso de la aglutinación y la selección del material de los moldes. En efecto, ésta consistió en analizar la capacidad de aglutinación o desmoronamiento de la escoria con el plástico poliestireno. Otro aspecto en la que se utilizó la evaluación descriptiva fue en la elección del tipo de molde para dar forma al adoquín

Para lograr evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adoquín se siguió el siguiente procedimiento por cada dosis empleada fue necesario preparar un total de 36 probetas de 5 x 5 x 10 (NTP) de los cuales 12 se destinaron para evaluación de densidad, 12 para resistencia y 12 para dureza. En consecuencia, el tamaño de muestra se conformó de 3 ensayos cada uno con 4 tratamiento y 3 repeticiones es decir con 12 unidades experimentales.

## **3.2. Variable y definición operacional**

### **3.2.1. Variable en estudio**

En esta investigación la variable de investigación fue:

- Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado y la escoria de la fundición de cobre de la Oroya

### **3.2.2. Definición conceptual:**

Los adoquines son elementos prefabricados de concreto que pueden ser elaborados en distintas formas bajo estrictos estándares de calidad. Su uso se basa en la pavimentación ya sea para tráfico vehicular como peatonal (Cabezas, 2014)

### **3.2.3. Definición operacional:**

La Norma Técnica Peruana que permite evaluar propiedades fisicomecánicas de los adoquines es la NTP N° 25.014 y NTP N° 251.0116 ambos del año 2014.

### **3.2.4. Indicadores:**

La presentación de los adoquines peatonales fue en bloquetas de 5 x 5 x 10 cm. En este marco la aglutinación se expresó en % de fragilidad o desmoronamiento. Igual la proporción de mezcla se expresaron en % de fragilidad o desmoronamiento. En caso de las propiedades fisicomecánicas del adoquín peatonal la dureza se representó por kg, la resistencia a la compresión por  $\text{kg/cm}^2$  y la densidad se expresaron en  $\text{g/cm}^3$

### **3.2.5. Escala de medición**

Para la escala de medición se utilizó los números ordinales dado por los promedios.

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población**

La población se representó por los adoquines en general sean convencionales y no convencionales. Como se sabe en el mercado existen adoquines hechos de cerámica, concreto simple, madera, plástico y otros que tiene uso distinto según las características que presenta cada material. El uso generalizado de estos materiales es la construcción de veredas.

### **3.3.2. Muestra**

Las muestras se representaron por los adoquines o bloquetas no convencionales de forma rectangular hechos de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NPT con dimensiones de 5 x 5 x 10 cm para prueba de densidad, resistencia y dureza. El plástico PPE corresponde al clásico tecnoport utilizado en táper y platos descartables más protección de embalajes y construcciones. La escoria de cobre procedente de la fundición minera de la Oroya, Región Junín, Perú se utilizó como aglomerante. Tanto el plástico como la escoria son considerados como residuos sólidos por ende para esta investigación fueron reciclados.

### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo fue intencional porque se tomaron a las muestras preparadas para este fin. Estos fueron llevados al Laboratorio en donde fueron sometidos a los ensayos específicos con la finalidad de conocer sus propiedades fisicomecánicas como densidad, dureza y resistencia de los adoquines peatonales.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

### **3.4.1. Técnica**

A través de los resultados de los ensayos del laboratorio de las probetas de adoquines peatonales obtenidas se elaboró un cuadro comparativo para obtener la mejor dosificación. Esta investigación por ser de tipo descriptivo no requiere del

planteamiento de las hipótesis. El proceso de la investigación obligó a lograr un material compacto, resistente y durable capaz de competir en el mercado.

### **3.4.2. Procedimiento**

El procedimiento para obtener el adoquín peatonal con adición de escoria de cobre y PPE fue como sigue:

1.- Al mezclar plástico poliestireno con escoria a una dosis apropiada a nivel de laboratorio se pensó en obtener un adoquín peatonal compacto de alta densidad, dureza y resistencia.

2.- Al evaluar en el laboratorio la capacidad de aglutinación de la escoria de cobre con plástico poliestireno (PPE), se pensó en el grado de cohesión de las moléculas principalmente de la escoria pues el adoquín peatonal fue un cuerpo nuevo de tipo no convencional

3.- Del igual modo cuando se determinó la proporción de mezcla del plástico poliestireno (PPE) más la escoria de cobre se pensó en la calidad del producto para diseñar adoquines peatonales compactos y durables aptos para construir veredas.

4.- Analizando las propiedades físicas y mecánicas del adoquín peatonal hecho de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre se comprobó la calidad del producto con capacidad para competir con los adoquines tradiciones hechos generalmente de cerámica o arcilla cocida arcilla. Para preparar el adoquín se acopió plástico poliestireno considerados como residuos sólidos. Estos abundan en caños, desagües, tiendas comerciales y otros. Su recolección se hizo en las madrugadas.

La escoria fue traída específicamente de la carretera central tramo Huancayo Lima. Esta se encontró amontonado en la margen izquierda del río Mantaro a una distancia de 1000 m. con respecto a la salida de la ciudad de la Oroya con destino a Huancayo. Esta escoria por permanecer muchos años a la intemperie se oxida y

con la lluvia se diluye y vierte aguas contaminadas a las aguas del río Mantaro. Por ello se dice que la contaminación del río es sostenida.

La gasolina de 90 octanos se utilizó a razón de 500 ml por cada adoquín. Esta fue vertida en el molde de plástico conjuntamente con la escoria y el plástico PPE. En segundos lo diluyó al plástico formando un gel viscoso. En seguida se mezcló con el plástico diluido y la escoria formando una masa homogénea

Para diseñar los moldes se ensayaron muchos materiales. El primero fueron cubetas de metal construidos para tal fin. No funcionó debido a su rigidez. La mezcla o masa se adhirió sin poder desprenderse. Se ensayó un plástico plano (plato) tampoco funcionó. El táper de plástico en miniatura de 5 x 5 x 10 cm si al fin pudo usarse.

La mezcla se preparó en 4 proporciones que fueron considerados como tratamientos. Las proporciones de plástico PPE/escoria fueron para: T1 = 100/00, T2 = 75/25, T3 = 50/50 y T4 25/75. Las pruebas realizadas en el Laboratorio corresponden a resistencia, dureza y densidad de los adoquines.

El secado de los adoquines fue otro trabajo tedioso. El adoquín prácticamente al momento de la mezcla se presentó como un gel, tuvo que permanecer en el molde para mantener la forma. Se ensayó diversos estilos de secado al ambiente primero colocando el gel en plato plano, en recipiente de plástico y en el táper de 5 x 5m x 10 cm. Se secó en un promedio de dos meses. Los ensayos en el laboratorio fueron realizados en función a protocolos propios de este tipo de trabajos. Para ello se utilizó la Prensa Universal de la Universidad Nacional de Ucayali.

### **3.4.3. Validez**

Se considera una tabla de interpretación de la validez según categorías e intensidad de rotura del adoquín peatonal por caída libre arrojado desde una altura 2.5 m.

**Tabla 1.1.** Tabla de Validez

<b>Variable:</b> Proporción de mezcla del plástico con la escoria de cobre.	Si	No	Si	No	Si	No
<b>D 1:</b> 100% de PPE + 00% de escoria / <b>I 1:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	Si	No
<b>D 2:</b> 75% de PPE + 25% de escoria / <b>I 2:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	Si	No
<b>D 3:</b> 50% de PPE + 50% de escoria / <b>I 3:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	Si	No

**Tabla 1.2.** Validez por juicio de expertos

N°	Grado Académico	Nombre y Apellido	CIP	Valor
1	Ing. Civil	Jhan Carlos Flores Mamani	266138	Aplicable
2	Ing. Civil	Franz Erasmo Peralta Ramírez	258654	Aplicable
3	Ing. Civil	Edgardo Álcido Acevedo Torres	69836	Aplicable
Promedio				<b>Aplicable</b>

El promedio de la validez es aplicable. Según la tabla (1.2) es excelente. Las fichas de validación están anexadas en el anexo 3.

### 3.5. Método de análisis de datos.

Como método de estudio se empleó parámetros de tendencia central mientras que la hipótesis se empleó estadísticas inferenciales, el proceso de la información se realizó con software, para el caso de las simulaciones de datos obtenidos.

- ✓ Ficha de Recolección de datos hojas de cálculo en Microsoft Excel.
- ✓ Ensayo de Laboratorio con la prensa universal de la Universidad Nacional de Ucayali.

#### 3.5.1. Ubicación

La recolección de la escoria se hizo en la carretera central está ubicado en la ciudad de Oroya del departamento de Junín y provincia de Yauli.

#### 3.5.2. Descripción de la Carretera Central

La carretera central tiene un ancho de 30 m con 2 vías que cubre la ruta Huancayo – Lima. La escoria se encuentra almacenada en la margen izquierda del río Mantaro formando varios montículos de color negro como se muestra en fig. 5.



**Fig. 1.** Carretera central de la Oroya, fuente propia

### 3.6. Aspectos éticos

Tanto la escoria como los plásticos poliestireno son productos inertes que se encuentran regado en el ambiente como consecuencia de la industrialización. La escoria es el residuo de los metales quemados en el horno para obtener metales como cobre, plomo, oro, zinc y otros. Estos productos contaminan el ambiente y exigen un uso prioritario a través de un reciclaje.

Se presume que el adoquín logrado en este estudio cumplirá a futuro una función importante. Está diseñado para aprovechar simultáneamente a la escoria que es un residuo industrial y el plástico poliestireno representado por platos descartables, tecnoport utilizado en embalajes y otros que son arrojados al suelo luego de su uso. Por lo tanto, no tiene relación con aspectos éticos ni regulatorios vigentes. Está

claro que en el aspecto ético no existió ninguna transgresión o colisión con la naturaleza. La mezcla de plástico de tipo poliestireno con la escoria resultó un material no convencional que probablemente se destinará a obras de construcción de veredas. En otras palabras, a ésta no se hará ningún cambio estructural. Si bien es cierto que el plástico es un material con uso regulado, lo que se utiliza es un material acopiado en desagües, quebradas y otros los mismos que son reciclados.

En otras palabras, es el mismo plástico que la gente arroja al suelo como residuo sólido después de utilizar su contenido. En efecto, en el ambiente existe decenas de metros cúbicos de plásticos de todo tipo. De ellos destaca los platos, vasos descartables además del táper y el tecnoport utilizado como embalajes. Todos forman parte de los factores que contaminan el ambiente. Estos productos están en diferentes estados de degradación con mayor concentración en los desagües.

Algunos tienen de 3 a 4 años de exposición otros menos y incluso hay plásticos de uso reciente, todo ello fue probado como materia prima del estudio, el otro insumo fue la escoria que se encuentra expuesto al ambiente por muchos años. A través del estudio se visualizó un uso concreto por tanto se prevé que a futuro ambos insumos se convertirán en materia de aprovechamiento masivo.

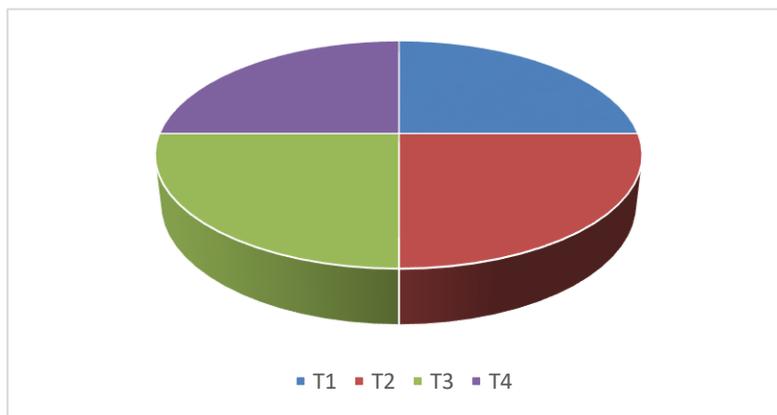
El uso probable del adoquín podría ser la construcción de veredas para el tránsito peatonal. Sin embargo, existe limitaciones que exigen estudios previos para una solución adecuada. Entre éstas se encuentra el sistema de secado del adoquín. Demora hasta 3 meses dependiendo de la mayor concentración de escoria. Es decir, el adoquín que tiene mayor contenido de escoria seca con mayor prontitud.

El otro factor es la inflamabilidad del adoquín. En efecto el plástico fue diluido con gasolina de 90 octanos. No se sabe si al secarse elimina por completo a este elemento. Quizá permanece en su interior entonces al contacto con el fuego puede ocasionar tragedia. A esto se suma la duración que es desconocida por ser un producto no convencional. Como se notará para utilizar el producto, es importante desarrollar estudios minuciosos.

## IV RESULTADOS

### 1. Dosis de mezclas de PPE y escoria de cobre en adoquín de uso peatonal.

Basado en la figura 1 del estudio se puede afirmar que la dosis de mezcla del plástico poliestireno (PPE) con la escoria de cobre procedente de la Oroya son compatibles. A simple vista se nota que los adoquines peatonales muestran una buena cohesión de partículas. Las comparaciones de fragilidad entre las proporciones de mezcla arrojan los mismos resultados lo cual es un indicio de seguridad. En cambio, en las propiedades físico mecánicas del adoquín peatonal si se observa una ligera variación que se muestra más en la densidad.



**Fig. 2.** Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en adoquín peatonal

### 2. Capacidad de aglutinación de la escoria de cobre con el PPE.

En lo que corresponde al primer objetivo específico, la figura 1 muestra que el plástico poliestireno (PPE) con la escoria de cobre procedente de la Oroya tiene alta capacidad de aglutinación. Es más, coincide con la hipótesis planteada. De los 12 adoquines utilizados para el ensayo ninguno se desmoronó a pesar de la altura de 2.5 m de la que fue arrojado. Los adoquines peatonales se cohesionaron de tal manera que fue imposible su desmoronamiento. Es importante mencionar que la estética del adoquín peatonal también se mostró presentable. Existe la posibilidad de mejorar las medidas y las formas del adoquín con solo elegir el material apto para fabricar un buen molde.

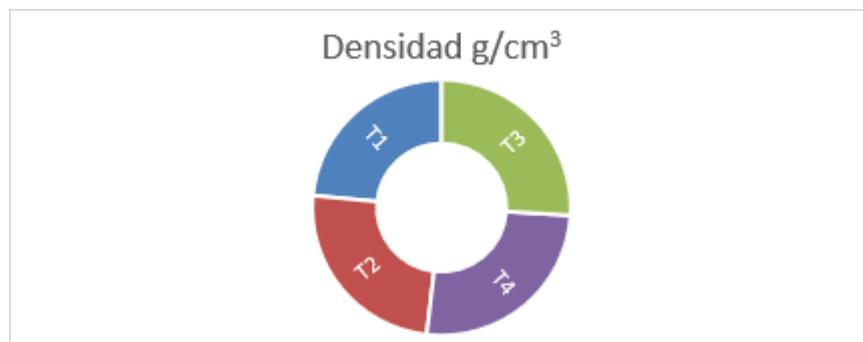
### 3. Proporción de mezcla de plástico PPE y escoria

En relación al segundo objetivo específico la misma figura 1 demuestra que la proporción de mezcla no influye en la calidad del adoquín peatonal. En efecto a pesar de tener escoria a razón de 75/25, 50/50 y 25/75 todos mostraron la misma capacidad de cohesión de moléculas que el tratamiento testigo, es decir, con 100/00 de escoria. Ninguno se desmoronó en la caída libre desde 2.5 m de altura. De igual modo la rigidez y la fragilidad de cada adoquín quedó demostrado al no romperse ninguno de los 12.

### 4. Propiedades físicas y mecánicas del adoquín resultante.

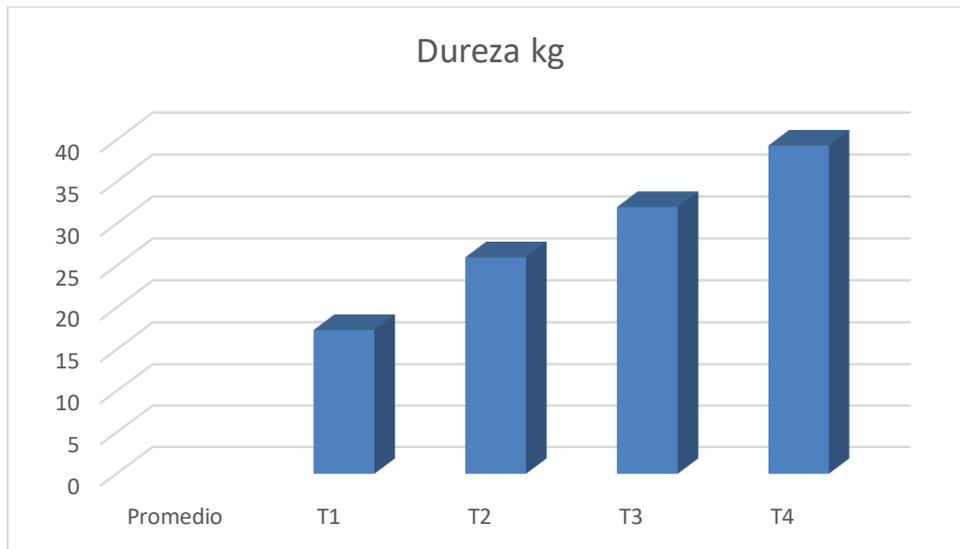
En consideración al tercer objetivo específico, la variación promedio de la densidad, dureza y resistencia fue ligera. Es menor del adoquín peatonal que contiene menor cantidad de escoria. En otras palabras, las propiedades físico mecánicas del adoquín compuesto de plástico PPE siempre es menor según la cantidad de escoria que contiene en su interior. El peso de la masa también varía de acuerdo a la dosis de escoria. En efecto, el peso del adoquín aumenta de manera proporcional a la cantidad de escoria que contiene. Aparentemente la escoria tiene la propiedad de influir en la dureza y resistencia por cuanto estos productos presentan mayor compactación.

#### Densidad



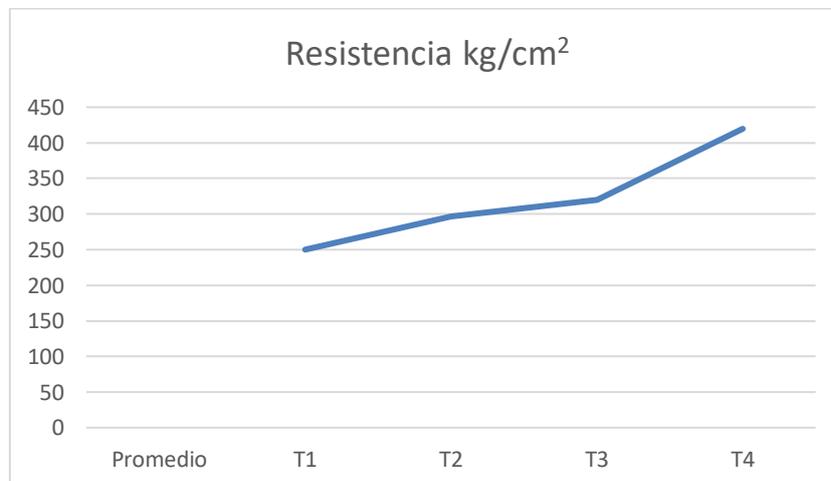
**Fig. 3.** Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la densidad de adoquín.

## Dureza



**Fig. 4.** Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la dureza de adoquín peatonal.

## Resistencia



**Fig. 5.** Efecto de la dosis de mezcla de PPE y escoria en la resistencia adoquín.

Es importante notar que la variación de la resistencia ocurre entre 250 a 420 kg/cm<sup>2</sup> entre el testigo y aquella con 75% de escoria. De la dureza es entre 10 a 40 kg y la densidad varía entre 0.81 a 0.89 g/cm<sup>3</sup> casi nada. Eso sí denota una materia viscosa que tiene alta capacidad de aglutinación de las partículas tanto del PPE como de la escoria.

## **V. DISCUSIÓN.**

### **1. DOSIS DE MEZCLA DE INSUMOS**

La bibliografía registra decenas de trabajos relacionados con la dosis de mezcla de insumos para fabricar adoquines. Los resultados son diversos, pero siempre coinciden en señalar que es mejor mezclar en cantidades menores con el elemento ligante que en este caso es el cemento. No se encontró información sobre mezcla de plástico poliestireno con escoria de cobre.

Al fabricar adoquines con agregados de Pifo y con cemento Holcim UTKA, (Lasso, et al 2018) reemplazó un porcentaje de agregado fino por lodo papelerero en las cantidades del 10, 20 y 30%. En seguida, comparó propiedades físicas y mecánicas bajo ensayos hecho con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN-3040. Así determinó que Los adoquines con incorporación del 10% de lodo papelerero corresponden a la dosificación que dieron los mejores resultados

Por otro lado, (Urrutia, 2015), fabricó adoquín a partir del biosólido (material residual, que resulta del tratamiento de aguas servidas) con proporciones de 0%, 5%, 10% y 15%) para reemplazar por el agregado (arena). En su conclusión indica que el biosólido al 5% cumple con todas las especificaciones de la norma. Los adoquines con 10% y 15% de biosólido no cumplen con las normas establecidas por resultar con una suavidad notoria

También (Cruz, 2019), obtuvo adoquines mezclando cenizas de ladrillos artesanales con cemento en proporciones de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Al evaluar resultados determinó que el adoquín con 10% de cenizas presenta una mayor resistencia con  $385.29 \text{ kg/cm}^2$ , por otro lado, el promedio de los adoquines con 15% de adición superan la resistencia de  $340 \text{ kg/cm}^2$  que también señala la NTP 399.611, por la cual pueden ser utilizados. (Rodriguez, 2020), aumentó el módulo de rotura de los adoquines implementando en estos una capa inferior de concreto con 7% de viruta de acero y una capa superior de concreto con 7% de ceniza volante.

Otro trabajo rescatable es la desarrollada por (Correa, 2019), quien comprobó que agregando la ceniza de caña de azúcar hasta el 12% aumenta la resistencia a la compresión ya partir del 15% ya empieza a disminuir por debajo del patrón, de la misma manera sucede en el ensayo de absorción a menor cantidad de ceniza mayor es la cantidad de agua que absorbe ya mayor cantidad de ceniza menor es la cantidad de agua que absorbe. Indica que mejora la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días con respecto al patrón,

## **2. Capacidad de aglutinación de la escoria de cobre con el PPE.**

Con relación a la aglutinación también existe numerosa información. Muchos utilizan al cemento como aglutinante principal. Otros en cambio experimentaron con plásticos de alta densidad incluso con neumáticos reciclados. Finalmente, algunos mencionan tipos de polímeros de origen vegetal como el caucho, Los resultados son totalmente variados, así, por ejemplo:

(González, 2020), obtuvo adoquines mezclado 40% de materiales reciclado de construcciones y el material aglutinante, es decir un adoquín ecológico. Los resultados del VAN, TIR y Periodo de recuperación muestran que el proyecto de implementación de una fábrica de bloques y adoquines es factible, con una Tasa Interna de Rentabilidad de 18.23% además de recuperar la inversión en 10 años.

Por otro lado, (Escobar & Benavides, 2019), mezcló neumático molido y aglutinante con el propósito de obtener un material compuesto para revestir pisos. El material con mayor aplicación resultó el Tipo B3 con una granulometría de 3 a 6 mm y composición volumétrica de 16% resina de poliuretano, 14% polvillo de caucho y 70% fibra de caucho reciclado. A este material se le comparó con el adoquín que está en el mercado con menor dureza y mayor resistencia a la compresión.

Por su parte, (Salvador, 2015), formuló diversas mezclas de concreto, con dos grados de distribución granulométrica para el residuo y con diversos porcentajes de cemento respecto al material cerámico, en proporciones de 10% 15% y 20%. Las evaluaciones demostraron que el adoquín con 20 % de cemento presentan la mayor resistencia. Estos adoquines se pueden utilizar en pavimentos para tráfico peatonal, calles residenciales y estacionamientos.

Para respaldar el desarrollo de la construcción de pavimentos (Archana, 2021) obtuvo adoquines de geo polímero (GPB) con cemento para obtener un aglutinante cementoso. De la mezcla diseñada, 25% de cenizas volantes y 75% de GGBS muestra una mezcla óptima.

### **3. Proporción de mezcla de plástico PPE y escoria**

Los investigadores innovadores evaluaron diversas formas de mezcla de insumos para obtener la proporción apropiada. Sin embargo, por razones obvias no lograron estandarizar la información. En esta investigación la mezcla de 25/75 PPE y escoria fue la que arrojó resultados eficientes. No hay coincidencia con la información bibliografía porque la escoria es un material que no fue investigado.

También (Vigo & Turpo, 2021), utilizó el plástico Tereftalato de Polietileno (PET) para la elaboración de adoquines peatonales mediante el proceso de extrusión. Las mezclas probadas fueron 4 tratamientos: 1) 100% PET, 2) 75% PET más 25% arena fina, 3) 50% PET más 50% arena fina y 4) 30% PET más 70% arena fina. Los resultados muestran que la mezcla de (30% PET – 70% arena fina) arrojó el valor máximo de resistencia a la compresión con (220.6 kg/cm<sup>2</sup>) soportando así la mayor carga y esfuerzo antes de la deformación y fractura del adoquín que sufre cuando ésta entra al servicio.

Otro caso es la experiencia de (Cabrera L. , 2015), quien fabricó adoquín peatonal compuesto por concreto simple más proporciones de cinco, diez, quince, veinte y cincuenta por ciento de vidrio. La principal motivación de esta tesis es comparar la resistencia de los adoquines y adoquines de hormigón con el vidrio reciclado. Concluye que la adición de 50% de vidrio reciclado para mezclar el 4.09% aumenta la resistencia de los adoquines.

Para analizar la resistencia a la compresión y tracción de un concreto con sustitución de 1% de agregado grueso por plástico PET triturado, (Albarrán, 2019), obtuvo 36 probetas de concreto con  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Afirma que la resistencia a la compresión de las probetas patrón, a los 7, 14 y 28 días son superiores a las probetas experimental, lo cual niega la hipótesis de la investigación. Comprobó que al sustituir el agregado grueso con el plástico triturado restringe el ciclo de hidratación y disminuye la resistencia de las vigas de concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Con la idea de reutilizar los residuos sólidos y disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (Valbuena, 2021), preparó adoquines de plástico polietileno de alta densidad HDPE con concreto simple de cemento y con asfalto. En los respectivos ensayos comprobó que el adoquín de HDPE con concreto arroja mayor resistencia y un costo por debajo de la competencia. El adoquín de HDPE con asfalto no es funcional ya que el material reciclable es rechazado por el asfalto en otras palabras no hay adherencia.

#### **4. Propiedades físicas y mecánicas del adoquín resultante**

El adoquín peatonal compuesto por plástico poliestireno PPE y la escoria de cobre en proporciones de 100/00, 75/25, 50/50 y 25/75 presentó valores promedio de Densidad = 0.86 g/cm<sup>3</sup>. Resistencia a la compresión = 254 kg/cm<sup>2</sup> y de Dureza = 29 kg. Si se compara estos datos con otras experiencias, se encuentra lo siguiente:

Por ejemplo, (Mesa, 2018), analizó las propiedades físico – mecánicas para pavimento peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza Lima Sur, Distrito de Lurín. Para ello preparó 44 adoquines (9 adoquines sin plástico reciclado, 11 adoquines con 3% de plástico reciclado, 11 adoquines con 5% de plástico reciclado, 11 adoquines con 8% de plástico reciclado). En la evaluación los diversos porcentajes de plástico reciclado (3%, 5% y 8%), arrojaron las mismas propiedades mecánicas y físicas del adoquín sin plástico reciclado.

Autores como (Cañizares & Moreno, 2011), prepararon adoquines con dimensiones de: 40\*15\*20cm y 40\*10\*20cm sin incluir PET y bloques con PET al 25%, 50% y 75% en la mezcla dosificados al volumen. Luego se efectúan los ensayos de resistencia a compresión, permeabilidad y temperatura comparando el comportamiento entre los bloques tradicionales y los bloques que se les incluyo el PET. Se fabricaron adoquines con agregados tradicionales (arena + gravilla + cemento) y adoquines con la inclusión de PET en la mezcla al 9%, 13% ,25% y 38% en volumen. Los resultados fueron satisfactorios.

De igual modo, (Lasso C. A., et al 2020), reemplazó al cemento con ceniza volcánica en proporciones de: 7%,10%, 20% y 30%. A través de la resistencia a la

compresión de morteros (cubos de 50 mm de arista establecidas por la norma NTE INEN 488) y el diseño de mezcla de la Densidad Máxima y ACI-2211-1 para hormigones secos optimizó la dosificación para superar la resistencia del adoquín convencional. Según las propiedades físico-mecánicas obtenidas, estableció una nueva alternativa en adoquines, que reducen la contaminación ambiental por obviar el uso del cemento. El tratamiento que cumplió el objetivo fue la proporción del 10% que incrementa la resistencia a la compresión en 7 MPa.

Para analizar las propiedades físico mecánicas de un adoquín no convencional hecho de cemento con vidrio molido para pavimento de tránsito ligero, Lima, (Hurtado, 2018), utilizó 48 adoquines (12 adoquines convencionales, 12 adoquines con 10% de vidrio reciclado, 12 adoquines con 20% de vidrio reciclado, 12 adoquines con 30% de vidrio reciclado). Al aplicar el vidrio reciclado y molido con proporciones de 10%, 20% y 30%, elevó el valor de las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines convencionales. Como tal recomienda utilizar como aglomerante al vidrio molido.

Al evaluar la resistencia a compresión, resistencia a flexión y la absorción, (Rey, 2018) demostró que el adoquín con 10% de polipropileno superan en un 5.84% las propiedades establecidas en la NTP. 399.611. Afirma que ocurrió lo contrario en el adoquín con 15% de polipropileno y 10% de caucho. En estos las propiedades físico mecánicas al 15% de caucho reduce en un 11.47%. Para tener éxito en la fabricación de adoquines peatonales, recomienda aplicar el primer caso

Otros investigadores como (Juna & Sánchez, 2019), crearon un adoquín con inclusión de vidrio triturado de tal forma que sus características granulométricas fueron similares a las del agregado fino (arena). Los reemplazos parciales fueron 25%, 30%, 35% con cada uno de los tipos de vidrio antes mencionados, también se utilizó como agregado fino (arena), agregado grueso (ripio). Fabricaron 400 adoquines de los cuales 400 fueron sometidos a Ensayos de Compresión, Tracción Indirecta, Resistencia al Desgaste, Resistencia Climática. Se obtuvo el mejor resultado a la Compresión Simple a los 28 días adoquín con 35% de inclusión vidrio azul una resistencia de 50.27 MPa.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo general del estudio, la aplicación de cuatro dosis en la producción de adoquines peatonales compuesto por mezclas de plástico poliestireno con escoria de cobre, mostraron resultados similares: Esta coincide con la hipótesis nula que dice todas las dosis de mezcla permiten obtener adoquines de resistencia adecuada.

El **primer objetivo general** queda validado por demostrar que el plástico poliestireno PPE derivado del tecnoport ya sea de construcciones, cajas de embalaje, táper, platos y vasos descartables diluidos con gasolina, resulta un aglutinante eficaz especialmente para unir los granos de escoria de cobre procedente de la fundición de la Oroya – Perú.

El **segundo objetivo específico** también queda validado porque la proporción recomendable para preparar adoquín peatonal es la mezcla de plástico poliestireno PPE con escoria de cobre a razón de 25/75, sin embargo, en comparación a las demás mezclas tiene un peso más elevado que el resto de las mezclas.

Respecto al **tercer objetivo específico** las propiedades físicomecánicas de los adoquines peatonales fueron registrados del modo siguiente: Densidad = 0.86 g/cm<sup>3</sup>. Resistencia a la compresión = 254 kg/cm<sup>2</sup> y Dureza = 29 kg. Este resultado es coincidente con la mayoría de los adoquines reportados por la bibliografía.

## **V. RECOMENDACIONES**

Para validar el objetivo general logrado en este experimento se recomienda: fabricar adoquín peatonal compuesto por mezclas de plástico poliestireno PPE con escoria de cobre procedente de la fundición de la Oroya.

En relación a los objetivos específicos uno, dos y tres, para la preparación de adoquines peatonales se recomienda utilizar el tecnoport como aglutinante. Fabricar el adoquín a una proporción de 25/75 de PPE y escoria. Tener en cuenta que las propiedades físico mecánicas del producto indican que es un buen material.

## REFERENCIAS

- Albarrán, F. (2019). *Resistencia a la compresión y tracción de un concreto con sustitución de 1% de agregado grueso por plástico triturado*. Chimbote - Perú: Universidad San Pedro.
- Araujo, O. C. (et al, 2005). Resistencia a la flexión de vigas laminadas con tres especies de madera tropical mexicana. *Ingeniería Vol 9 N° 1*, 5 - 12.
- Archana, S. (2021). Una revisión sobre los efectos de los residuos de baldosas cerámicas como reemplazo parcial de agregado grueso en adoquines de geopolímero. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research Vol 10 N° 1*.
- Beltrán de Heredia Bercero, J. (2009). Arquitectura y sistemas de construcción en "Barcino" durante la Antigüedad tardía. Materiales, técnicas y morteros: un fósil director del yacimiento de la Plaza del Rey. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*.
- Benavides, A. (2018). Evaluación de la influencia de la escoria de cobre en mezclas asfálticas con altos porcentajes de pavimento asfáltico reciclado frente al ensayo de ahuellamiento y de macrotextura. *MATERIALS & DESIGN*.
- Blanco, G. (2006). *Evaluación técnica y plan de negocios para la producción de mobiliario de madera plástica formulada con PET reciclado y aserrín*. Atizapán de Zaragoza, Estado de Mexico: INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY.
- Cabrera, J., & Escalante, j. (2016). Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. Estado de arte re-visitado. *Revista ALCONPAT*.
- Cabrera, L. (2015). *Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014*. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Cañizares, F., & Moreno, R. (2011). *Agregado alternativo para la elaboración de Bloques y Adoquines a base de Polietileno Tereftalato*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Correa, L. (2019). *Influencia de reemplazo de ceniza de caña de azúcar sobre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines tipo II para pavimentos de tránsito liviano, Trujillo 2019*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Costa del Pozo, A. (2012). Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla. *UPCommons*.
- Cruz, H. (2019). *Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Day News Es. (08 de Agosto de 2020). *PRECON*. Obtenido de La sabiduría de los antiguos: el edificio con este material secreto es como un muro de cobre y un muro de hierro: <https://es.daydaynews.cc/beauty/25255.html>
- Escobar, J., & Benavides, M. (2019). *Elaboración de adoquines flexibles a partir de fibra de caucho de neumáticos reciclados para revestimientos de pisos*. Ambato Ecuador: Universidad Técnica del Ambato.
- Flores, C., & Pacompía, I. (2015). *La investigación realizada se centra en el estudio del efecto que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en el diseño de mezcla de un*

*concreto permeable diseñado para pavimentos f'c 175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno. Las variables dependen.* Juliaca, Puno: Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

- Gago, J. R. (et al., 2013). Análisis de compuestos de residuos de Bolaina blanca y polietileno de alta densidad reforzados por radiación gamma. *Informe Científico Tecnológico. Volumen 13.*, 73 - 75.
- García, F. D. (2018). Influencia de variables de diseño en las propiedades mecánicas de una base estabilizada con asfalto espumado. *Infraestructura Vial*.
- González, J. K. (et al, 2004). Comportamiento de mezcla del plástico post - consumo y biomasa lignocelulósica sometida a degradación térmica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8 N° 1*, 23 - 29.
- González, M. (2020). *Estudio de factibilidad para la construcción de una fábrica de bloques y adoquines en el cantón Santa Elena. Año 2019.* Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Gonzalez, Y. ( 2015). Propiedades mecánicas de un compuesto polimérico hecho de polietileno de baja densidad reciclado y reforzado con fibras de madera natural. *Revista Los Magnos. Vol. 6.*
- Graffam, G. C. (1997). Evidencias metalúrgicas de fundición de cobre en el sitio formativo tardío de Ramaditas, quebrada de Guatacondo, Provincia de Iquique, Chile. *Estudios Atacameños. Arqueología y antropología surandinas.*
- Hurtado, L. (2018). *Estudio de las propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con vidrio reciclado para pavimentos de tránsito ligero, Lima - 2018.* Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
- InfoRegión. (3 de Junio de 2009). Inagurarán moderna planta de reciclaje en Pucallpa. *Ambiente*, págs. 1-portada.
- Juna, J., & Sánchez, D. (2019). *Incidencia de la adición de tipos de vidrio en el análisis de las propiedades físico mecánicas de adoquines de hormigón.* Quito - Ecuador: Universidad Central de Quito.
- Lasso, C. A. (et al 2020). *Incidencia de la adición de la ceniza volcánica en las propiedades físico-mecánicas del adoquín.* Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Lasso, C. P. (et al 2018). *Correlación entre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines fabricados a base de lodo paplero y adoquines convencionales según la Norma INEN 3040.* Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Mesa, Y. (2018). *“Propiedades Físico – Mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el Centro Comercial Tambo Plaza, Lurín - 2017”.* Lima - Norte: Universidad Cesar Vallejo.
- Miranda, R. M. (et al., 2015). El reciclaje de compuestos de fibra de caña de azúcar / polipropileno.
- Nazer, A. P. (et al 2010). Una Revisión De Los Usos De Las Escorias De Cobre. *X Conamet/Sam.*

- Rendtorf, N. M. (et al 2020). Estudio arqueométrico del proceso pirometalúrgico usado entre 1903 y 1913 para la extracción de cobre en la fundición Santa Florentina (Chilecito, La Rioja,. *Arqueología Vol 26 N° 1*.
- Rey, E. (2018). *Propiedades físicas - mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10% y 15% de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulados*. Lima - Norte: Universidad Privada del Norte.
- Rodriguez, D. (2020). *Análisis del comportamiento mecánico de adoquines bicapa de concreto con adición de cenizas volantes y viruta de acero como refuerzo*. Ocaña - Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Salvador, O. (2015). *Utilización del desecho cerámico de la fábrica de sanitarios Edesa, para la fabricación de adoquines*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional .
- Santa Cruz Torres, J., & Torres Agredo, J. (2019). Aprovechamiento de escoria de fundición secundaria de plomo en ladrillos cerámicos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.
- Tejada, G. S. (et al 2019). Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. *Ciencia & Desarrollo*.
- Tirado, J. (2018). *Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico*. Chimbote - Perú: Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Pedro.
- Torres, K., & Jaimes, L. (2017). Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como una nueva alternativa a la industria constructiva. *Revista Politécnica Vol 15 N° 29*.
- Urrutia, M. (2015). *Fabricación de adoquín ecológico usando como materia prima biosólido de PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales)*. Medellín - Colombia: Universidad Santo Tomás de Colombia.
- Valbuena, S. (2021). *Diseño y prototipaje de adoquín de bajo tráfico vehicular tipo Gramadoquin usando plástico de alta densidad reciclado tipo HDPE*. Girardot, Cundinamarca . Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Vigo, J., & Turpo, S. (2021). Uso de reciclado de plástico Tereftalato de Polietileno (PET) para la elaboración de adoquín de construcción. *UNACIENCIA Vol 14 N° 26, 68 - 79*.
- Weber, E. S. (et al, 2016). *Diferentes anchos de vigas laminadas encoladas de Pinus sp., su comportamiento en la resistencia a la flexión estática*. Misiones - Argentina: XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos organizado por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones de Argentina.

## ANEXOS

### Anexos 1

#### Matriz de Operacionalización de Variables

**Título:** “Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa – 2021”.

**Autor:** Bach. Limache López Miluska Rocio.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Dosificación de adoquín peatonal compuesto de plástico poliestireno reciclado y la escoria de la fundición de cobre de la Oroya - Pucallpa-2021.	Los adoquines son elementos prefabricados de concreto que pueden ser elaborados en distintas formas bajo estrictos estándares de calidad. Su uso se basa en la pavimentación ya sea para tráfico vehicular como peatonal (Cabezas, 2014)	La Norma Técnica Peruana que permite evaluar propiedades físico mecánicas de los adoquines es la NTP N° 25.014 y NTP N° 251.0116 ambos del año 2014	Aglutinación de la mezcla de plástico poliestireno (PPE) más escoria de cobre	Densidad, dureza y resistencia a la compresión de adoquines de 5x5x10 cm expresados en gr/cm <sup>3</sup>	Númerico
			Proporción de mezcla del PPE con la escoria de cobre		
			Evaluación de la propiedad mecánica del adoquín peatonal.		

## Anexos 2

### Matriz de Consistencia

**Título:** “Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa – 2021”.

**Autor:** Bach. Limache López Miluska Rocio.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
¿De qué manera se puede dosificar mezclas de compuesto de poliestireno y escoria de la fundición de cobre de la Oroya en la obtención de adoquín peatonal?	Dosificar mezclas compuestas de poliestireno PPE y escoria de cobre en la obtención de adoquín de uso peatonal.	La dosificación adecuada de mezclas compuestas de poliestireno PPE con escoria de cobre permite obtener adoquines peatonales de resistencia adecuada	Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno y la escoria de la fundición de cobre de la Oroya - Pucallpa-2021.	Capacidad de aglutinación de plástico poliestireno (PPE)	Adoquines de 5x5 x10 cm (según N.T.P.)	Metodología cualitativa, descriptiva y tipo de investigación aplicada
				Proporción de mezcla del PPE con la escoria		
¿Cuál es la capacidad de aglutinación del plástico Poliestireno PPE con la escoria de cobre?	Evaluar la capacidad de aglutinación del plástico Poliestireno PPE con la escoria de cobre	La mezcla o combinación del plástico Poliestireno PPE con la escoria de cobre presenta una buena aglutinación	Capacidad de aglutinación de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre	Mezcla de tres tipos de plástico poliestireno (PPE ) con escoria de cobre	% de aglutinación	

<p>¿Cuál es la proporción de mezcla del poliestireno PPE con la escoria de cobre ?</p>	<p>Determinar la proporción de mezcla del plástico poliestireno con la escoria de cobre.</p>	<p>La proporción de mezcla adecuada para el adoquín peatonal es 50% de Poliestireno PPE y 50% de escoria de cobre</p>	<p>Proporción de mezcla del plástico con la escoria de cobre.</p>	<p>100% de PPE + 00% de escoria  75% de PPE + 25% de escoria  50% de PPE + 50% de escoria  25% de PPE + 75% de escoria</p>	<p>% de fragilidad</p>	
<p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del adoquín peatonal?</p>	<p>Analizar las propiedades físicas mecánicas del adoquín peatonal</p>	<p>El adoquín hecho de plástico poliestireno PPE con escoria de cobre tiene alta dureza y resistencia</p>	<p>Propiedades físicas y mecánicas del adoquín.</p>	<p>Dureza  Resistencia  Densidad</p>	<p>Kg  kg/cm<sup>2</sup>  g/cm<sup>3</sup></p>	





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Carretera Federico Basadre km. 6.200 – Pucallpa  
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales  
Laboratorio de Tecnología de la Madera



### DUREZA

Lot. Number:	01	Test. Setting:	DUREZA
Operator:	v	Test. Date:	28/10/2021

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm <sup>2</sup>	C MAX kg
01	1-1	5.0	5.0	25	0.0
01	1-2	5.0	5.0	25	15.43
01	1-3	5.0	5.0	25	31.8
01	1-5	5.0	5.0	25	39.4
Average		5.0	5.0	25	21.7
SD		0.0	0.0	0.0	17.57
COV. %					81.1

October 28, 2021 11:36:00 AM SN: 303894-RO V7.02.10

  
ING. NOE CRISTIAN FACHIN VARGAS  
AUX. LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE LA MADERA  
FCFYA



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Carretera Federico Basadre km. 6.200 – Pucallpa  
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales  
Laboratorio de Tecnología de la Madera



### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR

Lot. Number:	01	Test. Setting:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR
Operator:	V	Test. Date:	28/10/2021

Sample ID	Sample No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm <sup>2</sup>	CLP kg	C MAX kg
01	1-1	5.06	2.5	12.65	8.33	20.3
01	1-2	5.06	2.5	12.65	21.3	206.0
03	1-3	5.06	2.5	12.65	0.0	116.8
04	1-4	5.06	2.5	12.65	43.9	418
Average		5.06	2.5	12.65		
SD		0.0	0.0	0.0		
COV. %						

Octubre 28, 2021 11:36:00 AM SN: 303994-R0 V7.02.10

  
ING. NOÉ CRISTIAN PACHIN VARGAS  
AUX. LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA  
FCFyA

### FICHA DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS

Proyecto: "Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria - escoria de la fundición de cobre de la oroya - Pucallpa – 2021"  
 Autor: Bch. Limache López, Miluska Rocio (ORCID: 0000-00017571-2254)

I.- Información General		P		R		C	
<b>Ubicación:</b>							
Distrito: Calleria	Altitud: 154 m.s.n.m.	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
Provincia: Coronel Portillo	Latitud: 8°23'11"						
Región: Ucayali	Longitud: 74°31'43"						
<b>II.- Variables / Dimensiones / Indicadores</b>							
<b>2.1</b>	<b>Variable 1:</b> Capacidad de aglutinación de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Si	No
	<b>D 1:</b> Mezcla de tres tipos de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre / <b>I 1:</b> % de aglutinación	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Si	No
<b>2.2</b>	<b>Variable 2:</b> Proporción de mezcla del plástico con la escoria de cobre.	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 1:</b> 100% de PPE + 00% de escoria / <b>I 1:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 2:</b> 75% de PPE + 25% de escoria / <b>I 2:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 3:</b> 50% de PPE + 50% de escoria / <b>I 3:</b> % de fragilidad	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
<b>2.3</b>	<b>Variable 3:</b> Propiedades físicas y mecánicas del adoquín.	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 1:</b> Dureza / <b>I 1:</b> gr/cm3	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 2:</b> Resistencia / <b>I 2:</b> gr/cm3	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	<b>D 3:</b> Densidad / <b>I 3:</b> gr/cm3	Si	No	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observaciones: *De las dimensiones realizar un procedimiento adecuado*

Opinión de Aplicabilidad  
 Aplicable  Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y Nombres del experto (Ing./Mg./Dr.): *Flores Mamani Jhan Carlos*

DNI: *46595958* C.I.P.: *266138*

P = Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
 R = Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica.  
 C = Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Fecha: *19-11-2021*

**Juan Carlos Flores Mamani**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 266138

Firma del experto

## FICHA DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS

Proyecto: "Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria - escoria de la fundición de cobre de la oroya - Pucallpa - 2021"  
 Autor: Boh. Limacho López, Miluska Rocio (ORCID: 0000-00017571-2254)

I.- Información General		P		R		C	
<b>Ubicación:</b>							
Distrito: Calleria	Altitud: 154 m.s.n.m.	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
Provincia: Coronel Portillo	Latitud: 8°23'11"						
Región: Ucayali	Longitud: 74°31'43"						
<b>II.- Variables / Dimensiones / Indicadores</b>							
<b>2.1</b>	<b>Variable 1:</b> Capacidad de aglutinación de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	SI	No
	D 1: Mezcla de tres tipos de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre / I 1: % de aglutinación	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No	SI	No
<b>2.2</b>	<b>Variable 2:</b> Proporción de mezcla del plástico con la escoria de cobre.	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 1: 100% de PPE + 00% de escoria / I 1: % de fragilidad	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 2: 75% de PPE + 25% de escoria / I 2: % de fragilidad	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 3: 50% de PPE + 50% de escoria / I 3: % de fragilidad	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
<b>2.3</b>	<b>Variable 3:</b> Propiedades físicas y mecánicas del adoquín.	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 1: Dureza / I 1: gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 2: Resistencia / I 2: gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No
	D 3: Densidad / I 3: gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observaciones: .....

Opinión de Aplicabilidad

Aplicable  Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y Nombres del experto (Ing./Mg./Dr.): Reatha Ramirez Franco Enano

DNI: 71094877 C.I.P.: 258684

P = Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
 R = Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica.  
 C = Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Fecha: 15-02-2021



Firma del experto

## FICHA DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS

Proyecto: "Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria - escoria de la fundición de cobre de la oroya - Pucallpa - 2021"

Autor: Bch. Limache López, Miluska Rocio (ORCID: 0000-00017571-2254)

I.- Información General		P		R		C	
Ubicación:							
Distrito: Calleria	Altitud: 154 m.s.n.m.	SI	No	SI	No	SI	No
Provincia: Coronel Portillo	Latitud: 8°23'11"						
Región: Ucayali	Longitud: 74°31'43"						
<b>II.- Variables / Dimensiones / Indicadores</b>							
<b>2.1</b>	<b>Variable 1:</b> Capacidad de aglutinación de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 1:</b> Mezcla de tres tipos de plástico poliestireno (PPE) con escoria de cobre / <b>I 1:</b> % de aglutinación	SI	No	SI	No	SI	No
<b>2.2</b>	<b>Variable 2:</b> Proporción de mezcla del plástico con la escoria de cobre.	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 1:</b> 100% de PPE + 00% de escoria / <b>I 1:</b> % de fragilidad	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 2:</b> 75% de PPE + 25% de escoria / <b>I 2:</b> % de fragilidad	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 3:</b> 50% de PPE + 50% de escoria / <b>I 3:</b> % de fragilidad	SI	No	SI	No	SI	No
<b>2.3</b>	<b>Variable 3:</b> Propiedades físicas y mecánicas del adoquín.	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 1:</b> Dureza / <b>I 1:</b> gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 2:</b> Resistencia / <b>I 2:</b> gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	SI	No
	<b>D 3:</b> Densidad / <b>I 3:</b> gr/cm <sup>3</sup>	SI	No	SI	No	SI	No

Observaciones: *Ninguna.*

Opinión de Aplicabilidad

Aplicable  Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y Nombres del experto (Ing./Mg./Dr.): .....

*Ing. ACEVEDO TORRES, Estuardo Alcido*

DNI: *20042934* C.I.P.: *69826*

P = Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

R = Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica.

C = Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Fecha: *15 de diciembre del 2021*

*Estuardo Torres*  
 Estuardo A. Acevedo Torres  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 1983

Firma del experto

**Anexo 8**  
Panel fotográfico



*Foto 1. Plástico poliestireno empleados para la obtención de los adoquines peatonales.*



*Foto 2. Acopio de la escoria de cobre en el departamento de Junín distrito Oroya.*



*Foto 3. Diseño de moldes.*



*Foto 4. Proceso de diluyente.*



*Foto 5. Mezcla compuesta de poliestireno más escoria de cobre.*



Foto 6. Secado de la muestra de los adoquines peatonales.

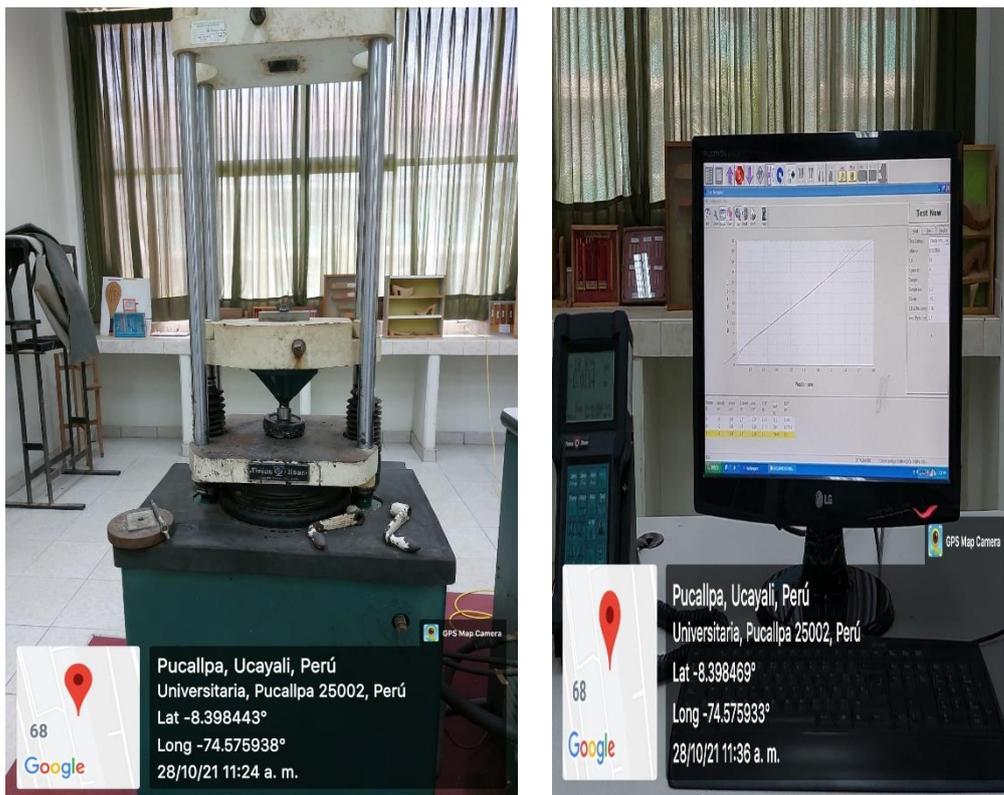
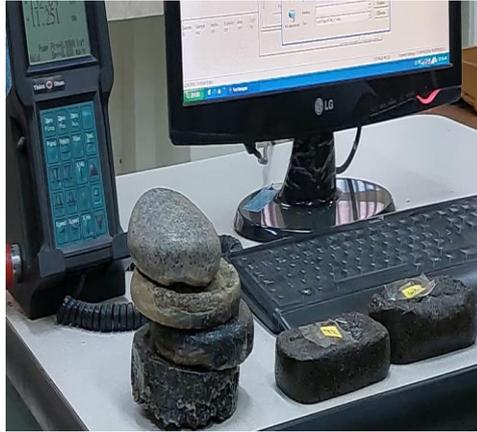
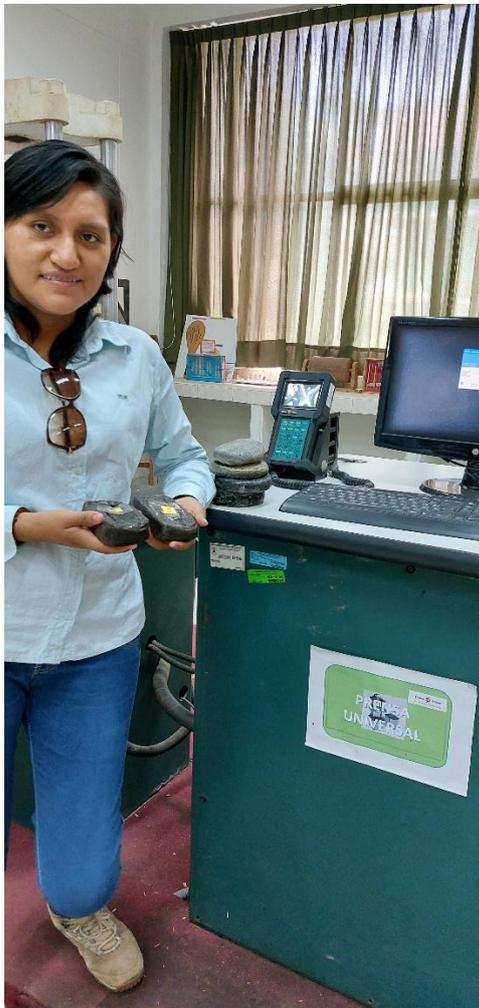


Foto 7. Prensa Universal del Laboratorio Universidad Nacional de Ucayali.



*Foto 8. Muestra del producto de adoquines patos para la prueba.*



*Foto 9. Durabilidad de los adoquines peatonales para la prueba.*



Foto 10. Resistencia a caída libre ( $h = 3m$ ).





Foto 11. Producto final de los adoquines peatonales de poliestireno más escoria de cobre de la oroya.

## Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo **Limache López Miluska Rocío**, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo (Callao), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: **“Dosificación de adoquín peatonal compuesto de poliestireno reciclado - escoria de la fundición de cobre de la Oroya – Pucallpa – 2021”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Callao, 19 de diciembre del 2021.

Apellidos y Nombres del Autor <b>LIMACHE LÓPEZ Miluska Rocío</b>	
DNI: <b>72032693</b>	Firma
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-00017571-2254">0000-00017571-2254</a>	