



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reaprovechamiento de residuos industriales de la Minería - Metalúrgica
y poliestireno expandido, en la elaboración de adoquines para Piso
Rímac - 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Elmer Amadeo Soto Castillo

ASESOR:

Dr. Jhonny Valverde Flores

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento y Gestión de residuos

LIMA - PERÚ

2017 - I

Página del Jurado

-

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi madre Sebastiana, que desde el cielo guía mis pasos, a mi padre que me acompaña brindándome buenos consejos y a mis hermanos que me impulsan para cumplir mis objetivos y a seguir el camino del éxito.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por protegerme y llenarme de bendiciones para cumplir mis objetivos.

A la Universidad Cesar Vallejo, por haberme permitido desarrollar moral e intelectualmente en sus aulas, apoyando de este modo cumplir con una más de mi meta.

Así también agradezco infinitamente por todo el aliento que me dan mis hermanos y mi papa que a pesar de las adversidades estuvieron apoyándome.

Agradezco a mi novia por inspirarme y motivarme a conseguir este logro importante.

Agradezco a todos los profesores que me brindaron su tiempo en las aulas de la Universidad Cesar Vallejo, por sembrar las semillas de buenos valores y de conocimiento en mi persona

A mis amigos que siempre están a disposición para apoyar en todo momento.

Declaratoria de autenticidad

Yo, Soto Castillo, Elmer Amadeo con DNI N° 41362054, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. 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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, Julio del 2017.

SOTO CASTILLO ELMER AMADEO

DNI: 41362054

Presentación

Estimado señores miembros del jurado, tengo el honor de presentarles la tesis denominada “Reaprovechamiento de Residuos Industriales de la Minería – Metalúrgica y Poliestireno Expandido, Elaborando Adoquines para Piso Rímac - 2017”, con el fin de desarrollar un prototipo de adoquín para piso haciendo uso como insumos de los relaves mineros, así como también que sirva como herramienta informativa para que más investigadores y emprendedores sociales puedan proponer alternativas para la reutilización de relaves mineros, para mejorar las condiciones ambientales en las zonas minera ubicadas en todo el territorio Peruano; así como también en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor.

INDICE

	<i>Pág.</i>
Página de jurados.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación.....	vi
Página del Jurado.....	ii
I. INTRODUCCION	
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Trabajos previos.....	14
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Reaprovechamiento.....	19
1.3.2. Residuos sólidos.....	20
1.3.3. Residuos industriales.....	21
1.3.4. Residuos mineros.....	21
1.3.5. Residuos sólidos mineros.....	22
1.3.6. Relaves.....	22
1.3.7. Pasivos mineros.....	24
1.3.8. Poliestireno expandido.....	24
1.3.9. Técnica de tratamiento por inertización.....	25
1.3.10. Uso de Poliestireno expandido en obras de Ingeniería.....	26
1.3.11. Agua.....	26
1.3.12. Cemento Portland.....	27
1.3.13. Agregados.....	27
1.3.14. Marco legal.....	27
1.4. Formulación del problema.....	30
1.4.1. Problema General.....	30
1.4.2. Problemas específicos.....	30
1.5. Justificación del estudio.....	30
1.6. Hipótesis.....	32
1.6.1. Hipótesis General.....	32

1.6.2. Hipótesis específicas	32
1.7. Objetivos	32
1.7.1. Objetivo General.....	32
1.7.2. Objetivos Específicos	32
II. METODO	33
2.1. Diseño de Investigación	33
2.2. Variables, Operacionalización	34
2.3. Población y muestra	35
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad	35
2.5. Prueba de hipótesis	36
2.6. Método de análisis de datos	38
2.6. Aspectos éticos	51
III. RESULTADOS	52
IV. DISCUSION	60
V. CONCLUSIONES	64
VI. RECOMENDACIONES	65
IV. BIBLIOGRAFIA	66
V. ANEXOS	70
<i>Matriz de consistencia</i>	70
<i>Ficha de muestreo de suelo</i>	71
<i>Ficha de recolección de la muestra</i>	72
<i>Informe de laboratorio N° 112520-2017 sobre la espectrometría de los metales</i>	73
<i>Informe de laboratorio N° 112520-2017 sobre la espectrometría de los metales</i>	74
<i>Informe de la medición de resistencia (segunda medición)</i>	75
<i>Informe del resultado del porcentaje de humedad del relave</i>	76
<i>Informe de laboratorio sobre la resistencia de las muestras</i>	77
<i>Guía de entrevista al Ing. de metalurgia de la UNI.</i>	78
<i>Panel fotográfico</i>	79

Índice de tablas

Tabla	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos	20
Tabla 2. Operacionalización de las variables de estudio.....	34
Tabla 3. Etapas de la investigación con sus técnicas, instrumentos y resultados	35
Tabla 4. Materiales que se usaran en campo para toma de muestras	36
Tabla 5. Materiales y Equipos para Montaje Experimental.....	40
Tabla 6. Parámetros a evaluar en campo	42
Tabla 7. Resultados de Pruebas de análisis física-químico de los residuos metalúrgicos..	52
Tabla 8. Resultados de Prueba de laboratorio a metales.....	52
Tabla 9. Balance de materiales en el primer experimento	53
Tabla 10. Balance de materiales en el segundo experimento	55
Tabla 11. Balance de materiales en el tercer experimento	56
Tabla 12. Balance de materiales en el cuarto experimento.....	57
Tabla 13. Resultados de la resistencia de compresión de 3 días de secado prueba 2.....	58
Tabla 14. Resultados de la resistencia de compresión de 28 días de secado prueba 3.....	58

Índice de figuras

Figura	Pág.
Figura 1. Plano de localización de la zona de estudio	39
Figura 2. Zona de relaves mineros de la planta Industrial Metalúrgica de la UNI.....	41
Figura 3. Zona de estudio.....	43
Figura 4. Extracción de muestra de residuo minero metalúrgico	44
Figura 5. Muestra de empaquetadas.....	44
Figura 6. Tamizado de residuo minero	45
Figura 7. Muestra de cemento, relave, arena y poliestireno expandido (tecnopor)	46
Figura 8. Mezcla de materiales	46
Figura 9. Muestras del adoquín para piso	47
Figura 10. Preparación de materiales.....	48
Figura 11. Mezclado de materiales.....	48
Figura 12. Segunda prueba.....	49
Figura 13. Proceso de elaboración de adoquines para piso	50
Figura 14. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la primera prueba	54
Figura 15. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la segunda prueba.....	55
Figura 16. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la tercera prueba	56
Figura 17. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la cuarta prueba	57
Figura 18. Prototipo del adoquín para piso.....	59
Figura 19. Medidas del prototipo del adoquín para piso	59

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que lleva por título “Reaprovechamiento de residuos industriales de la minería metalúrgica y poliestireno expandido, elaborando adoquines para piso Rímac - 2017” que se desarrolló en la Planta piloto industrial Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería con el objetivo de Utilizar los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido en la elaboración de adoquines para piso, los residuos se encuentran expuesto al ambiente las cuales son amenazas para el medio. Para realizar este trabajo se analizaron sus características física-químicos del relave, donde se obtuvo concentraciones de metales como: plomo, cadmio, mercurio, arsénico, etc. Que sobre pasan las ECAS del suelo. También se analizó pH. Que resulto de 2.7 siendo un pH acido, a su vez se analizó el porcentaje de humedad que se obtuvo 3.8% de humedad.

El pH fue neutralizado en la mezcla de agua, arena y el cemento. Después de realizar varias muestras con proporciones diferentes de relave y cemento se consideró 2 muestras que fueron resistentes a los demás. Esas 2 muestras fueron llevadas al laboratorio para analizar la resistencia de compresión, donde se obtuvo los resultados de 376 y 340 kg/cm² de esta manera se cumple con los objetivos de nuestra investigación.

Es por tal razón que lo que se busca es poder establecer experimentalmente una metodología de reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica, para la fabricación de adoquines para piso, haciendo uso de insumos

complementarios pertenecientes en la zona (arena, agua, tecnopor y cemento), que permitan la reducción progresiva de los relaves mineros.

Palabras claves: Reaprovechamiento, Relaves Mineros, Residuos Industriales, poliestireno expandido

ABSTRACT

The present research work entitled "Recycling of industrial waste from the mining metallurgical and expanded polystyrene, elaborating pavers for floor Rimac - 2017" developed in the industrial plant metallurgy of the National University of engineering in order to use industrial waste from the mining metallurgical and polystyrene expanded in the elaboration of pavers for floor waste are exposed to the environment which are threats to the environment. For this work were analyzed its features fisica-quimicos of the tailing, where obtained concentrations of metals as: lead, cadmium, mercury, arsenic, etc. About pass the RCTs from the ground. PH was also analyzed. That was 2.7 being a pH acid, also analyzed the humidity percentage obtained 3.8% humidity.

pH was neutralized in mixture of water, sand and cement. After making several samples with different tailings and cement proportions considered 2 samples that were resistant to others. These 2 samples were taken to the laboratory to analyze the strength of compression, where the results of 376 was obtained 340 kg/cm² in this way meets the objectives of our research.

Is for that reason that what is sought is to establish a methodology of reuse of industrial waste from metallurgical mining, for the manufacture of pavers for floor experimentally, making use of belonging complementary inputs in the area (sand, water, styrofoam and cement), allowing the progressive reduction of the tailings.

Key words: recycling, industrial waste, tailings miners, expanded polystyrene

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas la reutilización de productos fabricados (papel, plástico, vidrio, agregados, etc.) en el sector industrial y de la construcción, ha tenido un crecimiento considerable a nivel mundial. El Perú no es ajeno ante esta tendencia eco empresarial, y es así que en los últimos años podemos ver en el sector construcción nacional, dichos procesos de reutilización de materiales dentro de sus modelos de negocios.

El sector minero en el Perú es uno de los pilares principales de su economía, aportando el 12% del PBI y representa el 59% de las exportaciones. Consecuencia de ello se han venido generando a lo largo de los años, un conjunto de actividades empresariales extractivas relacionadas con la minería, generando pasivos ambientales a gran escala y que son evidentes en su zonas de influencia.

Estos pasivos ambientales mineros, al no tener alguna utilidad posterior, vienen ocasionando impactos ambientales negativos en los ecosistemas del entorno de los proyectos, generando daños permanentes y en algunos casos irreversibles en la flora y fauna de ríos, lagos, zonas de reserva, bosques, suelos, etc.

Un claro ejemplo es la relavera de la planta metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicado por la facultad de ingeniería metalúrgica, la cual ha sido abandonado aproximadamente hace 80 años, luego de la paralización de planta piloto metalúrgico. Donde se generó gran cantidad de relaves metalúrgicos acumulados en la intemperie, sin ningún tipo de protección ni

manejo adecuado de las mismas, por consiguiente sin tomar precaución sobre las consecuencias que estos desechos podrían causar en los alumnos que transitan por esa zona. El inadecuado almacenamiento de estos residuos ha generado pérdida de suelos, contaminación de cuerpos de agua subterránea, pérdida de la biodiversidad en la zona.

Actualmente se observa la acumulación de los residuos de relaves secos en un área de 5400m² y con una cantidad aproximada de 300 toneladas. Suficientes para contaminar el suelo, cuerpos de aguas subterráneas y causar deformaciones en las pantas que han crecido en los límites del residuo, por tener alto contenido de plomo, arsénico y cromo. Es por ello que se hacen indispensable reaprovechar los residuos, utilizando métodos para la elaboración de adoquines para piso. Se hace imperativa la importancia de la presente investigación, como planteamiento de solución a la problemática descrita anteriormente.

1.2. Trabajos previos

Almerco (2014), en su tesis relacionada a la construcción de dique con tratamiento del relave, señala que los relaves tendrán un ciclo de carga, transporte, secado, escarificado y compactación de un día como mínimo. El espesor de capa máximo después de compactado deberá ser de 0.35 m y alcanzar un grado de compactación mínimo de 95% del Proctor.

El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca pueden variar o mantenerse, para ello se debe llevar un control de la mezcla cada 1m de altura, cada 3 capas hacen un metro de altura; dos capas de 0.35m y una capa de 0.30m.

La humedad de la mezcla debe estar en los valores de 8.5% - 11%, para su compactación, ya que depende de estas humedades para poder descargar la mezcla en la plataforma y compactarlo con una humedad óptima, se debe tener un control de los conos de mezcla, porque de lo contrario esto puede afectar a la capa compactada, presentando acolchonamientos y lo más grave aún que no pase los ensayos requeridos.

Según los ensayos realizados para el relave; los límites de consistencia ASTM D-4318; análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422; Ensayo de compactación modificado ASTM D-1557; de todos ellos finalmente se obtuvo que: La clasificación del relave según el SUCS, resulta un CL-ML, el relave es una arcilla limosa inorgánicos, con un contenido de suelo grueso de 26.92%; un contenido de suelo fino con 73.08%; además se calculó el óptimo contenido de humedad OCH=9.72% y la máxima densidad Seca MDS=2.157gr/cm³; en esta muestra representativa del relave se analizó que el contenido de finos es ampliamente superado con respecto al grueso, con una diferencia de 46.16% mayor de finos.

Anicama, (2010) en un estudio experimental del empleo de materiales de desechos de los procesos en la minería y en aplicaciones prácticas con productos elaborados con cemento, menciona que es necesario incorporar el relave minero en mezclas de concreto, con objetivos específicos de reciclaje y encontrarle usos sostenibles en las comunidades que habitan al borde de las operaciones mineras. La incorporación de relave puede hacerse como relleno volumétrico o como adicionado puzolánico.

Al analizar los resultados obtenidos se recomienda usar concretos con relave incorporado para fabricar losetas con poco tránsito y muretes de señalización. Se propone también investigar la utilización de los relaves mineros como morteros para asentado de muros de albañilería, falsas zapatas, cimientos corridos, bloques de concreto vibrado, shotcrete y presas de concreto rolado; para intentar así tener un abanico más amplio de aplicaciones de estos materiales.

Romero, A. y Flores, S. (2011) en otra investigación relacionada al reúso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas, establece una metodología experimental del procedimiento para la obtención de agregados de construcción a partir de relaves mineros polimetálicos y el procedimiento para la fabricación de baldosas y ladrillos a partir del agregado de construcción.

Dicha investigación concluye que respecto de la calidad del agregado de construcción, mediante diversas pruebas de toxicología y aplicando la metodología 3111-EPA, 3113-EPA y 3114-EPA, se estableció que el producto final, que es el agregado de construcción obtenido a partir de los relaves mineros polimetálicos, no es contaminante.

Benites R. y Leiva Y. (2015) en su tesis "Medición de las propiedades geoquímicas y mecánicas del pasivo ambiental relave mina paredones para su propuesta de utilización como relleno en pasta para labores mineras subterráneas" pone en mención el enfoque de uno de los 8 tipos de rellenos que existen, refiriéndose al relleno en pasta la cual es una mezcla de agua con

sólidos de alta densidad y cemento respectivamente. En este estudio realizaron dos estudios de investigación: estudio geoquímico y estudio mecánico.

Donde el análisis geoquímico de relave minero se realizó en un laboratorio especializado (SGS del Perú) los resultados indicaban la baja concentración de metales valiosos lo que muestra que no es rentable económicamente para su reaprovechamiento.

Mencionan también que los estudios mecánicos realizaron en el laboratorio de la facultad de ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte. Donde los resultados muestran la prueba de resistencia del concreto. De 210 Kg/cm^2 , sus parámetros fueron 18% de cemento, 54% de relave y 28% de agua; en su prueba de slump obtenido de la muestra fue de 8.9 cm. Obteniendo un factor de resistencia de la probetas de 266.13 Kg/cm^2 con un curado de 7 días y con un proyección de 380.19 Kg/cm^2 como factor de resistencia después de los 28 días de curados lo que resulta que el uso de relave para este tipo de trabajo resulta positivo.

Curo O. y Rashuaman B. (2015) Mencionan en su investigación “Diseño de mezcla de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero de la relavera N° 09-ACCHILLA-CCOCHCCASA, para transito ligero (método ACI), en el distrito de LIRCAY-HUANCAVELICA”. La elaboración de una muestra patrón, utilizando la muestra de cemento, agua, agregado grueso y agregado fino, para obtener muestras de concreto de acuerdo a las indicaciones de la norma.

Indican también que realizaron otro diseño de mezcla utilizando el relave minero, cemento, agua, agregado fino y agregado grueso, para obtener muestra de concreto. En esta muestra adicionaron relave minero en diferentes

porcentajes reemplazando cemento por relave. Reemplazos de acuerdo al resultado del diseño de mezcla: 16.08%, 15% y 20% al final evaluaron la resistencia a compresión en 7, 14, 21, y 28 días, para la muestra de los resultados. En este proceso lo que se concluye es la optimización del cemento ya que se reemplaza por relave minero. Los investigadores concluyen la tesis proponiendo investigar la aplicabilidad de los relaves mineros como morteros para asentado de muros, bloques de concreto entre otros.

Ampuero J, Castañeda S. y Lezama J. (2015) Investiga la tesis “propuesta de aplicación del método de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento” para este tesis aplicada el porcentaje del sólido presenta por encima del 80% y del 10% al 15% de agua, se agrega cemento en cantidades del 5 al 10% para la consistencia del material. En todo mortero de relave es necesario que contenga de un 15 al 18% de partículas de dimensiones menores a 20 micrones, lo que permite que el mortero retenga mayor cantidad de agua, permaneciendo un estado de poco más allá de su saturación.

UCSP (2013) En su publicación se menciona que “elaboran ladrillos reciclando relaves mineros del proceso de cianuración”, según la publicación de la Universidad Católica San Pablo, Arequipa-Perú, un equipo de profesionales de la Universidad mencionan lo siguiente: El primer proyecto de reciclaje de relaves de la industria minera en el Perú, se desarrollará en la región Arequipa. Se fabricaran ladrillos de los residuos de la mina. En la planta piloto instalado con el fin de promover el proyecto de aprovechamiento de residuos y fabricando productos que tiene utilidad en la sociedad. El proyecto está a cargo de docentes y alumnos de la Universidad Católica San Pablo.

La investigación menciona que el compuestos más usados para el procesamiento de oro es el cianuro, compuesto que mejor se maneja y menos riesgoso que el mercurio. Puede ser letal cuando se inhala en mayor a la proporción permitida. Esta investigación es un gran aporte para disminuir la contaminación por desechos sólidos y líquidos de la minería artesanal.

El proyecto analizado por el equipo de profesionales se encuentra en la fase de diseño de la planta que procesará una tonelada por día de relaves mineros, de los 6 a 7 que genera cada día la minera CEPROMET. Con este residuo se fabricarán materiales para utilizar en área construcción, cumpliendo con todas las normas y estándares de calidad, construcción, medio ambiente y seguridad.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Reaprovechamiento

Ministerio del Ambiente. Informe Anual de Gestión de Residuos Sólidos (2008) En la gestión de los residuos sólidos, el reaprovechamiento es el proceso que se realiza con técnicas por el cual se obtiene un beneficio del material aprovechado, elemento o parte del mismo que constituye un residuo sólido. Son técnicas de reaprovechamiento: el reciclaje, la recuperación, la reutilización y reducir. El reaprovechamiento también se enfoca en realizar un proceso de transformación de los residuos para obtener una vida útil en un área. Otros fines a efectos de obtener materias primas, permitiendo la minimización de los residuos, de esta forma se mejoran el manejo adecuado de desechos de la industria minera.

1.3.2. Residuos sólidos

OEFA (2014) Como base para esta investigación, tomaremos como definición de residuos sólidos la que señala la Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos, de julio del año 2000, que la define de la siguiente manera:

- Un residuo sólido, es una materia o sustancia que ha terminado su ciclo de vida, y que ya no se considera útil, de tal manera se convierte en un desecho y se debe almacenar en un lugar adecuado.
- En el marco de la definición global de residuo, se tiene un sistema que permite clasificar a los residuos de acuerdo a su peligrosidad y en función a ello los residuos pueden ser:
 - Residuos No peligrosos, aquellos que al manipularse no representan riesgos a la salud y al ambiente.
 - Residuos Peligrosos aquellos que por sus características intrínsecas representan riesgos a la salud y al ambiente.

Es importante para fundamentar adecuadamente la presente investigación tener en claro, su clasificación:

Tabla 1. *Clasificación de los residuos sólidos*

Según su origen	Según su gestión	Según su peligrosidad
<ul style="list-style-type: none">▪ Residuo domiciliario▪ Residuo comercial▪ Residuo de limpieza de espacios públicos▪ Residuo de establecimiento de atención de salud▪ Residuo industrial▪ Residuo de las actividades de construcción▪ Residuo agropecuario▪ Residuo de instalaciones o actividades especiales	<ul style="list-style-type: none">▪ Residuo de ámbito municipal▪ Residuo de ámbito no municipal	<ul style="list-style-type: none">▪ Residuos peligrosos▪ Residuos no peligrosos

Nota: Definición desprendida de la Ley N° 27314 – Ley general de residuos sólidos, en sus artículos 14 y 15.

1.3.3. Residuos industriales

OEFA (2014) Son residuos que se generan a consecuencia de las actividades de diversas ramas industriales, tales como: manufactura, minera, energética, pesquera, química y otros rubros donde existe procesos industriales.

Estos residuos se generan de los procesos de una actividad en la industria y se puede encontrar como: cenizas, metálicas, lodos, vidrios, escorias, plásticos, fibras, cartón, papel, maderas, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas o acidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos por sus características peligrosas. (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, 2000).

Un residuo, ya sea sólido, líquido o gaseoso, queda definido como cualquier materia, objeto o sustancia, generado durante el proceso productivo o de consumo que ya no tiene utilidad en el mismo establecimiento.

Entre los residuos, se puede encontrar algunos que pueden presentar algún valor económico para terceros, dentro de ello podemos mencionar a los materiales reciclables y/o reutilizables, que se denominan residuos valorizables. Y los residuos que no cuentan con valor económico, las cuales denominados desechos representan como único destino la disposición final en un relleno sanitario y/o de seguridad.

1.3.4. Residuos mineros

Ingeniería Ambiental (2006) Se entiende por residuos de la minería extractiva todos los establecimientos y empresas industriales que practican la extracción en superficie o subterránea con fin de extraer recursos minerales para su comercialización, incluida la extracción mediante perforación o el

tratamiento del material extraído. Los “residuos de las industrias extractivas”, denominados en la normativa española “residuos mineros” también se puede definir como residuos acuosos o en pasta que quedan tras la investigación y aprovechamiento de un recurso geológico, tales como son los estériles de mina, rechazos, y las colas de proceso e incluso la cobertura vegetal en determinadas condiciones.

1.3.5. Residuos sólidos mineros

Ingeniería Ambiental (2006) Los residuos sólidos mineros, que resultan del proceso de flotación de minerales polimetálicos en las plantas concentradoras de las minas, son generados de los procesos para extraer metales. Son conocidos en la minería como relaves mineros, existiendo estos en sus dos modalidades, como pasivos mineros y activos mineros. Dichos residuos son depositados en grandes espacios de terreno, adyacentes de la planta generadora de residuos.

1.3.6. Relaves

Ingeniería Ambiental (2006) Para fundamentar correctamente el concepto sobre relave, usaremos la definición publicada por el Instituto de Estudios Energéticos Mineros denominado *Legislación Ambiental en la Minería Peruana*¹, Brunke (2005) afirma lo siguiente:

El relave viene a ser el residuo resultante del proceso de concentración de minerales, constituido en un lodo que contiene pequeñas fracciones de rocas de mineral sedimentado en grandes volúmenes que se extiende grandes áreas de terreno.

El lodo del relave lo constituye una serie de elementos y/o compuestos químicos resultantes o utilizados en las actividades del proceso minero, como se muestra a continuación, los que son señalados también como potenciales contaminantes hídricos:

- Ácidos
- Metales en su forma de iones tales como cobre, plomo, zinc, níquel, fierro, arsénico, cadmio.
- Cianuro de sodio (en la minería aurífera).
- Reactivos químicos:
 - Ácidos (H_2SO_4 , ácido sulfúrico).
 - Alcalis.
 - Espumas y colectores.
 - Modificadores, ejemplo: cianuro de sodio NaCN, sulfato de sodio Na_2SO_3 .
 - Floculantes y coagulantes como sales de aluminio y fierro.
 - Compuestos de nitrógeno, provenientes de las voladuras (dinamitaje).
 - Aceites y petróleo usado en la lubricación y combustible.
 - Sólidos suspendidos, provenientes del agua de la mina, afluentes, otros.

Los relaves son transportados utilizando diversas formas hasta los lugares donde son vertidos; antiguamente se desplazaban en lagos, ríos, océanos y riachuelos; generando un gran impacto ambiental, no obstante, Brunke sostiene que los relaves son depositados en áreas adyacentes a la unidad minera debidamente encapsulada y manejada, conocidas como

canchas de relave, aunque la fisiografía (Geografía física) de algunas zonas del territorio andino peruano no siempre resulta apropiada para estos efectos.

1.3.7. Pasivos mineros

Ingeniería Ambiental (2006) Los pasivos ambientales mineros involucran tanto los socavones o labores mineras, así como los botaderos (escombreras) y los relaves (presas de colas) de minas que dejaron de operar o en abandono, siendo los relaves mineros abandonados, en forma específica, los que generan las siguientes alteraciones en el medio físico (medio ambiente):

- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Contaminación de suelos de la zona de influencia de estos depósitos.
- Impacto visual negativo.
- Riesgo continuo de daños al ecosistema frente a los desastres naturales.
- Presencia de metales pesados en el medio físico.

1.3.8. Poliestireno expandido

ANAPE (2013) El poliestireno expandido es un material plástico celular y rígido, fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno. También se conoce como corcho blanco.

El poliestireno expandido, es un plástico espumado, que se utiliza en el área de construcción como aislamiento térmico y acústico. En el pampo de embalajes y envases se usa para diferentes actividades. Son materiales que no

generan ningún efecto en la degradación de la capa de ozono ya que el mayor porcentaje de su contenido es aire.

Algunas cualidades de los residuos de poliestireno son:

- Aislamiento térmico y mecánico
- Ligero de peso
- Amortiguación de impactos
- Resistente a la humedad
- Resistencia mecánica
- Moderado impacto ambiental

1.3.9. Técnica de tratamiento por inertización.

Pérez D. (2010) La inertización se puede definir como la técnica que a través de la cual el residuo peligroso puede transformarse en un residuo inerte, a su vez es una técnica utilizada ampliamente en la gestión de residuos peligrosos que se divide en dos operaciones.

a). estabilización de residuo. Es un proceso donde se utiliza una serie de reactivos para reducir la naturaleza peligrosa del suelo, disminuyendo la velocidad de afectación al ambiente. De esa manera se reduce la toxicidad de sus componentes, generalmente se utiliza el concepto de fijación como sinónimo de estabilización.

b). solidificación del residuo. Se describe como proceso de adición de reactivos con el fin de solidificar el residuo, aumentar su resistencia.

1.3.10. Uso de Poliestireno expandido en obras de Ingeniería.

Arte y Cemento (2011) esta revista menciona en su publicación sobre uso de poliestireno expandido en la ingeniería civil, inicia en Noruega en los años 60, donde utilizan el poliestireno como aislamiento para evitar el congelamiento del subsuelo eliminando los problemas del deshielo. Este experimento lo convierte en una solución correcta para uso en relleno de base de las estructuras de todo tipo de proyectos. El poliestireno expandido demuestra su resistencia de carga de compresión conservando su forma, y diseño correcto, demostrando características favorables para incorporar como agregados para las obras civiles.

Por otro lado, los materiales de relleno pesado como la arena, pueden provocar perdida de estabilidad del suelo. Una estructura de relleno utilizando poliestireno expandido no tiene mucho peso que el terreno excavado, por tanto no afecta la estabilidad de suelo.

1.3.11. Agua

Benites R. y Leiva Y. (2015) Cuando se refiere la presencia del agua para este trabajo, se menciona que es imprescindible el uso del agua, porque se utiliza en la mezcla, para la reacción química los materiales agregados y el cemento. la cantidad de agua en una mezcla es importante porque a menos cantidad de agua la mezcla tendrá mejor resistencia y mejor impermeabilidad , dando a la arena mayor resistencia. Luego en el endurecimiento del material es necesario mantener la presencia del agua para que se siga produciendo reacción química. Es muy importante que el agua no este contaminado con elementos químicos, sin azúcar, sin aceite ni sales.

1.3.12. Cemento Portland

Benites R. y Leiva Y. (2015) Este material es un aluminosilicato de calcio que reacciona con el agua, tiene origen calcáreo, arcilla , silicato bicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico y ferro aluminato tetracalcio, mezclado con un 4% de yeso y finamente pulverizados y procesado por una temperatura de 1500 °C, obteniéndose así un material granular poroso.

El cemento es un principal ingrediente en menor cantidad dará el endurecimiento a la pasta para obtener un material resistente y duradero.

1.3.13. Agregados

Benites R. y Leiva Y. (2015) Los agregados pueden ser de origen natural, como hormigones, arenas y rocas, tanto en el estado que se encuentra cercano a los ríos, lagos, y los cerros de la costa. Presentan también triturados como la piedra partida. Por su textura son mejores los que son de superficies rugosas por brindar mejor adherencia. Los agregados se clasifican en finas y gruesas por el tamaño que presentan. Son gruesos aquellos que comprenden entre 4.8 mm y 150 mm y finos los que comprenden 0.75mm y 4.8mm.

1.3.14. Marco legal

Chang, A. (2010) En primera instancia, menciona la Constitución Política del Perú de 1993, norma de máxima jerarquía en el ordenamiento jurídico de nuestro país. Que en su numeral 22 del artículo 2 establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Esta norma establece que la Política Nacional del Ambiente es un instrumento de cumplimiento obligatorio en los niveles del gobierno nacional, regional y local, y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil,

aprobado por Decreto Supremo No 012-2009-MINAM, dentro de su Eje de Política 2 - Gestión Integral de la Calidad Ambiental, contiene lineamientos de política en materia de residuos, orientados a alcanzar el desarrollo sostenible del país; Que, los mencionados lineamientos de política se materializan con la implementación del Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA - Perú 2011-2021, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM, el mismo que detalla objetivos generales, acciones estratégicas, metas priorizadas e indicadores en materia de residuos.

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en su artículo 3 determina que la gestión de los residuos sólidos, tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la integración, articulación y compatibilización de las políticas, estrategias, planes, programas y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo integral de los residuos sólidos.

Decreto Supremo N° 057-04-PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, indica el almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos originados por la actividad minera, deberá ceñirse a la normatividad y especificaciones técnicas que disponga la autoridad competente.

Que, de ese mismo modo, la Evaluación del Desempeño Ambiental del Perú del año 2016, realizada por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión para América Latina y el Caribe (CEPAL), que dentro de sus recomendaciones señala la necesidad del fortalecimiento institucional, el mejoramiento de capacidades de los gobiernos regionales y la promoción de la inversión para mejorar la gestión de residuos sólidos a nivel nacional.

Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, menciona en el Artículo I. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado

y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Decreto Legislativo N° 1278 – 2016. Artículo 2.- Finalidad de la gestión integral de los residuos sólidos La gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, reprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente. La disposición final de los residuos sólidos en la infraestructura respectiva constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas, las cuales se definirán en el reglamento del presente Decreto Legislativo emitido por el Ministerio del Ambiente.

Mediante la resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM se aprueba Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos, donde señala El Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM) ha centrado sus esfuerzos en mejorar la Calidad Ambiental a nivel nacional, incorporando la gestión integral de residuos sólidos como parte de este objetivo. En ese sentido, la Agenda Nacional de Acción Ambiental y el Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA PERU 2011-2021 incorporan como objetivo prioritario a la gestión integral de residuos sólidos a nivel nacional, estableciendo cuatro metas definidas a ser cumplidas hacia el 2021.

Asimismo, el MINAM también ha centrado grandes esfuerzos hacia el mejoramiento operativo de la gestión y manejo de residuos sólidos de parte de los agobiernos locales, en ese sentido se tienen diversas iniciativas y proyectos que buscan mejorar los servicios de limpieza pública, la construcción de infraestructura para el manejo de residuos sólidos, el incremento del reciclaje de residuos sólidos municipales, educación ambiental hacia el consumo responsable entre otros.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

¿De qué manera se reaprovecha los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido, para la fabricación de adoquines para piso?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico químicas de los residuos industriales de la minería metalúrgica, para su reutilización en la elaboración de adoquines en la relavera de la UNI?
- ¿Cuál es la técnica a utilizar en la elaboración de adoquines para piso, mediante el uso de residuos industriales provenientes de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido?

1.5. Justificación del estudio

La industria minera de nuestro país, realiza extracciones en grandes cantidades de metales como: oro, plata, bronce, zinc, etc. Al finalizar el proceso de extracción se genera grandes cantidades de residuos mineros, siendo la mayor cantidad los relaves mineros, lo que significa un inmenso desafío que debe afrontar la industria minera. Esta investigación nos servirá para tener

alternativas de manejo de residuos mineros, y reaprovechar elaborando adoquines en piso. Haciendo un análisis físico y químico de los relaves mineros – metalúrgico, podremos determinar el valor como materia prima para un nuevo producto.

La relevancia de esta investigación es encontrar alternativas para utilizar los residuos de la industria minera metalúrgica de la UNI, ya que presenta características tóxicas por ser ácido y tener concentraciones altas de metales como plomo, arsénico, cadmio, hierro, zinc, etc. La exposición de este residuo al suelo genera deformaciones en las plantas que crecen alrededor de los mencionados residuos acumulados. Por lo que se menciona y se busca eliminar estos residuos elaborando adoquines para piso. Es el beneficio que generará a favor del ambiente por la reducción y eliminación de residuos mineros que contaminan el suelo y cuerpos de agua, de esta manera dando mejor utilización del recurso de relave, impactando el ambiente en forma positiva por la eliminación de relaves.

Por otra parte, se podrían generar nuevas alternativas de negocios ambientalmente responsables, con este residuo y del mismo modo disminuir los impactos ambientales.

Esta investigación se hace entonces de necesidad para resolver parte del problema de la disposición final de los residuos mineros provenientes de la industria minera metalúrgica que se encuentra expuesto al ambiente.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

El reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido, permiten la fabricación de adoquines para piso.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Las características físico químicas de los residuos de la industria minero metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor), son apropiadas para la elaboración de adoquines para piso.

- La técnica tratamiento por inertización, será adecuado para la elaboración de adoquines para piso a partir de los residuos de la industria minera metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor).

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General

Utilizar los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido en la elaboración de adoquines para piso, de la relavera de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-químicas (metales, pH, humedad y temperatura) de los residuos de la industria minero-metalúrgica para la elaboración de adoquines para piso.

- Determinar las concentraciones adecuadas de los residuos de la minería metalúrgica en la elaboración de adoquines para piso mediante la técnica de inertización.

II. METODO

2.1. Diseño de Investigación

Luego de plantear nuestro problema general y la hipótesis, tenemos que identificar el plan que vamos a desarrollar para poder llevar a la práctica la presente investigación.

- **Método de investigación**

En correspondencia a nuestro enfoque cuantitativo de investigación y siendo éste de diseño experimental, y que esto nos puede permitir aceptar no o la hipótesis planteada, es necesario poder contar con un método de investigación lógico y alineado a la estructura investigativa.

En ese sentido el método de investigación establecida es el método tecnológico. Debido que en su proceso comprende de dos acciones, de investigar y transformar, enfocándose con mayor énfasis en la transformación con el objetivo de ir de las ideas a las acciones

- **Diseño experimental**

Sera experimental debido a que se experimentará con los residuos minero – metalúrgicos y poliestireno expandido, manipulando variables como cantidad de agua, cemento, arena, etc., de tal manera de establecer un orden y grado de confianza con el experimento.

Su Temporalidad es longitudinal debido a que los datos obtenidos del campo y del laboratorio son de un mismo tiempo.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1 Variable 1

- Reaprovechamiento de residuos industriales de la minería metalúrgica y poliestireno expandido.

2.2.2 Variable 2

- Elaboración de adoquines para piso

Tabla 2. Operacionalización de las variables de estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Reaprovechamiento de residuos mineros metalúrgicos y residuos poliestireno expandido	Se definen como residuo mineral sólido al material excedente, proveniente del proceso de la producción con tamaños de limo y arena que son transportados o depositado en forma de lodo. Ingeniería Ambiental (2006)	Son residuos que se generan de los procesos de la extracción en la minería. Las cuales se utilizarán como materia prima para fabricar un producto	Características del residuo minero	PH, color, olor, metales textura, humedad y temperatura	Razón
			Características del poliestireno.	Peso, textura volumen	Razón
			Agregados para la mezcla	Relave, cemento, arena, poliestireno y agua	mg, ml.
Fabricación de adoquines para piso	Es una piedra o bloque labrado de formas diferentes que se utilizan en la construcción de pisos, pavimentos y señalización de vías. Los materiales más utilizados para su construcción. En su fabricación se mezcla con cemento y agregados para obtener su resistencia CONORSA. (2008)	El objetivo para su fabricación de los adoquines de relave y poliestireno expandido, es para su utilización en pisos de parqueo, señalizaciones de vías y entradas de garaje.	Preparación de pasta	Cantidad de relave, Cemento, arena, agua y poliestireno expandido	mg, ml
			Características del adquin	Tiempo de secado	días
			Producto final	Resistencia de compresión	
				Número de productos	unidad
			Medidas	cm	

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

En la presente investigación se consideró como población, a 300 toneladas de residuos industriales de la minería metalúrgica, en una superficie de 5400m² generado por la Planta Piloto Metalúrgica, ubicada en el distrito del Rímac, Lima.

2.3.2. Muestra

Residuos minero metalúrgicos

40 kg de relave minero de 6 calicatas, extraídas de diferentes puntos de la relavera

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad

a. Técnicas

De acuerdo a la naturaleza del problema de índole experimental, se puede afirmar que la investigación utilizó como técnica de recolección de datos la observación y el experimento.

Tabla 3. *Etapas de la investigación con sus técnicas, instrumentos y resultados*

Etapas	Fuente	Técnica	Instrumento
Diagnóstico del área	Directa	Observación	Guía de entrevista
Extracción de relaves	Directa	Observación	Ficha de recolección
Análisis de relaves	Directa	Observación	Ficha de resultado
Preparado de pasta	Directa	Observación	NTP 334.003
Secado de prototipo de adoquín	Directa	Observación	NTP 334.051
Pruebas de resistencia	Directa	Observación	Ficha de resultados

Fuente: Elaboración propia

2.5. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se utilizó el método de ji-cuadrado.

$$\chi^2 = \sum \frac{(Obs - Esp)^2}{Esp}$$

$$(3)^2 = 9/3 = 3$$

Obs. = observación en los experimentos realizados.

Frec. Esp. = frecuencia esperada en cada muestra realizada en el estudio.

Para este caso utilice una distribución ji-cuadrado, para un grado de libertad, podemos ver que la significancia estadística $p=0,05$, alcanza para aquellos valores de χ^2 iguales o superiores a 3,84. Con el valor obtenido en mi estudio es de 3,0 es menor al valor crítico, podemos aceptar la hipótesis el reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido, permiten la fabricación de adoquines para piso. Siempre que las concentraciones del relave sea menor a la arena y al cemento bajo la técnica de la inertización.

Tabla 4. *Materiales que se usaran en campo para toma de muestras*

Materiales	6 botellas de 7 litros
	2 baldes con caño
	Tamiz
	Balde 10 litros
Equipos	Bolsa zip
	GPS
	Cámara fotográfica
Herramientas	Balanza
	Lampa
Formato	Barrilejo
	Ficha de campo
EPP	Botas
	Guantes
	Lentes
	Mandil
Materiales de escritorio	Casco
	Libros, lapiceros, cuaderno, fichas y tablero

Fuente: Elaboración propia

b. Instrumento

Al ser una investigación experimental, los instrumentos que se emplearon tienen correspondencia con los análisis de laboratorio, el primer análisis es para identificar la presencia de los metales en los materiales usados.

- Bolsas impermeables para la extracción de la muestra
- Balanza electrónica de 100 kg.
- Tamiz
- Herramientas para excavar
- Útiles de escritorio
- Movilidad

Para el segundo análisis qué es para verificar el prototipo de adoquín para piso, se mencionan los siguientes:

- Ficha de recolección de residuos industrial metalúrgico.
- Guía de entrevista sobre origen del residuo minero metalúrgico.
- Ficha de análisis de caracterización de residuos poliestireno expandido.
- Comparación de resultados de peligrosidad con:
 - Título 40 de la Protección del Medio Ambiente del Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (US-EPA) sub parte C. Características de un residuo peligroso.
 - Decreto Supremo N° 057-2004 PCM Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

- Formato para montaje experimental donde se anotan las observaciones de los experimentos.
- Las fichas que requieran datos obtenidos en laboratorios se basarán en los informes finales del laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INDECOPI-SNA, e INACAL.

c. Validez y Confiabilidad

La validación de los instrumentos de la recolección de datos estuvo a cargo de asesores especialistas en temas ambientales y manejo de residuos sólidos mineros metalúrgicos. Adicionalmente a ello la validación y confiabilidad de la información obtenida sobre las muestras en los análisis de laboratorio de la UNI y laboratorio SAG, autorizado por INACAL, lo certifican los métodos de estándar internacional que fueron usados como la de espectrometría de metales.

2.6. Método de análisis de datos

Consiste en procesar los datos (dispersos, desordenados, individuales) obtenidos de las muestras de relaves mineros recogidos durante el trabajo de campo, y tiene como fin generar resultados (datos agrupados y ordenados), a partir de los cuales se realizó el análisis según la hipótesis de la investigación realizada. Se usó guía de entrevista para consultar sobre el origen y el tiempo de acumulación de los residuos de la industria metalúrgica en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Entonces lo primero que se necesita fueron los resultados de los análisis de laboratorio que se hicieron a los relaves mineros y luego al de resistencia de los prototipos del adoquín para piso. Con estos resultados se determinó los datos comparativos sobre los aditivos para poder establecer la mejor muestra elaborada.

2.6.1. Procedimiento de la recolección de datos

▪ Localización de la zona de estudio

El estudio se realizó en la zona del residuo industrial metalúrgico de la facultad de minas de la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicado en el distrito de Rímac – Lima.

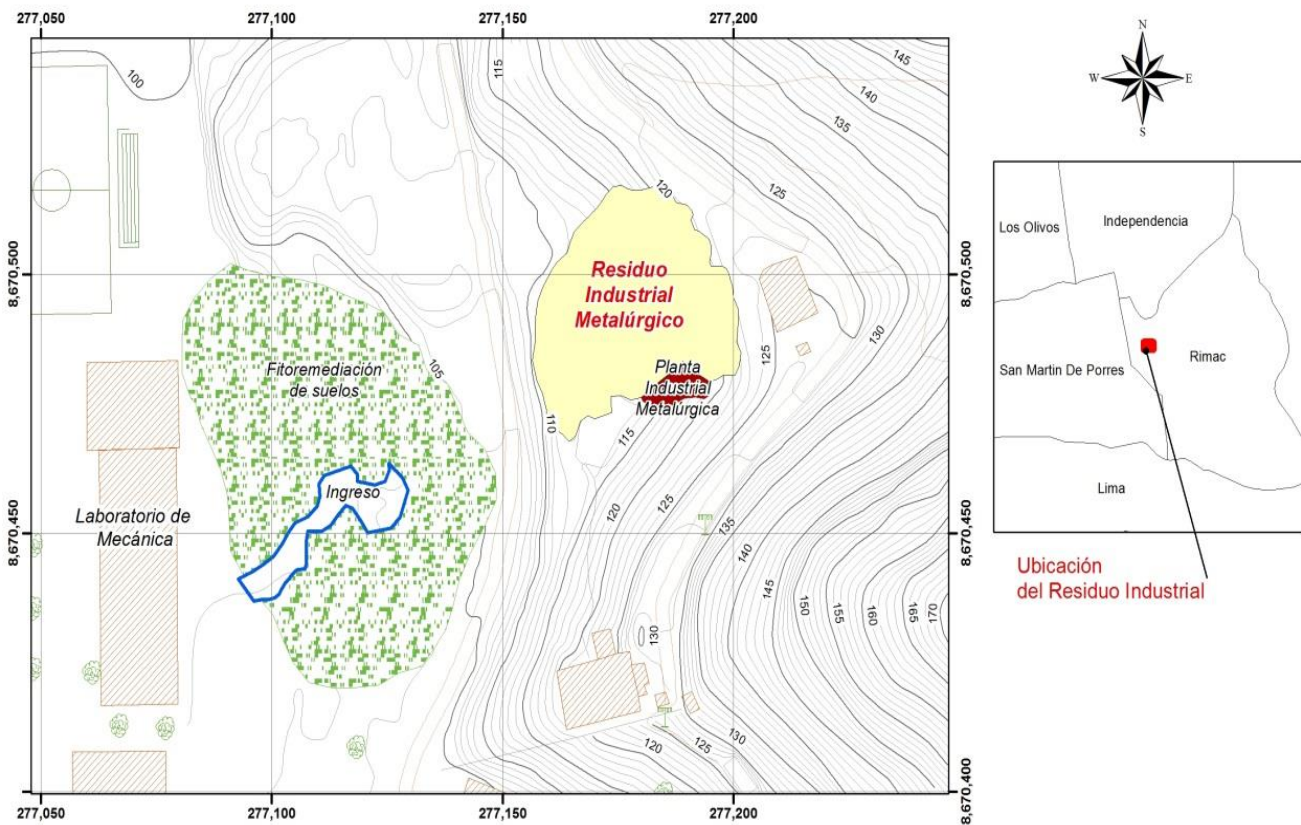


Figura 1. Plano de localización de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Materiales y Equipos para Montaje Experimental

Materiales	Arena fina Cemento Residuos minero – metalúrgicos Residuos poliestireno expandido (tecnopor) Roca calcárea
Equipos	Secador Cámara fotográfica Balanza pHmetro
Herramientas	Lampa pequeña Barrilejo
Formato	Ficha de campo
EPP	Botas Guantes Lentes Mandil Casco
Materiales de escritorio	Mesa de trabajo

Fuente: Elaboración propia

2.6.2. Procedimiento para toma de muestra y análisis de peligrosidad

a) Relave seco

- Se aplicó técnica de muestreo aleatorio en un área determinada de los depósitos de relave se toma muestras (40 kilos) en forma aleatorio, de la muestra obtenida se procede a cuartear, homogenizar y separar de acuerdo al uso destinado para las pruebas.
- La muestra se tamizó con una medida de tamiz de 0.500mm, luego se sacó 1kg de muestra para llevar al laboratorio a analizar las concentraciones de metales.
- Se utilizó los equipos de seguridad EPPs para manipular residuos peligrosos: guantes, mandil, mascarilla para evitar la contaminación de las mismas.
- Se utilizaron bolsas de cierre rápido tipo zip, se etiqueta y almacena en un conservador.

- Se utilizaron los residuos mineros (relave) de las pruebas de ensayo piloto de la planta metalúrgica.



Figura 2. Zona de relaves mineros de la planta Industrial Metalúrgica de la UNI

Fuente: Elaboración propia

b) Muestra pre-test

Después de realizar la selección del lugar, debido al acumulamiento de relaves, se tomó una muestra pre-test, se hicieron calicatas para obtener muestras representativas del relave, con finalidad de caracterizar los componentes físico-químicos del relave.

c) Pruebas de laboratorio

Posteriormente de haber sacado las muestras de las calicatas de la zona de estudio, se realizaron los análisis en un laboratorio, para determinar, mediante el método de *EPA Method 2007, Rev.4.4.EMMC versión*, la cantidad de mg/Kg presentes de los metales en el suelo.

d. Residuos de tecnopor (poliestireno expandido)

Los residuos de poliestireno expandido que utilizamos en esta investigación, fueron tomadas como un material agregado en reemplazo de la piedra chancada, por lo que es resistente, ligero,

resistente a la humedad, mantiene la temperatura y no es dañino para la salud ni el ambiente. Se utilizó residuos reciclados de diferentes puntos. Se utilizó el poliestireno expandido.

2.6.3. Parámetros a evaluar en la caracterización del residuo minero metalúrgico

Tabla 6. Parámetros a evaluar en campo

Parámetros	Categoría
Físico	Humedad, textura, color y olor
Químico	Metales y pH

Fuente: elaboración propia

2.6.4. Procedimiento para la toma de muestras para la etapa experimental.

Se procedió a la recolección de 3 kg muestras de residuos minero metalúrgicos en bolsas de cierre rápido cogiéndolas suavemente. Adicional a esto se recogieron 3 muestras de 500 g para determinar el pH de cada muestra.

Montaje Experimental

Pasos Previos

- a. **Reconocimiento del entorno:** se realizó reconocimiento del lugar y entorno del estudio, se realizará llenado de fichas de campo.
- b. **Extracción de residuos mineros como muestra:** se extrajo muestras de diferentes puntos para llevar al laboratorio y analizar sus características físico químicos.
- c. **Tamizado de residuos:** las muestras se pasaran por un tamiz de 0500mm, para trabajar con el material fino.

d. Embolsado y etiquetado de muestra. Se colocó las muestras en bolsas y rotular para ser llevado y analizado en un laboratorio certificado.

Pasos Experimentales

a. Reconocimiento del entorno: Se realizó reconocimiento del lugar y entorno del estudio, luego se llenaron las fichas de campo, a continuación se muestra una vista de la zona de estudio.



Figura 3. Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

b. Extracción de residuos mineros metalúrgicos como muestra: Utilizando una pala, se extrajo residuos mineros en una carretilla y se trasladará a un punto de trabajo para acondicionar para el siguiente paso.



Figura 4. Extracción de muestra de residuo minero metalúrgico

Fuente: Elaboración propia

- c. Muestra para enviar al laboratorio:** para transportar las muestras se utilizó bolsas de cierre rápido tipo Zip de polietileno. Para la toma de muestra de los análisis de laboratorio, para determinar que los residuos mineros, procedentes de la planta industrial metalúrgico.



Figura 5. Muestra de empaquetadas

Fuente: Elaboración propia.

- Metales
- textura
- pH

d. Tamizado de residuos: Las muestras pasaron por un tamiz de 0500mm, para trabajar con el material fino.



Figura 6. Tamizado de residuo minero

Fuente: Elaboración propia

e. Preparación de pasta: Para la muestra, se utilizó los siguientes materiales:

- Residuos mineros metalúrgicos (relave seco)
- Cemento
- Arena
- Agua
- Polietireno expandido (tecnopor) triturado.



Figura 7. Muestra de cemento, relave, arena y poliestireno expandido (tecnopor)

Fuente: Elaboración propia

- f. **Mezclado de material:** En este proceso se mezcló todos los materiales que se utilizó. En las figuras se observan las muestras de cemento sol, relave tamizado y arena procedente de los cerros. Se muestra también partículas de tecnopor. Para cada muestra se hizo con medidas diferentes.



Figura 8. Mezcla de materiales

Fuente: Elaboración propia

- g. **Relleno final:** La pasta se colocó al molde donde se trabajó con ayuda de espátula y barrillero. En esta imagen se observa el mezclado de materiales,

una misma proporción para todas las muestras pero con diferentes concentraciones de relaves y poliestireno expandido.



Figura 9. Muestras del adoquín para piso

Fuente: Elaboración propia

h. Secado: Finalmente se dejó al aire libre para su secado, tiempo estimado 28 días.

i. Prueba de resistencia:

Para determinar la resistencia de los adoquines elaborados con relaves mineros

Se realizó cuatro ensayos de resistencia a la compresión de los adoquines, los ensayos se realizaron en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 10. Preparación de materiales

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó los recipientes más grandes a diferencia de la primera muestra. Se hizo concentraciones diferentes y se cambió el tipo de cemento a utilizar (andino).



Figura 11. Mezclado de materiales

Fuente: Elaboración propia

Se realizó mezcla de materiales para la segunda prueba de muestras. Con diferentes concentraciones de materiales y se disminuyó la cantidad de agua a diferencia de la primera prueba.



Figura 12. Segunda prueba

Fuente: Elaboración propia

Se realizó 5 muestras en esta segunda prueba, se dejó a aire libre para el secado del producto, se esperará una semana y se probará la resistencia en el laboratorio.

Diagrama de proceso de fabricación de adoquines para piso

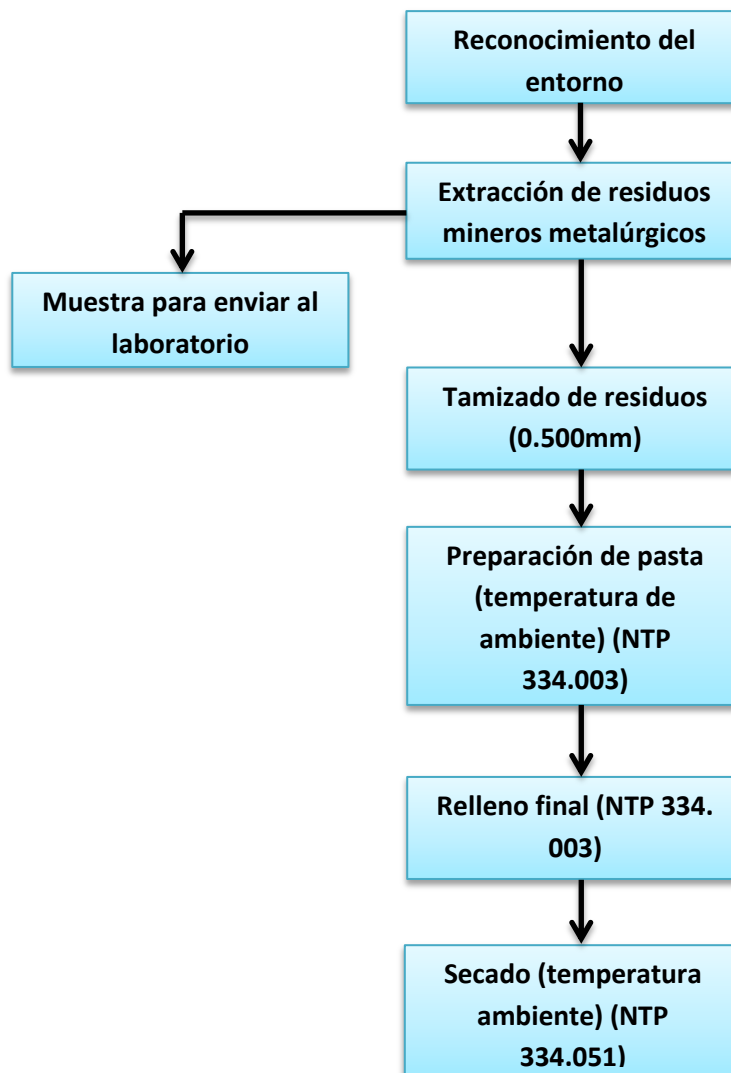


Figura 13. Proceso de elaboración de adoquines para piso

Fuente: Elaboración propia

Materiales

- Bolsas de sellado rápido tipo ZIP.
- Cemento
- Relave
- Material calcario
- Arena
- Agua
- Botellas de plástico
- Espátula
- Tamiz
- Pala
- Coolers
- Hielo gel
- Guantes desechable
- Mascarilla

2.6. Aspectos éticos

Para toda investigación es relevante la posición objetiva, científica y ética del investigador en ese sentido, como responsable del presente proyecto es que afirmo lo siguiente:

- Como profesional somos conscientes de nuestro código de ética en cada aspecto de nuestras vidas.
- Como investigador he asumido esta investigación con el mayor profesionalismo, seriedad y rigurosidad que una estudio como el presente exige.
- Al desarrollar una investigación, el profesional a cargo asume dicha responsabilidad como la mayor objetividad y ética. El investigador tiene la obligación de cumplir cuidadosamente la integridad del estudio que realiza, en esa misma línea de trabajo es que sea desarrollado toda la presente investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de análisis física-químico

De los análisis realizados a relaves mineros presentes en la zona de investigación, se presentaron los siguientes datos.

Tabla 7. Resultados de Pruebas de análisis física-químico de los residuos metalúrgicos

Parámetros	Resultados
pH	2.7
Humedad	3.8%
Olor	Azufre
Temperatura	Ambiente
Color	Amarillo

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultados de laboratorio Metales pesados

De los análisis realizados a los metales en la prueba de laboratorio N° 112520-2017 con el método de *EPA Method 2007, Rev.4.4.EMMC versión. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994*, de fecha 29 de mayo del 2017 y que se presenta en la tabla 6:

Tabla 8. Resultados de Prueba de laboratorio a metales

Metales	L.D.M.*	Unidades	ECA suelo comercial Industrial	Resultados
Plata (Ag)	0.07	mg/Kg	5100	40.27
Aluminio (Al)	1.4	mg/Kg		1396
Arsénico (As)	0.1	mg/Kg	140	1076.5
Boro (B)	0.2	mg/Kg		<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/Kg	2000	65.4
Berilio (Be)	0.03	mg/Kg	150	0.16
Calcio (Ca)	4.7	mg/Kg		>40000
Cadmio (Cd)	0.04	mg/Kg	22	100.91
Cerio (Ce)	0.2	mg/Kg		8.6
Cobalto (Co)	0.05	mg/Kg	20	17.74
Cromo (Cr)	0.04	mg/Kg	1.4	5.59
Cobre (Ce)	0.1	mg/Kg	36	1426.9

Hierro (Fe)	0.2	mg/Kg		>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/Kg	24	4.2
Potasio (K)	4.3	mg/Kg		428.6
Litio (Li)	0.3	mg/Kg		3.7
Magnesio (Mg)	4.4	mg/Kg		3943.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/Kg		1493.8
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/Kg	10	30.8
Sodio (Na)	2.3	mg/Kg		105.9
Níquel (Ni)	0.06	mg/Kg	35	14.70
Fósforo (P)	0.3	mg/Kg		604.5
Plomo (Pb)	0.06	mg/Kg	1200	>5000
Antimonio (Sb)	0.2	mg/Kg		147.8
Selenio (Se)	0.3	mg/Kg	5100	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/Kg		14.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/Kg		80.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/Kg		6.90
Talio (Tl)	0.3	mg/Kg	67	2.2
Vanadio (V)	0.04	mg/Kg	1000	8.48
Zinc (Zn)	0.2	mg/Kg	140	>5000

Nota: (*) Limite de detección del método.

3.3. Elaboración de adoquines para piso.

Aplicación de la técnica de inertización. Para la elaboración de los adoquines para piso mediante el reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor).

▪ Experimento N°1

Elaboración de adoquines para piso con concentraciones diferentes de relaves.

Tabla 9. Balance de materiales en el primer experimento

Variables	N° DE MUESTRAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Relave (g)	400	300	400	500	0	600	600
Arena (g)	400	400	300	100	1000	0	200
Cemento (g)	700	800	800	800	600	800	600
Tecnopor (g)	10	10	10	10	10	10	10

Agua (ml)	400	400	400	500	300	500	500
Total	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Resultado	-	*	-	-	patrón	-	-

Fuente: Elaboración propia.

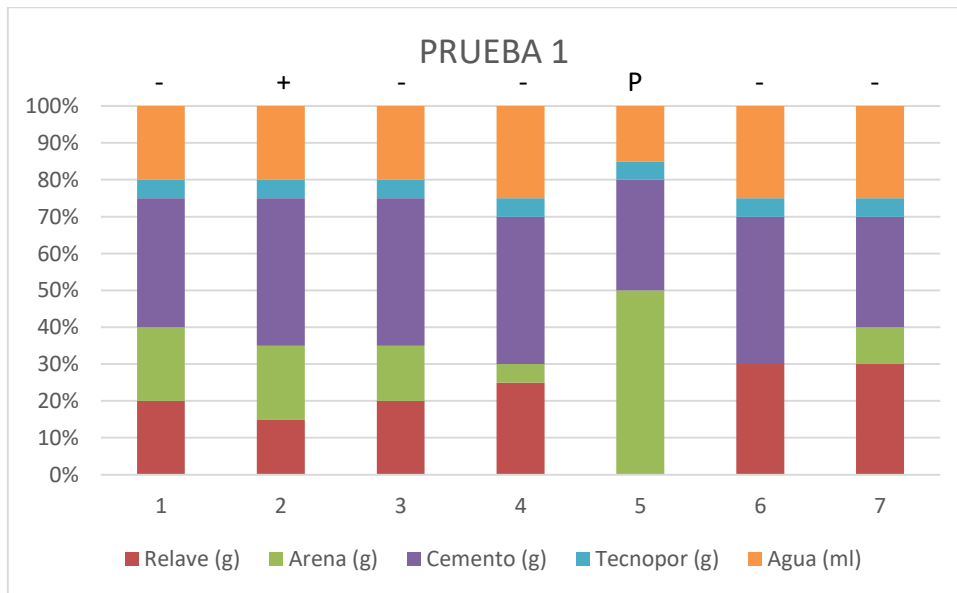


Figura 14. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la primera prueba

Fuente: Elaboración propia.

En el primer experimento, se utilizó cemento portland, arena fina, relave, poliestireno expandido y agua. En esta primera prueba se realizaron 7 muestras, cada muestra con diferentes concentraciones de materiales. La muestra 5 es muestra patrón, ya que no contiene relave. Las otras 6 muestras tienen diferentes proporciones de relaves.

Como se observa en la gráfica, la segunda muestra contiene menor proporción de relave a diferencia de arena. Se puede considerar que es una muestra que se puede trabajar por la buena resistencia a comparación de las otras muestras.

▪ **Experimento N° 2**

Elaboración de adoquines para piso con diferentes concentraciones de relaves.

Tabla 10. Balance de materiales en el segundo experimento

variables	N° DE MUESTRAS			
	1	2	3	4
Relave (g)	500	680	400	700
Arena (g)	500	300	600	200
Cemento (g)	500	500	500	545
Tecnopor (g)	5	5	5	5
Agua (ml)	345	365	345	400
Total	1850	1850	1850	1850

Fuente: Elaboración propia.

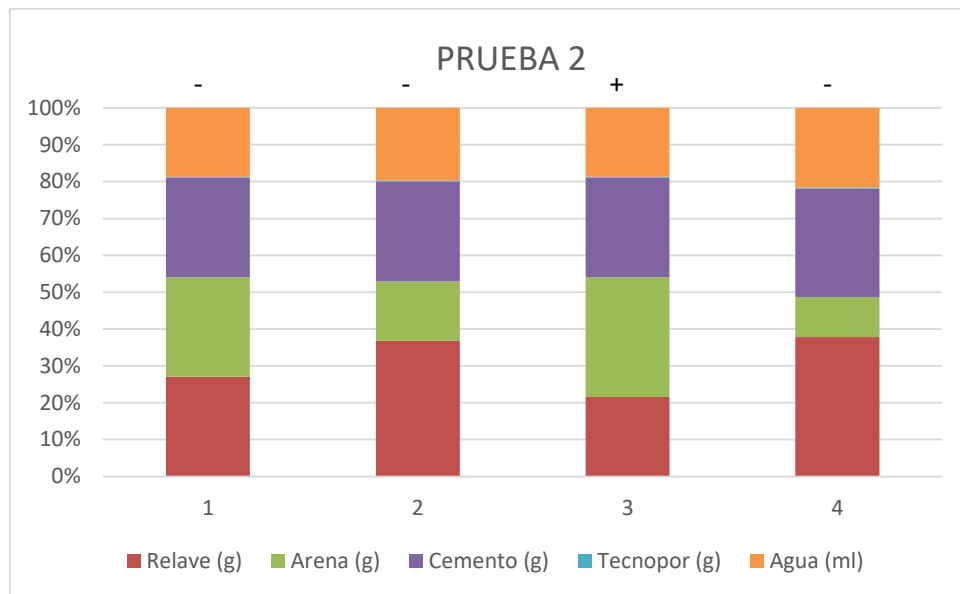


Figura 15. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la segunda prueba

Fuente: Elaboración propia

En la segunda prueba se utilizó arena gruesa como agregado, en este experimento se realizó 5 muestras, la cual se concluye que la muestra 3 tiene la mejor resistencia. Ante las otras muestras.

▪ **Experimento N° 3**

En esta tercera muestra se elaboró adoquines más grandes con concentraciones diferentes de cada residuo, se dejó secar 28 días y se llevó al laboratorio a medir la resistencia.

Tabla 11. Balance de materiales en el tercer experimento

Variables	N° DE MUESTRAS			
	1	2	3	4
Relave (g)	1000	1000	1000	0
Arena (g)	1500	1000	2000	3000
Cemento (g)	1500	2000	1000	1000
Tecnopor (g)	7	7	7	7
Agua (ml)	700	700	700	700
Total	4707	4707	4707	4707

Fuente: Elaboración propia.

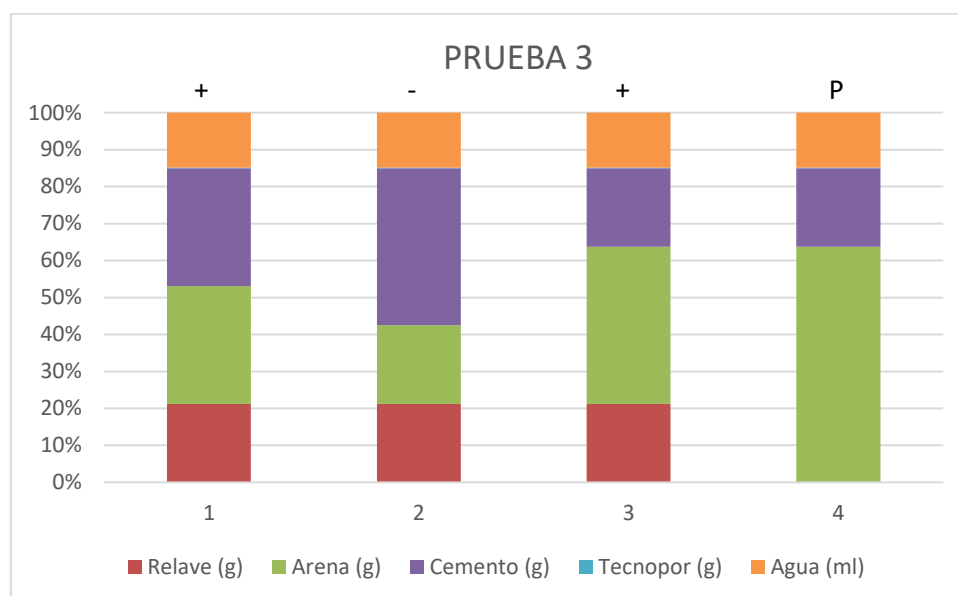


Figura 16. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la tercera prueba

Fuente: Elaboración propia

▪ **Experimento N° 4**

Tabla 12. Balance de materiales en el cuarto experimento

Variables	N° DE MUESTRAS		
	1	2	3
Relave (g)	1000	1000	800
Arena (g)	1000	1300	2000
Cemento (g)	1800	1500	1000
Tecnopor (g)	10	10	10
Agua (ml)	700	700	700
	4510	4510	4510

Fuente: Elaboración propia

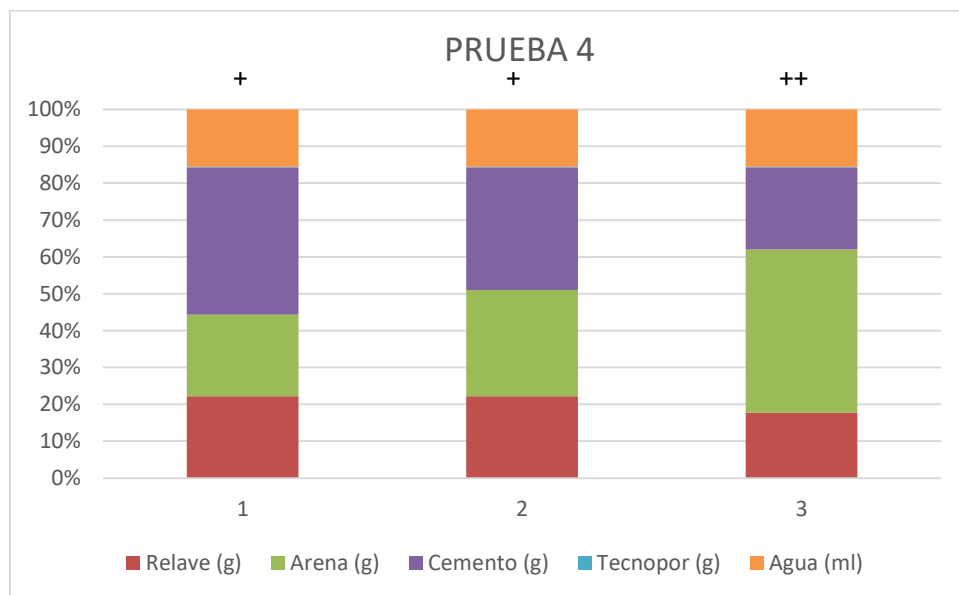


Figura 17. Concentraciones en porcentajes de los materiales de la cuarta prueba

Fuente: Elaboración propia

En esta última prueba se realizó 3 muestras, las cuales se rescataron las posibles proporciones adecuadas de relaves y agregados que se realizaron en las pruebas anteriores.

3.4. Prueba de resistencia a la compresión

a. Prueba a 3 días de secado

En el siguiente cuadro que se muestra, se observa los resultados de la resistencia según la norma ASTM C39; a la muestra 2 y 4 de la segunda prueba, donde las concentraciones de relaves son altas a diferencia de arena y cemento.

Tabla 13. Resultados de la resistencia de compresión de 3 días de secado prueba 2

Numero de muestras	Carga máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
M2	150	2
M4	100	1

Fuente: Elaboración propia

b. Prueba a 28 días de secado

En la tabla que sigue, se muestra los resultados obtenidos al realizar la evaluación de resultados de la prueba de resistencia de compresión según la norma ASTM C39 C39M; de la muestra 3 y 4 de la prueba 4.

Tabla 14. Resultados de la resistencia de compresión de 28 días de secado prueba 3

Numero de muestras	Carga máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
M4	66,618	376
M3	60,356	340

Fuente: Elaboración propia

c. Peso del adoquín.

Tabla 15. Pesos de adoquines

Adoquín	Peso kg
Muestra patrón	3.5
Muestra con relave	3

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Prototipo del adoquín para piso

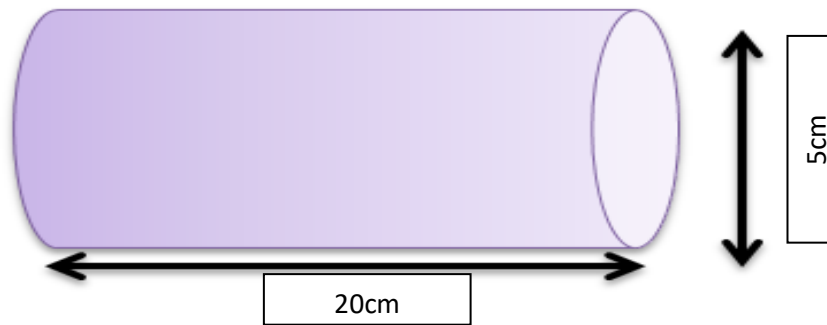


Figura 19. Medidas del prototipo del adoquín para piso

IV. DISCUSION

A partir de los hallazgos obtenidos en la presente investigación experimental, se acepta la hipótesis principal de la investigación que establece que es posible elaborar adoquines para piso con el uso de residuos industriales metalúrgicos en la Universidad Nacional de Ingeniería

Los resultados, con respecto a la humedad de la mezcla de relave obtenidos por Almerco (2014) con un valor óptimo de 9,72%, proporción mayor que difiere de la humedad obtenida en la presente investigación que fue de 3.8%, definido como material bastante seco.

Experiencias anteriores, cómo la realizada por Anicama (2010) hace referencia al empleo de materiales de desechos de procesos mineros con productos cementicios, incorporando el relave como relleno volumétrico o adicionado puzolánico.

Se determinó las características físicas químicas del residuo, donde algunos de los metales como plomo, arsénico y mercurio se encuentran en concentraciones que sobrepasa el estándar de calidad del suelo comercial industrial. Este resultado demuestra que el residuo industrial metalúrgico es tóxico. El valor del pH al inicio del experimento fue de 2.7, considerado ácido, este valor fue variando cuando se realizó la pasta, al mezclar con el cemento de pH igual a 11 y la arena con pH de 8 se obtuvo un pH de 6, la cual se puede considerar que el adoquín salió con un pH equilibrado o neutro.

Como se indica en los cuadros de los resultados, se realizaron cuatro pruebas y cada prueba con varias muestras con diferentes proporciones de relave, en la primera prueba se elaboró 7 muestras, las cuales fueron

preparadas con diferentes proporciones de relave, poliestireno expandido y los agregados, donde se incluye una muestra que no contiene relave como muestra patrón. De esta prueba se rescató la muestra dos (2) donde la concentración de relave es menor a la concentración de arena fina. Las muestras restantes se descartaron por la falta de resistencia al momento de desencofrar.

En la segunda prueba se elaboró 4 muestras diferentes, a diferencia de la primera prueba, en esta segunda prueba se utilizó arena gruesa como agregado para la mezcla con relave y poliestireno expandido. En esta prueba la muestra 3 fue más resistente que las otras tres muestras, por tanto se descartó y se trabajó con la muestra resistente.

En la tercera prueba se realizó 4 muestras diferentes, una muestra se realizó sin utilizar relave ya que se usó para muestra patrón. En esta prueba se realizó adoquines de mayor tamaño a las anteriores, donde se trabajó con las proporciones que se eligió de las dos pruebas anteriores, obteniendo en la muestra 1 y 3 resultados favorables para cumplir con los objetivos de nuestra investigación.

En esta última prueba se elaboró 3 muestras con las concentraciones que se rescató de los resultados anteriores pruebas. Se identifica que las mezclas que se trabaja con relave de menor concentración que la arena gruesa y debe tener un secado mínimo de 28 días para alcanzar una mayor resistencia.

De los resultados obtenidos del laboratorio, que se analizó la resistencia de los adoquines realizados en la prueba 2 muestra 2 y 4 después

del secado mínimo de 3 días se obtuvo las resistencias de 1 y 2 kg/cm², lo que nos demuestra que no son válidos las proporciones ni el tiempo de secado de esas muestras. Mientras que los resultados de la prueba 4 muestras 4 y 3, respondieron como muestras correctas al obtener un resultado de 376 y 340 kg/cm² en un secado de 28 días, lo que resulta el cumplimiento de nuestro objetivo al elaborar estos adoquines para piso.

Luego de haber obtenido las cantidades adecuadas de los materiales para la fabricación de los adoquines. A continuación se expondrán las principales observaciones y hallazgos encontrados en el proceso de estudio.

Para minimizar la toxicidad del residuo, se preparó una cantidad pequeña de residuos metalúrgicos en una cantidad mayor de materiales agregados para fabricar los adoquines. Estos adoquines cuentan con una resistencia que indican que está dentro de los parámetros de la NTP 334.051. Estos productos se podrán usar en lugares donde no se exponga a dañar la salud de las personas. Se puede usar en los rellenos sanitarios o zonas donde se almacenan residuos peligrosos.

Otra alternativa para eliminar o reaprovechar los residuos de la industria metalúrgica es encapsulando con vasitos de tecnopor al interior de los adoquines, de ese modo no estará expuesto al ambiente. Entonces se puede afirmar que la hipótesis: los residuos de la industria metalúrgica son reaprovechables para la fabricación de los adoquines para piso es correcta, debido a que se experimentó la fabricación de adoquín a partir de residuos de la industria metalúrgica, obteniendo los resultados satisfactorios, sin embargo, se tendrá que hacer mayor investigación para incorporar tratamientos a los

residuos para minimizar las concentraciones de metales que generan daños al ambiente y a la salud de las personas.

Poliestireno expandido es un material muy importante para la elaboración del adoquín, debido a que este material es ligero y resistente, a la vez ayuda a conservar la temperatura y evitar la humedad en un determinado lugar. En este trabajo el poliestireno se usó en proporciones mínimas, ya que no se tuvo mayor eficacia en la mezcla con el cemento, por lo que no tiene características para adherirse al cemento, sin embargo nos sirvió para el cumplimiento de nuestro objetivo general.

V. CONCLUSIONES

- Se identificaron las principales características físicas y químicas del residuo industrial de la minería metalúrgica, Los metales con valores superiores al ECA de suelo: fueron el arsénico (1076.5 mg/Kg.), cadmio (110.91 mg/kg.), cromo (5.59 mg. /kg.) y plomo (>5000 mg. /kg.). Los residuos de relave presentaron un pH igual a 2.7, de coloración amarillenta y textura ligeramente arcillosa, con una humedad de 3.8%.
- El contenido del plomo y arsénico en el residuo indican la alta peligrosidad del residuo de la industria minero metalúrgica ya que su concentración de plomo es de 5000mg/kg y de arsénico es 1076.5mg/kg. Por tanto son mayores que 1200mg/kg y 140 mg/kg que la ECA de suelos indica como máximo en suelos industriales.
- Para obtener adoquines resistentes, de 3.5 kg y con las medidas de 20cm de largo y 5cm de diámetro. Se debe mezclar 800g de residuo industrial de la minería metalúrgico, 2000g de arena gruesa, 1000g de cemento porthand, 700ml de agua y 10 gramos de poliestireno expandido. Y dejar secar no menor de 28 días a temperatura ambiente y curada. Como indica la Norma Técnica Peruana 334.051. (340 y 376 Kg. /cm²).
- Es posible aplicar la técnica de inertización para la elaboración de adoquines para pisos, reaprovechando los residuos industriales minero metalúrgicos y el poliestireno expandido.

VI. RECOMENDACIONES

- Reducir el contenido de plomo en la pasta de proceso antes de elaborar los adoquines para pisos.
- Reducir la acidez del PH de los residuos de la industria metalúrgica, para utilizar como materia prima en la fabricación de los adoquines.
- Hacer manejo adecuado los residuos de la industria metalúrgica, se recomienda usar las técnicas de inertización y encapsulamiento de los residuos.
- Exponer al secado más de 30 días para alcanzar la resistencia máxima de un adoquín para uso en pisos u otros.
- Utilizar residuos de la industria metalúrgica en pocas proporciones cuando se fabrica los adoquines para piso.

IV. BIBLIOGRAFIA

ALCÁNTARA Caballero, Elga. Propiedades psicométricas de la escala de cohesión y adaptabilidad familiar - faces IV en adolescentes de Santiago de Chuco - La Libertad. 2016. [consulta: 22 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 1,20 MB. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/UCV/252/1/alc%C3%A1ntara_ce.pdf

ALMERCOS Palomino, Denis. Construcción de dique con tratamiento de relave en mina Catalina Huanca - Región Ayacucho. Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2014.

AMPUERO Peñaranda, José; CASTAÑEDA Ames, Silvia. y LEZAMA Mendieta, Joe. Propuesta de aplicación del método de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento. 2015. Updated: 2 enero, 2015 [consulta: 22 junio 2017] Formato en pdf con imágenes, 0,96 MB. Disponible en: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/592695/1/TESIS+2015+RevFinal.pdf>

ANICAMA Acosta, Gerson. Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios. 2010. Updated: 9 junio, 2011 [consulta: 22 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 2,61 MB. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/500>

BENITES Mostacero, Rogger. y LEIVA Cercado, Yanet. Medición de las propiedades geoquímicas y mecánicas del pasivo ambiental relave Mina Paredones para su propuesta de utilización como relleno en pasta para labores mineras subterráneas - Cajamarca, setiembre 2015. Updated: 1 junio, 2015 [consulta: 22 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 2,91 MB. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/5565/Benites%20Mostacero%20c%20Rogger%20Hans%20y%20Leiva%20Cercado%20Yanet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CABO Laguna, María. Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Updated: junio, 2011 [consulta: 22 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 3,31 MB. Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>

CABREJOS Salinas, Juan. Estudio de pre factibilidad para la recuperación de agua a partir de relaves de gran minería de cobre mediante la tecnología de relaves espesados. Updated: 2011 [consulta: 10 febrero 2017] Formato en pdf con imágenes, 2,48 MB. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/789/1/cabrejos_sj.pdf

CAYO Bolarte, Katty. Residuos industriales en el Perú. 2004. [consulta: 10 mayo 2017] Formato en pdf. Disponible en: http://www.bibliotecacentral.uni.edu.pe/pdfs/GTECH/4,2004/art_005.pdf

CONGRESO De La República Del Perú. Diario oficial El Peruano. Ley General de Residuos Sólidos N° 27314. 20 de Julio de 2000.

CURO Ordoñez, Eliseo. y RASHUAMÁN Benito, Percy. Diseño de mezcla de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ adicionando relave minero de la relavera no 09a~Chilla-Cochaccasa, para tránsito ligero (método ACI), en el distrito de Urca y provincia de Angaraes - Huancavelica. 2015. [consulta: 22 junio 2017] Formato en pdf con imágenes, 4,57 MB. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/261/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DE LA PUENTE Brunke, Lorenzo. La realidad del relave minero, el daño y la gestión ambiental peruana. 2010. [consulta: 13 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.cda.org.pe/boletines/archivos/1347744612.pdf>

DE LA PUENTE Brunke, Lorenzo. Legislación ambiental en la minería Peruana. Lima: Editorial del Instituto de estudios energético mineros, 2005. ISBN 9972-9762-2-X.

ESCANDON Mejía, Juan. Diagnóstico técnico y económico del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá. Updated: 2011 [consulta: 22 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 3,88 MB. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co:8443/bitstream/handle/10554/7516/tesis603.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FABRICARÁN ladrillos reciclando relaves mineros del proceso de cianuración. Universidad Católica San Pablo, 7 enero 2013. UCSP, S. d. (2013). [consulta: 13 mayo 2017]. Disponible en: <https://ucsp.edu.pe/saladeprensa/informa/fabricaran-ladrillos-reciclando-relaves-mineros-del-proceso-de-cianuracion/>.

GALLO Rojas, Isabel. Estudio del impacto ambiental en la minera Yanacocha Oeste. 2011 [consulta: 13 mayo 2017]. Disponible en: http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Abril_2011/IF_GALLO_FIQ/INFORME%20FINAL.PDF

GARCÍA Saldaña, Cleyser. y TONGOMBOL Chuquiango, Vanessa. Los relaves mineros, su efecto en el ambiente y la salud. 2014 [consulta: 13 mayo 2017]. Disponible en: http://conacin.upeu.edu.pe/wp-content/uploads/2014/10/CIn_3415.pdf

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ Collado, Carlos. y BAPTISTA Lucio, Pilar. Metodología de la Investigación. (6.a ed.) México: Mg Graw-Hill Interamericana. 2014. ISBN 9781456223960

INACAL. Relación de métodos y alcance de la acreditación ante INACAL-DA. 2016. [consulta: 6 mayo 2017]. Disponible en: http://www.sagperu.com/pdfs/01_CAT_SAG_2016_4c_online.pdf

MANUAL de gestión de los residuos peligrosos en el Perú. Ministerio de Salud – DIGESA, 2006. [consulta: 6 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.digesa.sld.pe/publicaciones/descargas/MANUAL%20TECNICO%20RESIDUOS.pdf>

MEDINA Cruzado, Electro. y BRAVO Alarcón, Fernando. Impactos de los relaves mineros en el Perú. 2010. [consulta:13 mayo 2017]. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/dgp/ciae.nsf/vf07web/BA9A77F64A43DBDC0525780E0070D202/\\$FILE/IT021_04011111.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/dgp/ciae.nsf/vf07web/BA9A77F64A43DBDC0525780E0070D202/$FILE/IT021_04011111.pdf)

MINISTERIO Del Ambiente. Diario oficial El Peruano. Ley General de Ambiente N° 28611: 9 de Junio de 2009.

MINISTERIO Del Ambiente. Diario oficial El Peruano. Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM. 8 de Julio de 2011.

MINISTERIO Del Ambiente. Diario oficial El Peruano. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 1278. 23 de Diciembre de 2016.

MINISTERIO Del Ambiente. Diario oficial El Peruano. Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM . 26 de Julio de 2016

PRESIDENCIA Del Consejo De Ministros. Diario oficial El Peruano. Decreto Supremo N° 057-04-PCM. 22 de Julio de 2004

PROGRAMA de Política y Gestión Ambiental de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Manual de residuos sólidos. Lima: Lorena Gómez, EIRL, 2009.

RESIDUOS industriales. Ecología hoy, 2012. [consulta: 6 mayo 2017]. Disponible en: <http://www.ecologiahoy.com/residuos-industriales>

ROCHA Osorio, Cristian. Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles. Updated: 1 junio, 2015 [consulta:13 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 5,59 MB. Disponible en: <http://www.kpesic.com/sites/default/files/Aprovechamiento%20y%20revalorizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20generados%20por%20un%20evento%20adverso%20para%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20obras%20civiles%20sostenibles.pdf>

SOLANO Castillo, Octavio. Propiedades psicométricas del cuestionario de agresión de Buss y Perry AQ en alumnos de primaria del distrito de la Esperanza. 2016. [consulta:15 mayo 2017] Formato en pdf con imágenes, 1,88 MB. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/UCV/285/1/solano_co.pdf

UNIVERSIDAD César Vallejo. Manual de estilo. Lima: Fondo editorial de la Universidad César Vallejo, 2017.

UNIVERSIDAD César Vallejo. Manual de referencias estilo APA. Lima: Fondo editorial de la Universidad César Vallejo, 2017.

ZUÑIGA Suárez, Alonso; HERNÁNDEZ Olivares, Francisco; FERNÁNDEZ Martínez, Francisco; ZUÑIGA, Berenice, SÁNCHEZ, Luis, y PALADINES, Juan. Desarrollo de ladrillos mejorados (LM) y uso de nuevas tecnologías en la fabricación de ladrillos ecológicos (LE) (pág. 1206-1218). 2016. [consulta: 10 febrero 2017] Formato en pdf con imágenes. Disponible en: [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/59467/Zu%C3%B1iga%20suarez,%20alonso%20\(espa\).pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/59467/Zu%C3%B1iga%20suarez,%20alonso%20(espa).pdf?sequence=2&isAllowed=y)

V. ANEXOS

Anexo 01.

Matriz de consistencia

Título: REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES DE LA MINERÍA-METALÚRGICA Y POLIESTIRENO EXPANDIDO, EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES PARA PISO RIMAC-2017

Problema	Objetivos	Hipótesis	variable
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente:
¿De qué manera se reaprovecha los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido, para la fabricación de adoquines para piso?	Utilizar los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido en la elaboración de adoquines para piso, de la relavera de la Universidad Nacional de Ingeniería.	El reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido, permiten la elaboración de adoquines para piso.	Reaprovechamiento de residuos industriales de la minería metalúrgica y poliestireno expandido
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente:
¿Cuáles son las características físico químicas de los residuos industriales de la minería metalúrgica?	Identificar las características físicas químicas de los residuos de la industria minera metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor) para elaborar adoquines para piso	características físico químicas de los residuos de la industria minera metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor), son apropiadas para la elaboración de adoquines para piso	Elaboración de adoquines para piso
¿Cuál es la técnica de construcción recomendable para la elaboración de adoquines para piso, mediante el uso de residuos industriales provenientes de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido?	Aplicar la técnica de inertización de elaboración de los adoquines para pisos mediante el reaprovechamiento de los residuos industriales de la minería metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor)	La técnica tratamiento por inertización, será adecuado para la elaboración de adoquines para piso a partir de los residuos de la industria minera metalúrgica y poliestireno expandido (tecnopor)	

Fuente: elaboración propia

Anexo 02.

Ficha de muestreo de suelo

Datos generales	
Nombre del sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Uso principal:	Dirección del predio:
Datos del punto de muestreo:	
Nombre del punto de muestreo:	Operador (empresa/persona):
Coordenadas: X: Y: (UTM,WGS84)	Descripción de la superficie: (pe, asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad)
Técnica de muestreo: p.e sondeo manual/semi mecánico/mecánico, zanja, etc)	Instrumentos usados
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción)	Relleno del agujero después del muestreo

Anexo 03.

Ficha de recolección de la muestra

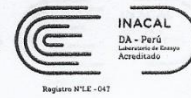
Clave de la muestra:						
Fecha:						
Hora:						
Profundidad desde: (metros bajo la superficie)						
Profundidad hasta: (metros bajo la superficie)						
Característica organolépticas:						
Color:						
Olor:						
Textura:						
Compactación/consistencia:						
Humedad:						
Componentes antropogénicos:						
Estimación de la fracción > 2 mm (%):						
Cantidad de la muestra: (volumen o peso)						
Medidas de conservación:						
Tipo de muestra: (simple/compuesta)						
Para muestras superficiales compuestas:						
Área de muestra (m ²):						
Numero de sub-muestras:						

Anexo 04.

Informe de laboratorio N° 112520-2017 sobre la espectrometría de los metales



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 112520-2017 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : ELMER AMADEO SOTO CASTILLO
DOMICILIO LEGAL : JR. PAUCARTAMBO N° 284 URB. TAHUANTINSUYO BALTA, DE LA COMISARIA) - LIMA - LIMA
SOLICITADO POR : ELMER AMADEO SOTO CASTILLO
REFERENCIA : UNI
PROCEDENCIA : AV. TUPAC AMARU
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2017-05-18
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2017-05-18
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
 C.Q.P. N° 648
 Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA
 SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.
 NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425-6047 | MÓVIL 994 976 442
 Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

Anexo 05.

Informe de laboratorio N° 112520-2017 sobre la espectrometría de los metales



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° 112520-2017 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo		
Matriz analizada	Suelo		
Fecha de muestreo	2017-05-18		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:00		
Condiciones de la muestra	Conservada		
Código del Cliente	M1		
Código del Laboratorio	17051207		
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	40.27
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	1386
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	1076.5
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	65.4
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.16
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	>40000
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	105.91
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	6.6
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	17.74
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	5.59
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1426.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	4.2
Potasio (K)	4.3	mg/kg	428.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	3.7
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	3941.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	1493.8
Moibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	30.8
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	105.9
Níquel (Ni)	0.05	mg/kg	14.70
Fósforo (P)	0.2	mg/kg	604.5
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	>5000
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	147.8
Selenio (Se)	0.2	mg/kg	<0.2
Estadío (Sn)	0.1	mg/kg	14.3
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	80.1
Tiuricio (Ti)	0.01	mg/kg	6.00
Teluro (Te)	0.1	mg/kg	2.2
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	8.48
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	>5050

L.D.M.: Límite de detección del método.

Lima, 29 de Mayo del 2017



Quím. Beibeth Y. Fajardo León
C.C.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

Qual. F1 (02/Anexo: INE-E-09/2015)

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)-APHA-MWA-WF 20th. Edición 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Los resultados serán considerados de acuerdo al periodo de prescripción del pedimento analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.


NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1585 - Urb. Clacra Roca Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 8047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Anexo 06.

Informe de la medición de resistencia (segunda medición)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

División de Ingeniería Civil Autorizada por
ABET
Accreditation Board for Engineering and Technology
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME


Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : ELMER SOTO CASTILLO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 17-1831
Recibo N° : 55846
Fecha de emisión : 12/06/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL
Certificado de Calibración CMC-099-2016
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 338.034:2015
Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :


N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE PRUEBA
1	ADOQUIN	01/05/2017	12/06/2017	177.1	66.618	376	2
2	ADOQUIN	01/05/2017	12/06/2017	177.3	60.356	340	2

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. P. S. M.


Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (a) del laboratorio


NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 306

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



LABORATORIO
ISO 9001
CERTIFICADO

Anexo 07.

Informe del resultado del porcentaje de humedad del relave

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos	
INFORME N° S17 - 435		
SOLICITANTE : ELMER SOTO CASTILLO PROYECTO : PORCENTAJE DE HUMEDAD FECHA : 13 DE JUNIO 2017		
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
Muestra : Única Prof. (m.) :		
ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216		
Contenido de Humedad (%) : 3.8		
Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante Ejecutado por : Fco. R. Pacheco P. Revisado por : Ing. D. Basurto R.		
	 Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS Jefa (a) del Laboratorio N°2 UNI - FIC	
Av. Túpac Amaru 216, Lima 25, Apartado 1301 - Perú Teléfono: (511) 381-3342, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019 e-mail: lms_5c@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe		

Anexo 08.

Informe de laboratorio sobre la resistencia de las muestras



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : ELMER SOTO CASTILLO
Expediente N° : 17-1811
Recibo N° : 55827
Fecha de emisión : 09/06/2017


1. DE LA MUESTRA : Consistente en 2 probetas cilíndricas de mortero.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial TINIUS OLSEN.
Certificado de Calibración CMC-101-2016
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	M1	06/06/2017	09/06/2017	79.0	150	2	Tipo 2
2	M2 TECNOPOR	06/06/2017	09/06/2017	79.9	100	1	Tipo 3

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

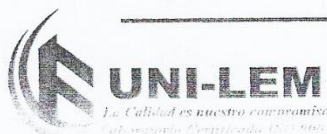
Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. L. O. R.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 461-1070 Anexo 306

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI



Anexo 09.

Guía de entrevista al Ing. de metalurgia de la UNI.

FICHA DE ENTREVISTA

DATOS REFERENCIALES:			
ENTREVISTADO	Arturo Lobato Flores	OCCUPACION	Catechético (UNI)
EDAD	63 años	TIPO DE TRABAJO	educador
AREA	Ingeniería	FECHA	12/06/17
DATOS DEL FACILITADOR:			
FACILITADOR	Elmer Soto Astillo	NIVEL	
		CURSO	tesis.
OBJETIVO:			
Investigar el origen y tiempo de almacenamiento del residuo industrial metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería.			
1.- Cuantos años trabajas en la UNI?			
Trabajo 36 años en la UNI			
2.- Que cargo ocupa en la UNI?			
DIRECTOR del Centro de formación Técnico Minero de la Facultad de Minas - Universidad Nacional de Ingeniería			
3.- Como se originó los residuos de la industrial metalúrgica?			
Los Residuos Industriales Mineros son originados en el procesamiento de minerales en la planta Concentradora Alimentados por diferentes compañías mineras.			
4.- Cual es el tiempo aproximado que están almacenados los residuos?			
Tiene un tiempo de antigüedad de Aproximadamente 80 años.			
5.- Hubo algún proyecto para retirar los residuos de esa zona?			
No hubo ningún proyecto para retirar los residuos de esta zona.			

Anexo 10.

Panel fotográfico



Foto N° 1: Vista panorámica de la zona de estudio



Foto N° 2: Extracción de residuo



Foto N° 3: Muestra de residuo



Foto N° 4: Medición de pH



Foto N° 5: Acondicionamiento del espacio.



Foto N° 6: Relave



Foto N° 7: Arena gruesa



Foto N° 8: Cemento portland



Foto N° 9: Poliestireno expandido



Foto N° 10: Medición de materiales



Foto N° 11: Pesado de materiales



Foto N° 12: Mezclado de pasta



Foto N° 13: Mezclado de pasta



Foto N° 14: Muestras de mortero



Foto N° 15: Muestras de mortero



Foto N° 16: Secado al aire libre



Foto N° 17: Mortero



Foto N° 18: Encapsulado de relaves



Foto N° 19: Muestra de relaves