

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo del curado, sobre la  
resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir de relaves  
mineros del distrito de Pulán, Cajamarca, 2020**

**Tesistas:**

Bach. Briones Rodas, Gustavo Alexis

Bach. Sangay Alcalde, Walter Alfredo

**Asesor:**

Mg. Ing. Gary Christiam Farfán Chilicaus

**Cajamarca – Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo del curado, sobre la  
resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir de relaves  
mineros del distrito de Pulán, Cajamarca, 2020**

Tesis presentada en cumplimiento de los requerimientos para optar el Título  
Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

**Tesistas:**

Bach. Briones Rodas, Gustavo Alexis

Bach. Sangay Alcalde, Walter Alfredo

**Asesor:**

Mg. Ing. Gary Christiam Farfán Chilicaus

**Cajamarca – Perú**

**2020**

COPYRIGHT © 2020 by  
BRIONES RODAS, GUSTAVO ALEXIS  
SANGAY ALCALDE, WALTER ALFREDO

Todos los derechos reservados

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y  
PREVENCIÓN DE RIESGOS**

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS.**

**EFFECTO DE LA DOSIFICACIÓN DEL AGLOMERANTE Y DEL  
TIEMPO DEL CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE  
RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULÁN, CAJAMARCA,  
2020**

Presidente: .....

Secretario: .....

Vocal: .....

Asesor: .....

## **DEDICATORIA**

La presente tesis lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestras hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Gilmer y Jhovana; y Edgar y Socorro, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Mg. Ing. Gary Christiam Farfán Chilicaus tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>XI</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Justificación del problema .....	3
1.4. Objetivos.....	5
Objetivo General:.....	5
Objetivos Específicos: .....	5
1.5. Hipótesis de investigación .....	6
1.6. Operacionalización de variables .....	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>8</b>
2.1. Teorías que sustentan la investigación.....	8
2.2. Bases teóricas.....	17
Relaves mineros .....	17
Impacto de los relaves mineros .....	20
Propiedades mecánicas de los ladrillos .....	21
2.3. Definición de términos básicos .....	22

**CAPÍTULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION..... 24**



3.1. Lugar y período experimental:.....	24
3.2. Material experimental .....	24
3.3. Metodología.....	24
3.4. Indicadores a medir.....	25
3.5. Diseño experimental .....	25
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Presentación e interpretación de los resultados .....	27
4.2. Discusión de los resultados.....	32
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>34</b>
5.1. Conclusiones.....	34
5.2. Recomendaciones .....	35
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Tabla 2. Características de unidad de albañilería para fines estructurales.

Tabla 3. Promedios de Resistencia ( $\text{kg/m}^2$ ) para cada una de las Dosificaciones utilizadas para la fabricación de los ladrillos.

Tabla 4. Promedios de Resistencia ( $\text{kg/m}^2$ ) para cada una de los Días de curado utilizados para la fabricación de los ladrillos.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Diseño experimental del estudio

Figura 2. Promedios de resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ ) presentados para cada una de las dosificaciones y días de curado utilizados, en la fabricación de los ladrillos.

Figura 3. Promedios de resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ ) presentados para cada una de las dosificaciones y días de curado utilizados, en la fabricación de los ladrillos.

## Resumen

Este trabajo titulado “Efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo del curado, sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir de relaves mineros del distrito de Pulán, Cajamarca, 2020”, propone una alternativa ambiental produciendo ladrillos artesanales con el lodo ambiental de la minería, en Cajamarca; por ello tuvo como objetivo determinar el efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo de curado, sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave, del lugar en mención. El problema que buscó resolver este trabajo es el fin que se da a los residuos industriales de la minería, que muchas veces quedan expuestos al ambiente, amenazando paisajes, ecosistemas, e incluso el quehacer cotidiano del hombre, dado que contamina suelo, agua; que termina afectando la actividad agro – pecuaria (inherente a la subsistencia del hombre de campo). Dicha investigación se realizó en la Minera, ubicada en el distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz (Cajamarca). El período de ejecución fue desde agosto hasta octubre del 2020. La metodología utilizada consistió en tomar muestras aleatorias de lodo de relave, del área de filtro prensa, proveniente del relave minero, y utilizarlo como material base para la construcción de ladrillos artesanales de buena resistencia. Los ladrillos fueron elaborados en una fábrica de ladrillos local, y evaluados en un laboratorio (resistencia a la compresión –  $\text{kg/cm}^2$ ). Se trabajó con un DCA – bifactorial, considerando a la dosificación y al tiempo de curado, como factores de estudio. Se obtuvo que la variable Dosificación de aglomerante afectó la a la resistencia del ladrillo, dado que, a mayor cantidad de aglomerante, se obtuvo mayor resistencia a la compresión (Dosificación 10 – 2300 g de relave y 1000 g de aglomerante:  $23 \text{ kg/cm}^2$ ; Dosificación 1 – 3200 g de relave y

100 g de aglomerante: 1 kg/cm<sup>2</sup>). La variable tiempo de curado (10, 20 y 30 días) no permitió obtener diferencias significativas para la resistencia a la compresión.

Palabras clave: Tiempo de curado, dosificación de aglomerante, relave minero, resistencia a la compresión.

## Abstract

This work entitled "Effect of the dosage of the binder and the curing time, on the resistance to compression of the brick manufactured from mining tailings of the district of Pulán, Cajamarca, 2020", proposes an environmental alternative producing artisan bricks with the mud mining environment, in Cajamarca; For this reason, the objective was to determine the effect of the dosage of the binder and of the curing time, on the resistance to compression of the brick manufactured from the tailings, of the place in question. The problem that this work sought to solve is the end given to industrial mining waste, which many times is exposed to the environment, threatening landscapes, ecosystems, and even the daily work of man, since it contaminates soil, water; which ends up affecting agricultural - livestock activity (inherent to the subsistence of the farm man). This investigation was carried out at the Minera, located in the district of Pulán, province of Santa Cruz (Cajamarca). The execution period was from August to October 2020. The methodology used consisted of taking random samples of tailings mud from the filter press area, coming from the mining tailings, and using it as a base material for the construction of artisan bricks of good resistance. . The bricks were made in a local brick factory, and evaluated in a laboratory (compressive strength - kg / cm<sup>2</sup>). A bifactorial DCA was used, considering the dosage and curing time as study factors. It was obtained that the variable Binder dosage affected the strength of the brick, since, the greater the amount of binder, the greater the compressive strength was obtained (Dosage 10 - 2300 g of tailings and 1000 g of binder: 23 kg / cm<sup>2</sup> ; Dosage 1 - 3200 g of tailings and 100 g of binder: 1 kg / cm<sup>2</sup>). The variable curing time (10, 20 and 30 days) did not allow to obtain significant differences for the compressive strength.

Keywords: Cure time, binder dosage, mine tailings, compressive strength.

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema.

La minería es uno de los principales sectores de la economía nacional, tanto por su contribución a la riqueza de nuestro país, como por la generación de puestos de trabajo, pero a su vez es uno de los sectores donde existe mayor generación de residuos peligrosos lo cual contribuye a la contaminación del medio ambiente (Fernández, 2019). Por ello, Anicama (2018) afirma que, en las últimas décadas, los volúmenes de residuos de la actividad minero-metalúrgica son significativamente mayores que los residuos domésticos e industriales juntos.

Además, las características físicas y químicas de los relaves varían con el tipo de mineral, sin embargo, los relaves sólidos usualmente tienen algunas mineralizaciones de sulfuros, los que generarían un potencial problema ambiental. Después de la deposición de los minerales sulfurados, éstos podrían oxidarse en presencia de agua de lluvia o el deshielo para producir ácido sulfúrico, el cual podría lixiviar metales presentes en los relaves. Sumado a lo anterior, los productos químicos de la flotación, tales como colectores, modificadores y otros aditivos para el proceso, también pueden presentar un riesgo ambiental. Este impacto se magnifica en caso de fallas en los métodos de disposición del material en cuestión, lo cual representa la mayoría de los incidentes ambientales relacionados con la minería (Castro, 2018).

En el caso de nuestra región, la actividad minera ha cobrado gran relevancia hace algunas décadas, y ello tiene un gran impacto en la economía de nuestro país. Prueba de ello es que el sector minero, en el Perú, es uno de los pilares principales de la



economía, aportando el 8.8 % del PBI, que representa el 49 % de las exportaciones (INEI, 2018).

Esto ha provocado que se generen varias actividades empresariales extractivas relacionadas con la minería, que producen gran cantidad de residuos industriales, entre ellos, el lodo, producto final del lixiviado del material que contiene el metal precioso. Estos residuos, muchas veces quedan expuesto, en contacto con factores bióticos y abióticos de los ecosistemas, generando pasivos ambientales a gran escala y que son evidentes en su zona de influencia.

Sería ideal poder encontrar un uso alternativo a este componente, y el sector de construcción se alza como una alternativa para ello, dado que podría ser utilizado como un aditivo al concreto. El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo (Melgarejo, 2018).

Al mismo tiempo, se sabe lo costoso que puede resultar construir una vivienda, con materiales convencionales (agregados, cemento, ladrillos y acero), lo que origina que la mayoría de la población rural no puedan acceder a ella, por lo que esta opta por construir viviendas a base de tierra (adobe y tapia) la cual no brinda seguridad y confort. De ahí nace la idea de implementar al relave minero, materia en desuso y/o residuos de la operación minera, que se encuentra generalmente en grandes cantidades de depósitos (Rojas y Huamaní, 2017).

Y este fue justamente, el norte de esta investigación: proponer alternativas de manejo que permitan eliminar estos residuos, de manera eficiente y con impacto cero en la

naturaleza, y en lo posible, que permitan obtener un producto final que beneficie al poblador.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo de curado, sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir de relaves mineros del distrito de Pulán, Cajamarca 2020?

## **1.3 Justificación del problema**

La justificación social del proyecto radicó en el hecho de querer proponer una nueva alternativa para la construcción de viviendas, que reduzca significativamente los costos de ésta. Indudablemente, este factor es de vital importancia, dado que permitiría acceder a una vivienda a las personas de menos recursos, especialmente a los pobladores de la zona rural, que ante la escases de recursos económicos, construyen casas con material de baja calidad, y que no terminan de proteger a sus habitantes. Es importante mencionar que la población rural, en Cajamarca, representa el 62 % de la población total (INEI, 2017). Esto refuerza más nuestra propuesta.

Por ello, si el proyecto da una luz que permita brindar una nueva posibilidad de construcción de viviendas a los pobladores más vulnerables, se podría empezar a responder un problema social, enquistado en nuestra realidad, hace muchos años.

Como justificación ambiental, es conveniente mencionar que, a nivel nacional, Cajamarca ocupó la primera posición, en el año 2019, como principal productora de

oro, con una participación del 27.9 % del total; con una inversión minera de 37'947,650 millones de dólares (enero – marzo, 2020), con 7 proyectos de exploración minera, hasta el año 2020 y con 6 proyectos de minería, comprometidos para futura construcción (MINEM, 2020). Definitivamente, estamos hablando de una ciudad con una significativa actividad minera, y es esto, justamente, lo que refuerza la justificación ambiental, dado que permite que nuestro proyecto se fundamente en la propuesta de nuevas alternativas de manejo para un residuo industrial (lodo de relave), exactamente, de la minería, muy en boga en nuestra región. Es importante proponer un correcto manejo, dado que es uno de las causas de mayor contaminación de esta actividad, al quedar expuestos en el ambiente, formando pasivos ambientales que generan gran contaminación, tanto a los ecosistemas donde se alojan, como a los adyacente. Valga decir, también, que si este residuo tiene contacto con el piso, generará deformación es las plantas, y afectará también su calidad. Es grave, considerando que los pobladores de la zona de impacto, se dedican a la actividad agropecuaria, donde la pastura es un factor importante de la cadena productiva, tanto agraria, como pecuaria. Por ello, se busca elaborar ladrillos artesanales a partir de este residuo, lo que permitiría darle un fin práctico y beneficioso a un residuo minero tan peligroso.

Finalmente, el aporte científico de este trabajo se fundamenta en el hecho de que, a largo plazo, con iniciativas de investigación como éste, se promueva Buenas Prácticas relacionadas con la Minería y la Biodiversidad, con lo cual se busca una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad, pero también a que la industria opera con frecuencia en áreas remotas y ambientalmente sensibles. Demostrar un compromiso con la conservación de la biodiversidad es, en la actualidad

un elemento esencial de desarrollo sustentable para la industria minera y de los metales. De esta forma con el presente proyecto se pretendió proponer un proyecto ambicioso para controlar y eliminar los pasivos ambientales mineros en forma secuencial a mediano y largo plazo, con la alternativa de re – uso de estos materiales que se encuentran en muchos lugares del país. Esto nos ayuda a proporcionar un medio físico de calidad, sin alteraciones a la cadena trófica del ciclo de vida del hombre en zonas donde se encuentran estos pasivos.

#### **1.4. Objetivos**

##### **Objetivo General:**

Determinar el efecto de la dosificación del aglomerante y del tiempo de curado, sobre la resistencia a la comprensión del ladrillo fabricado a partir de relaves mineros del distrito de Pulán, Cajamarca 2020.

##### **Objetivos Específicos:**

- Determinar el efecto de la dosificación del aglomerante, sobre la resistencia a la comprensión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.
- Determinar el efecto del tiempo de curado, sobre la resistencia a la comprensión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.

- Comparar la compresión del ladrillo con la Norma Técnica Peruana, establecida.
- Reforzar la propuesta ambiental para el manejo de relave minero, en la utilización dentro del área de la construcción.

### **1.5. Hipótesis de investigación**

Ho<sub>1</sub>: No existe efecto de la dosificación del aglomerante sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.

Ha<sub>1</sub>: La dosificación del aglomerante tiene un efecto significativo sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.

Ho<sub>2</sub>: No existe efecto del tiempo de curado sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.

Ha<sub>2</sub>: El tiempo de curado tiene un efecto significativo sobre la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave minero.

## 1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1.

*Operacionalización de variables*

<b>Tipo Variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Independiente	Dosificación del aglomerante	Cantidad de aglomerante que se utilizará para lograr la cohesión de la mezcla	Gramos (g)	Balanza
	Tiempo de curado	Tiempo de reposo del material mezclado hasta lograr el producto final	Días.	Calendario
Dependiente	Resistencia a la compresión	Resultante de las presiones que se realizan al ladrillo resultante.	kg/cm <sup>2</sup>	Dinamómetro

## CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. Teorías que sustentan la investigación

#### Internacionales

**Castro Arias (2018)**, en su trabajo de investigación titulado “**Nuevas tecnologías para el uso y disposición de relaves mineros aplicado a CODELCO, División el Teniente**”, realizado en Concepción, Chile, se propuso realizar una investigación de aplicabilidad de nuevas tecnologías para la disposición y utilidad de los relaves mineros de El Teniente. La investigación comprendió la evaluación de 3 medidas de solución que se le da al embalse de relaves Carén que posee DET ante los problemas de llenado y contaminación que presenta. Las dos primeras se refieren a 2 evaluaciones económicas de cambios tecnológicos para el método de disposición que posee actualmente el pasivo ambiental, a saber: Disponerlo a la forma de pasta o a la forma de relave filtrado. La tercera solución consiste en utilizar al relave para la fabricación de adoquines en reemplazo de las arcillas o el cemento, para ello se realizó una revisión bibliográfica técnica de la química de geopolimerización para la fabricación de materiales de construcción en base a relaves (adoquines) y el estado actual en que se encuentra el método, además de un estudio de mercado de utilizar los relaves de DET para fabricar adoquines. Para los cambios de tecnología se obtuvo que la alternativa más económica resultó en instalar una planta de relaves espesados a pasta con una capacidad de tratamiento de 23 ktpd junto a un sistema de impulsión y disposición del contaminante, un canal de evacuación de aguas claras y un sistema de suministro de

energía. El CAPEX, OPEX, CPTD y VU fue de MUS\$ 76,33, MUS\$ 10,00, MUS\$ 1,83 y 67 años respectivamente, donde el CAPEX resulta ser 1,89 veces menor que peraltar el muro para la séptima etapa y se extiende la vida útil del embalse en 11,2 años. Del estudio técnico para la fabricación de adoquines a partir de las técnicas de geopolimerización en base a relaves se encontró que sí es factible manufacturarlos, es más, presentan propiedades químicas y mecánicas superiores a las que se obtendrían con materiales y técnicas convencionales. En cuanto al estudio de mercado se obtuvo que con la actual producción de relaves de DET se cubriría más del 100 % de la demanda por arcillas y cemento en Chile (3,49 y 5,1 veces respectivamente), y sólo con 123 y 83 faenas con el mismo nivel de producción de DET se alcanzaría a cubrir el 100 % de la demanda mundial por arcillas y cemento para la fabricación de ladrillos, desalojando a ambas industrias del planeta.

**Suárez (2018), en su tesis realizada en Loja (Ecuador), titulada “Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente”** se propone la elaboración de ladrillos mejorados a través de mezclas óptimas para los sectores de Catamayo y Malacatos y ladrillos con incorporación de materias primas alternativas como tierras diatomeas del sector de Santa Elena y lodos de relave de mina de oro del sector de Zamora Chinchipe. Para el caso de la elaboración de los ladrillos de relave de mina de oro (ladrillo ecológico), se forma un geopolímero, en una concentración de solución al 26 %, 12.5M (molar), y una temperatura de curado de 120 °C; el foft se ubicó en 6,44 MPa/kg, el ladrillo ecológico se clasifica, como: TIPO A o B, superando los límites establecidos en la normativa en un 50 % y contribuyendo al cuidado del medio ambiente al reutilizar los



desechos de minería. Para validar los resultados mecánicos de tracción indirecta y resistencia a la compresión, se emplearon ensayos de caracterización físico-químico y técnicas analíticas, estos últimos permitieron evaluar el comportamiento del material y sus fases cristalinas por el cambio de temperatura en el proceso de cocción.

## **Nacionales**

**Cárdenas (2019)**, en su investigación titulada “**Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería-caso ex unidad minera Mercedes 3**” realizada en Lima, Perú, se planteó como objetivo proponer la utilización de relave polimetálico de la Ex Unidad Minera Mercedes 3, para la fabricación de unidades de albañilería en el tipo de bloque de concreto estructural. Se realizó el diseño por dosificación de material y posteriormente se desarrolla el diseño de mezcla con el método del ACI. Se ensayaron los agregados incluido el relave, pruebas de toxicidad del relave y finalmente, pruebas mecánicas de resistencia a la compresión. Uno de los puntos importantes es el nivel de toxicidad del relave, que se comprueba en última instancia con la mezcla de los demás agregados y cemento portland tipo I. Por último, se muestra datos relativos a costo del bloque de concreto con relave y el costo del bloque normal con las mismas características.

**Fernández Anaya (2019)**, en su investigación titulada “**Resistencia mecánica de un concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del 50 % de cemento por relave minero, Distrito de Jangas, Huaraz – Ancash**”, se puso como objetivo Determinar la resistencia mecánica de un Concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del 50% de cemento por relave minero. Para ello, se obtuvo la composición química del relave

minero a través del ensayo de Rayos X, su alcalinidad para determinar su pH y la debida sustitución al 50 % por la combinación de relave minero, el cual se evaluó su posible reciclaje para el re – uso en obras civiles. La muestra consistió de 18 probetas: 9 para 0 %, 9 para 50 % de relave minero. La técnica utilizada fue la observación y como instrumento de registro de datos se contó con fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. El proceso de datos se realizó con los programas Excel, SPSS; con respecto a la muestra patrón arrojó que existe evidencia estadística a un 95 % de confianza que la resistencia con 50 % de relave minero la cual arrojó que existe evidencia estadística a un 5 % para 7, 14 y 28 días de curado. Se obtuvo la resistencia a la compresión de las probetas patrón para un  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y experimental con sustitución al 50% de cemento por relave minero. La prueba de alcalinidad del relave minero alcanzó un pH = 10.05; extremadamente alcalino. Con la sustitución del cemento en un 50 % por relave minero se reportó que a los 7 días de curado arrojó una resistencia de  $39.97 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días de curado arrojó una resistencia  $45.35 \text{ kg/cm}^2$  y a los 28 días de curado arrojó una resistencia de  $51.06 \text{ kg/cm}^2$ ; con los resultados obtenidos se pone en manifiesto la posibilidad de no utilizar la sustitución del cemento por relave minero en un 50 % ya que la resistencia es baja. Se concluye el relave minero se podría reutilizar como un sustituyente del cemento, pero con porcentajes menores al 50 %.

**Flores et al. (2019), en su trabajo titulado “Metodología de tratamiento de remediación de pasivos ambientales mineros de Cerro El Toro de Huamachuco para el desarrollo sostenible”, llevado a cabo en Perú, se propone la implementación de una tecnología Limpia para tratar los Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) de las**

relaveras de todas las regiones del país, basándose en el estudio de la relavera de Cerro El Toro del distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad, la cual contamina a las comunidades de Shiracmaca y Coigobamba. Es por ello, que el estudio tiene como objeto del estudio, brindar una metodología basada en el método de remediación de tratamiento integral-MRTI-SLFCH, que implemento el tratamiento integral de detoxificación de contaminantes en relaves metalúrgicos, involucrando el desarrollo de metodologías de las técnicas de flotación y de la concentración gravimétrica que se caracterizan por el empleo de agentes remediantes. El estudio se dedica al estudio de la aplicación del relave minero en mezclas de concreto con el objeto de reciclar relave minero y encontrarle un valor agregado con carácter sostenible en las poblaciones cercanas a las operaciones mineras, donde se realiza la incorporación de relave como relleno volumétrico o como adicionado puzolánico, lo cual conllevará a que se emplee el relave tratado como un nuevo agregado de construcción para la elaboración de unidades de albañilería como los denominados ladrillos ecotecnológicos.

**Melgarejo (2018)**, en su tesis de investigación titulada “**Resistencia del concreto F’C= 210 kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí**” y llevada a cabo en Huaraz, Perú, se propuso determinar la resistencia a compresión del concreto F’C= 210 kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituyó 4 % y 8 % del cemento por relave minero. Se elaboraron 27 probetas de concreto F’C = 210 kg/cm<sup>2</sup>, 9 probetas de control patrón, 9 probetas con sustitución a 4 % y 9 probetas con sustitución a 8 %. La técnica ha sido la observación y como instrumentos se tuvo las fichas técnicas de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales. Se sustituyó el cemento en

un 4 % y 8 % por relave minero. Se logró un concreto con una resistencia de F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> con resultados similares al ensayo Patrón. En base a los resultados se recomienda emplear la sustitución hasta el 8 % pues los resultados no se alejaron con respecto al patrón.

**Namuche (2018), en su tesis de investigación titulada “Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017”** y llevada a cabo en Perú, se propuso determinar la resistencia a compresión del mortero a FC= 100 kg/cm<sup>2</sup> a una sustitución de 5 % ,10 % y 15 % del cemento por el relave minero. Para esta investigación se elaboró 48 especímenes de mortero en forma de un cubo de lados iguales (5 cm x 5 cm x 5 cm) a una resistencia FC = 100 kg/cm<sup>2</sup>, 12 especímenes de control o patrón, 12 especímenes con una sustitución de 5 %, 12 especímenes con una sustitución de 10 % y finalmente 12 especímenes con una sustitución de 15 %. Durante el periodo del ensayo, se usó la técnica de observación y para complementar también se usó como instrumento fichas técnicas de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales de la Universidad San Pedro. Se utilizó el programa Excel, como instrumento de proceso y análisis de datos. Los resultados obtenidos son favorables con la sustitución de relave minero en fracción de 10 % y 15%, en donde se observa mayor semejanza de resistencia al del patrón durante el ensayo experimental. En cuanto a la sustitución de relave minero en fracción de 15 % del cemento, en donde alcanza mayor resistencia cercano al patrón. Por tanto, el empleo de la sustitución del 15% del cemento por relave con el cual se obtiene una resistencia similar a la prueba del patrón en caso del mortero.

**Rojas Huamaní y Ventura Huamán (2017), en su investigación titulada “Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable”,** llevada a cabo en Huancayo, Perú, se propusieron como objetivo determinar la incidencia del uso del relave minero (RM) en bloques de concreto tipo ensamblable (BCE), como sustituto al agregado fino en diferentes proporciones; de la cual se determinó la dosificación óptima con relave minero para dicho bloque, en la que se evaluó los efectos en sus propiedades (resistencia a la compresión, absorción y densidad). Para la ejecución, se obtuvo el relave minero procedente de la relavera N°09 Acchilla de la Unidad Julcani – Ccochaccasa - C.I.A. Buenaventura, y agregados de la cantera rio Ichu – Huancavelica, a la cual se realizaron sus respectivos ensayos físicos. Como primera etapa de la investigación, se realizó tratamientos (T) incorporando el RM como sustituto al agregado fino en porcentajes de 25 %, 50 %, 75 % y 100 % en la dosificación de mezcla de concreto para un  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ , analizándolos en 7 probetas cilíndricas por cada tratamiento, a las cuales se realizaron el ensayo de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a los 28 días de curado; una vez obtenidos los datos de los ensayos en laboratorio, estos fueron procesados, de la cual se obtuvo como mayor resistencia a la compresión un  $f'c=144.26 \text{ kg/cm}^2$  la cual corresponde al T2: 50%RM; posteriormente esta dosificación se usó en la elaboración del BCE. Como segunda etapa se procedió elaborar 10 BCE con la dosificación elegida del T2: 50%RM y 10 BCE con la dosificación estándar T0: 0%RM (patrón), de las cuales 7 BCE se destinaron para el ensayo de resistencia a la compresión ( $f'b$ ) a los 28 días de curado y 3 BCE para el ensayo de absorción (%) y densidad. El resultado de resistencia a la compresión ( $f'b$ ) del BCE con T2: 50%RM es de  $79.43 \text{ kg/cm}^2$  estando dentro de los

datos mínimos requeridos que establece la NTP 399.602; así mismo el porcentaje de absorción del BCE con T2: 50%RM es de 11.537 % la cual cumple con el RNE E.070; y finalmente la densidad del BCE con T2 es de 2091.51 kg/m<sup>3</sup>.

**Soto (2017), en su tesis de investigación titulada “Reaprovechamiento de residuos industriales de la Minería-Metalúrgica y poliestireno expandido, en la elaboración de adoquines para Piso Rímac-2017”** y llevada a cabo en Lima, Perú, se propuso utilizar los residuos industriales de la minería metalúrgica y el poliestireno expandido en la elaboración de adoquines para piso. Se analizaron las características física- químicas del relave, donde se obtuvo concentraciones de metales como: plomo, cadmio, mercurio, arsénico, etc. que sobrepasaron los ECAs del suelo. El pH resultó de 2.7 (ácido), y la humedad de 3.8%. 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, y que fueron llevadas al laboratorio para analizar la resistencia de compresión, donde se obtuvo los resultados de 376 y 340 kg/cm<sup>2</sup>.

## **Locales**

**Villanueva y Posadas (2019) realizaron en Cajamarca (Perú), un trabajo de investigación titulado “Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca”** para proponer reutilizar lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas como materia prima para la elaboración de ladrillos artesanales. Se

realizó la caracterización fisicoquímica del lodo proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas (PTAA) de Minera ubicado en la provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados con los lodos para compararlos con los ladrillos artesanales. El diseño experimental fue un Diseño en Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA), se realizaron seis tratamientos con siete replicas cada tratamiento, de los cuales el tratamiento uno fue a base de lodo y agua; el tratamiento dos, tres, cuatro y cinco fue a base de lodo + arcilla y con diferentes porcentajes de vidrio triturado (8 %, 10 %, 15 % y 20 %) respectivamente y el tratamiento seis a base de lodo + cemento + arena. Al realizar los ensayos de resistencia a la compresión, los mejores resultados fueron del tratamiento seis con el valor de 51.038 kg/cm<sup>2</sup> el cual cumple con los valores esperados de un ladrillo artesanal (39.15 kg/cm<sup>2</sup>) y por la Norma Técnica Peruana E.070 (50 kg/cm<sup>2</sup>), ladrillo industrial Tipo I. Los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 no llegan a cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.070, ni con los valores de un ladrillo artesanal. En conclusión, esta tesis muestra una alternativa económicamente más viable y ambientalmente aceptable para el manejo de lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas ácidas.

**Benites Mostacero y Leiva Cercado (2015), en su tesis de investigación “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 – Septiembre, 2015”**, realizada en Perú, se proponen medir las propiedades geoquímicas y mecánicas del relave minero en la Mina Paredones para su viabilidad de uso como relleno en pasta en minas subterráneas. El

estudio fue enfocado sólo en uno de los 8 tipos de rellenos que existen actualmente: el relleno en pasta. Los análisis geoquímicos del relave minero se realizaron en una empresa especializada (SGS del Perú) y nos arrojó resultados muy bajos de metales valiosos lo que indica que no es económicamente rentable para su reaprovechamiento. Los estudios mecánicos del relave minero se realizaron en el laboratorio de Escuela de Ing. Civil de la UPN. Se pudo cuantificar el factor de resistencia utilizando un diseño de concreto ACI (Instituto Americano del concreto) de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, donde se incluyeron los siguientes parámetros: Volúmenes absolutos de los componentes, la cantidad de cemento utilizado para este diseño fue de 286.73 Kg/cm<sup>2</sup> (18 % de cemento), la cantidad de relave utilizado para este diseño fue de 1019.52 Kg/cm<sup>2</sup> (54 % de relave) y la cantidad de agua utilizada para este diseño fue de 521.17 L/m<sup>3</sup> (28 % de agua); la prueba de Slump, obtenido del diseño de mezcla, dio un resultado de 8.9 cm. (Consistencia plástica), obteniéndose un factor de resistencia promedio, en las seis probetas, de 266.13 Kg/cm<sup>2</sup>, con un curado de 7 días y con una proyección de 380.19 Kg/cm<sup>2</sup> como factor de resistencia de curado a los 28 días, lo que nos indica que el uso de relave como relleno en pasta, es factible.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **Relaves mineros**

Suspensión fina de sólidos (1–600 µm) en líquido, donde el sólido es el mismo material presente *in situ* en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso conformando una pulpa, y posteriormente se desecha en las plantas de



concentración húmeda de especies minerales y estériles; esta material fluctúa en la práctica con una razón aproximada de agua/sólidos que van del orden de 1:1 a 2:1, además, este material residual posee metales disueltos y reactivos del procesamiento del mineral (Ramírez, 2007). En minería, los relaves pueden representar entre el 95 % al 99 % del material triturado (Castro, 2018). Así mismo, Benites Mostacero y Leiva Cercado (2015) afirman que el relave minero es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de tierra, minerales y agua; y que además contienen altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en «tanques o pozas de relaves» donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada.

Rojas y Ventura (2017), definen a los relaves mineros como rocas finamente molidas donde se extraen los minerales deseados, mediante el uso de reactivos químicos. Este residuo está compuesto por 50 % de agua, por lo que su consistencia es acuosa y puede ser transportada a través de cañerías.

Son residuos que se producen a través del proceso para la obtención de los minerales la cual es de naturaleza polimetálico con una cantidad mínima de metales pesados. La composición mineral de estos sólidos sedimentados es muy variada y depende de las características del mineral y de los procesos a que ha sido sometido (Tchernitchin y Herrera, 2006).

Son residuos no valiosos provenientes de la minería y el procesamiento de mineral. Como el material es mayormente fino y húmedo, debe ser almacenado en botaderos de residuos industriales (Romero y Flores, 2010).

Se definen como el deshecho tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales, agua, arena y limo, estos son producidos, transportados y depositados en forma de lodo. (Guía Ambiental para el manejo de residuos sólidos) (Fernández Anaya, 2019).

### ***Tipos de relaves mineros***

Según Rojas y Ventura (2017), los tipos de relaves mineros se pueden clasificar en:

*Depósitos de relaves en pasta:* depósito de relaves que presentan una situación intermedia entre el relave espesado y el relave filtrado. Corresponde a una mezcla de relaves sólidos y agua, entre 10 y 25 % de agua, que contiene partículas finas menores de 20  $\mu$  en una concentración en peso superior al 15 %, muy similar a una pulpa de alta densidad. Su deposición se efectúa en forma similar al relave filtrado, sin necesidad de compactación, poseyendo consistencia coloidal.

*Depósitos de relaves espesados:* es el depósito de relave donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de sedimentación mediante espesadores, eliminándole una parte importante del agua contenida. El depósito de relaves espesados deberá ser construido de tal forma que se impida al relave, fluya a otras áreas distintas a las del emplazamiento determinado y contar con un sistema de piscinas de recuperación del agua remanente.

*Relaves filtrados:* depósito de relaves donde, antes de ser depositados, son sometidos a un proceso de filtración mediante equipos especiales de filtros, donde se asegure que la humedad sea menor a un 20 %. Deberá asegurarse que el relave así depositado no fluya a otras áreas distintas a las del emplazamiento determinado.

Y autores como Castro Arias (2018) adicionan más tipos:

Embalses de relaves: Este tipo de depósito de relaves consiste en construir un muro resistente hecho totalmente de material de empréstito compactado, impermeabilizando el talud interior del muro, y también parte o todo su coronamiento; los relaves se depositan completos en la cubeta sin necesidad de clasificación, pero también deben disponer de un sistema de evacuación de las aguas claras de la laguna que se forma.

Tranques de relaves: Un tranque de relaves está formado por un muro de contención y una cubeta, en esta última, los sólidos finos sedimentan formando en la superficie una laguna de aguas claras. Esta opción corresponde a tratar los relaves provenientes de la planta de manera de separar la fracción gruesa (arenas de relaves) de la fracción fina (lamas), para poder utilizar la primera como material de construcción del muro perimetral y descargar la segunda a la cubeta.

### **Impacto de los relaves mineros**

Impacto económico: Se refiere a las consecuencias negativas de los relaves y pasivos ambientales en las actividades económicas y productivas de las comunidades cercanas a las zonas críticas (Cruzado y Bravo, 2010).

Impacto social: Se refieren a los efectos que los relaves originan en los modos de vida de las poblaciones humanas, así como en sus condiciones sociales. El caso más palpable tiene que ver con los impactos registrados en la salud de las personas (Cruzado y Bravo, 2010).

Impacto ambiental: Se provocan en los entornos donde se depositan y confinan el relave minero, lo cual, al hacerse sin las precauciones técnicas recomendadas, puede provocar daños en cuerpos acuíferos, suelos y atmósfera. Tal vez lo más evidente de

estos impactos tiene que ver con la degradación del paisaje que origina el relave, el cual, tras su acumulación, desaparece las coberturas vegetales, deseca lagunas y crea montículos, que, al crecer, conforman colinas que modifican el relieve de un territorio. Sin embargo, los impactos no se limitan a los aspectos físicos del entorno ambiental: sus efectos se extienden hacia las dimensiones químicas de los ecosistemas, con lo cual los recursos naturales se degradan para luego desaparecer, lo más posible de veces (Cruzado y Bravo, 2010).

### **Propiedades mecánicas de los ladrillos**

La resistencia a la compresión axial se determina mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el muro, según NTP 399.604 (2002). Se debe realizar el enrasado de la cara en contacto con la cabeza de la compresora, para garantizar una distribución uniforme de la fuerza (Rojas y Ventura, 2017). Se considera que la resistencia mínima a la compresión, en  $\text{kg/cm}^2$  (respecto al área bruta promedio) debe ser de 70, como promedio de 3 unidades; y de 60, como promedio individual (NTP 399.602, 2002).

Para efectos del diseño estructural, la resistencia de las unidades de albañilería tendrá las siguientes características, indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2.

*Características de unidad de albañilería para fines estructurales.*

<b>Clase</b>	<b>Resistencia a Compresión <math>f'_b</math> mínimo en Mpa (kg/cm<sup>2</sup>) sobre área bruta</b>
Ladrillo I	4.9 (50)
Ladrillo II	6.9 (70)
Ladrillo III	9.3 (95)
Ladrillo IV	12.7 (130)
Ladrillo V	17.6 (180)
Bloque P	4.9 (50)
Bloque NP	2.0 (20)

*Fuente:* Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Compresión:** La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los bloques de concreto y consiste en resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo (Rojas y Ventura, 2017).

**Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, cada cantidad se obtiene en el diseño de mezclas elaborado (Rojas y Ventura, 2017).

**Ladrillo:** Se denomina ladrillo aquella unidad cuya dimensión y peso permiten que sea manipulado con una sola mano (Rojas y Ventura, 2017).

**Lodo neutro:** Es la fase sólida, producto de la separación de los relaves mineros, en dos fases, sólida y líquida y neutralizada con óxido de calcio y floculante (Rivva, 2013).

**Relave Minero:** Son desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales, agua y rocas, la cantidad de relave a utilizar depende de la dosificación del agregado fino (Rivva, 2013).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación corresponde a una de tipo experimental, dado que se estudiará el posible efecto en una variable dependiente, a partir de una variable independiente.

### **3.2. Lugar y período experimental:**

Las muestras de lodo de relave minero fueron traídos desde la Minera, ubicada en el distrito de Pulán, Santa Cruz, Cajamarca. El ladrillo fue elaborado en una fábrica artesanal, ubicada en el C.P. de Cerrillo, Otuzco, Cajamarca. Cabe mencionar que la ejecución de este trabajo contó con la aprobación del Jefe de Planta de Unidad Minera. El período experimental fue de 3 meses, desde agosto hasta octubre del 2020.

### **3.3. Unidad de análisis**

Cada ladrillo fabricado con el relave y el aglomerante.

### **3.4. Muestra**

Diez ladrillos utilizados en el experimento.

### **3.5. Universo**

Todos los ladrillos que se puedan fabricar con este tipo de relave.

### 3.6. Técnica de análisis de datos

El DCA presentó el siguiente modelo experimental:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad \text{con } i = 1, 2, 3, \dots, 10; \quad j = 1, 2, 3.$$

Donde:

$Y_{ij}$ : respuesta al  $i$ -ésimo nivel del factor “Dosificación” y  $j$ -ésimo nivel de factor “Tiempo de curado”.

$\mu$ : es la media general.

$\alpha_i$ : efecto que produce el  $i$ -ésimo nivel del factor “Dosificación”.

$\beta_j$ : efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor “Tiempo de curado”.

$\varepsilon_{ij}$ : error aleatorio asociado a la observación  $ij$ -ésima.

### 3.7. Material experimental

#### *Material físico*

- Lodo neutralizado de relave minero.
- Cemento

### 3.8. Metodología

#### *Recolección y transporte de lodo neutralizado:*

1. En el área de descarga del filtro prensa, se tomaron muestras de lodo, con palanas, y fueron vertidas en un costal.
2. Los sacos fueron transportados al punto de avanzada (campamento), en los camiones transportadores de material de voladura.



3. Desde este punto, fueron trasladados en vehículo particular, hacia la ciudad de Cajamarca.
4. Posteriormente, las muestras fueron llevadas a la fábrica de elaboración de ladrillos, ubicados en la ciudad de Otuzco.
5. Finalmente, una vez elaborados los ladrillos, fueron enviados al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto Kaolín Ingenieros S.A.C., ubicado en Jr. Paraíso N° 120, frente al restaurante “El Tiesto”.

### **3.9. Indicadores a medir:**

*Nivel de compresión (Resistencia en  $kg/m^2$ ).*

El nivel de compresión fue dado por el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto Kaolín Ingenieros S.A.C.

### **3.10. Diseño experimental**

Se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un diseño DCA – bifactorial (dosificación y tiempos de curado), con diez dosificaciones de aglomerantes (D) y tres tiempos de curados del ladrillo (T) y una repetición por tratamiento (figura 1). Se realizó un análisis de varianza para encontrar diferencia significativa, con  $p \leq 0.05$ , a través de la prueba de Tukey, para la comparación de medias.

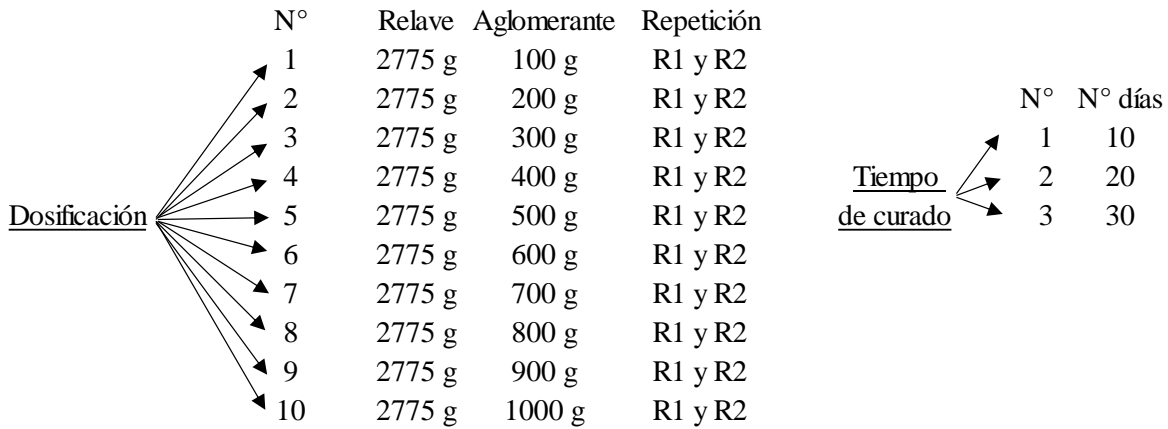


Figura 1. Diseño experimental del estudio.

El modelo para este experimento fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; \quad \text{con } i = 1, 2, 3, \dots, 10; \quad j = 1, 2, 3.$$

Donde:

$Y_{ij}$ : respuesta al  $i$ -ésimo nivel del factor “Dosificación” y  $j$ -ésimo nivel de factor “Tiempo de curado”.

$\mu$ : es la media general.

$\alpha_i$ : efecto que produce el  $i$ -ésimo nivel del factor “Dosificación”.

$\beta_j$ : efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor “Tiempo de curado”.

$\varepsilon_{ij}$ : error aleatorio asociado a la observación  $ij$ -ésima.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Presentación e interpretación de los resultados

*Nivel de compresión (Resistencia en kg/m<sup>2</sup>).*

*Variable Dosificación*

Para esta variable, se encontraron diferencias significativas entre los diez tipos de dosificación utilizados ( $p$ -valor $<0.0001$ ). Como se ve en la tabla 3 y en la figura 2, la dosificación 10 (2775 g de relave y 1000 g de aglomerante) presentó la mayor resistencia (23 kg/cm<sup>2</sup>) y la dosificación 1 (2775 g de relave y 100 g de aglomerante), la menor (1 kg/cm<sup>2</sup>).

Tabla 3.

*Promedios de Resistencia (kg/m<sup>2</sup>) para cada una de las Dosificaciones utilizadas para la fabricación de los ladrillos.*

<b>Dosificación</b>	<b>Resistencia (kg/cm2)</b>
1	1.0 <i>e</i>
2	2.0 <i>de</i>
3	3.3 <i>de</i>
4	4.3 <i>de</i>
5	7.0 <i>de</i>
6	8.3 <i>cd</i>
7	14.3 <i>bc</i>
8	16.0 <i>ab</i>
9	20.0 <i>ab</i>
10	23.0 <i>a</i>
E.E.*	1.41
C.V.**	24.59
p - valor***	< 0.0001
D.M.S.****	7.1508

\* Error experimental

\*\* Coeficiente de variabilidad

\*\*\* p - valor  $\leq 0.05$  (letras distintas expresan diferencias entre filas).

\*\*\*\* Diferencia Mínima Significativa.

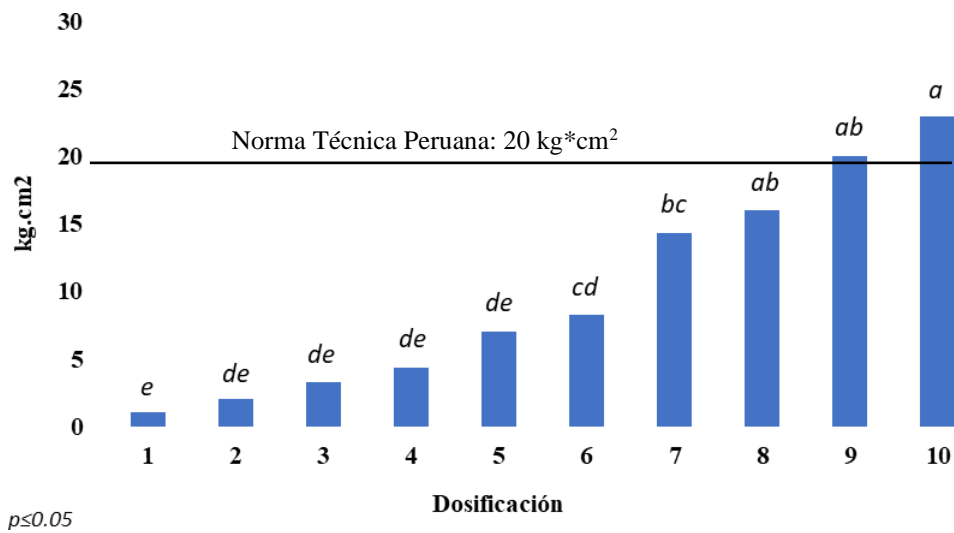


Figura 2. Promedios de resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) presentados para cada una de las dosificaciones y días de curado utilizados, en la fabricación de los ladrillos.

Así mismo, la figura 3 nos permite ver que, en todos los períodos de curado, el incremento de la resistencia se presentó de forma gradual, aumentando con el tipo de dosificación utilizado.

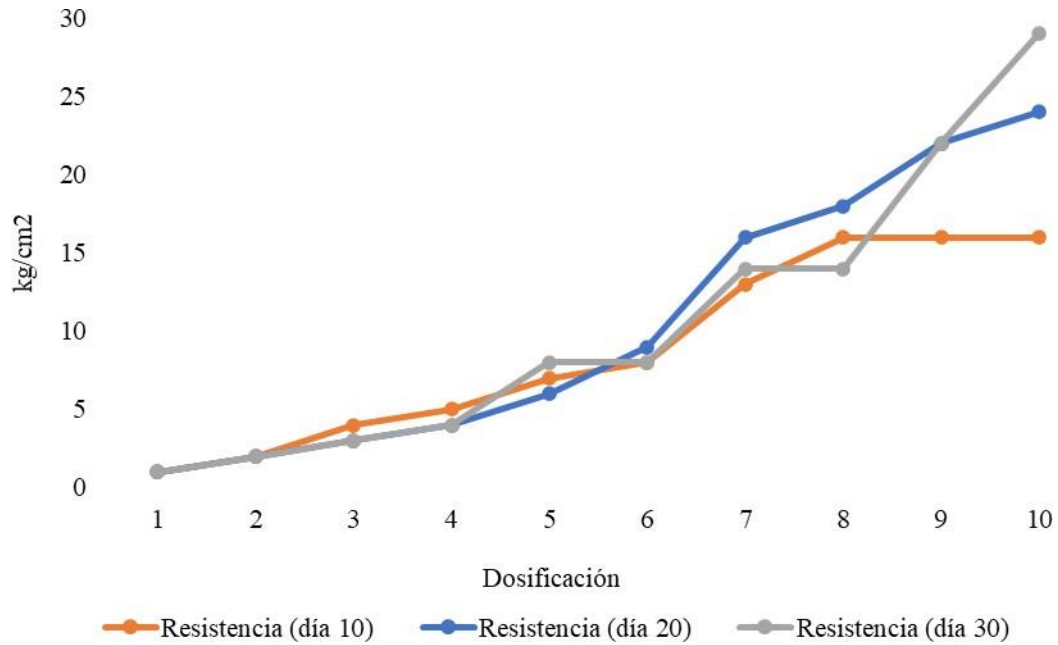


Figura 3. Promedios de resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ ) presentados para cada una de las dosificaciones y días de curado utilizados, en la fabricación de los ladrillos.

*Variable Tiempo de curado*

Esta variable no presentó diferencias significativas entre los tres períodos de curado utilizados ( $p\text{-valor}=0.2265$ ). La tabla 4 deja ver que el menor tiempo de curado (10 días) presentó la menor resistencia, sin embargo, como ya se mencionó, esta diferencia no llegó a ser significativa.

Tabla 4.

*Promedios de Resistencia (kg/m<sup>2</sup>) para cada una de los Días de curado utilizados para la fabricación de los ladrillos.*

Días de curado	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
10	8.8
20	10.5
30	10.5
E.E.*	0.77
C.V.**	24.59
p - valor***	0.2265
D.M.S.****	2.7880

\* Error experimental

\*\* Coeficiente de variabilidad

\*\*\* p - valor  $\leq 0.05$  (letras distintas expresan diferencias entre filas).

\*\*\*\* Diferencia Mínima Significativa.

Podemos mencionar entonces, que, dado la perspectiva dada por los resultados obtenidos, se puede afirmar que la propuesta de elaborar ladrillos con relave minero, tiene sustento y puede ser aplicada con garantía de resultados eficientes.

### **Evaluación de la resistencia, con respecto a la Norma Técnica**

El rango para la resistencia a la compresión, exigido, por el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070) va desde 20 kg/cm<sup>2</sup> hasta 180 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo del objetivo estructural del producto final (tabla 2). Para el caso del Bloque NP (utilizado en los muros no portantes), es de 20 kg/cm<sup>2</sup> y fueron las dosificaciones más altas de aglomerante, las que pudieron llegar a este nivel de compresión (figura 2). Como podemos ver en la tabla 3, el nivel de dosificación 9 (2775 g de relave y 900 de aglomerante) obtuvo una resistencia a la compresión de 20 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el nivel de dosificación 10 (2775 g de relave y

1000 g de aglomerante) obtuvo una resistencia a la compresión de 23 kg/cm<sup>2</sup>. Es decir, se recomienda utilizar estas dosificaciones para llegar al cumplimiento de la norma, para el caso de un Bloque NP.

### **Propuesta ambiental**

Como pudimos observar, la mayor dosificación de aglomerante permitió mayor resistencia a la compresión (figura 2). Esto nos permite manejar la propuesta de utilizar el barro de relave minero, como aglomerante para la fabricación de ladrillos de construcción, dado que su producción es permanente y es un producto accesible, considerando los permisos respectivos.

## **4.2. Discusión de los resultados**

La discusión se realizará, especialmente, en base a la variable Dosificación, dado que fue en ésta donde se encontraron diferencias significativas.

Como se pudo demostrar previamente, se encontró que la mayor aplicación de aglomerante implicaba una mayor resistencia a la compresión por parte del ladrillo. Probablemente, el aglomerante permitiría una mayor unión de las partículas y consecuentemente, mayor consistencia y solidez del producto final (ladrillo).

Nuestros resultados concuerdan con los de Benites y Leiva (2015), quien obtuvo valores de hasta 289 kg/cm<sup>2</sup> cuando utilizó más cemento, como aglomerante. Este



valor, que es mayor a nuestro mayor valor de resistencia ( $23 \text{ kg/cm}^2$ ) pudo deberse al tamaño de los ladrillos producidos, que, en el caso del autor en mención, fue mayor. Así mismo, este autor también obtuvo mayores valores de resistencia al aumentar el tiempo de curado ( $38 \text{ kg/cm}^2$ ) a los 28 días de curado. Como mencionamos previamente, si bien no obtuvimos una diferencia significativa, el comportamiento de la resistencia obtenida en este experimento, mostró aumentar cuando los días de curado fueron mayores.

Fernández (2019) también obtuvo resultados similares a los nuestros, reportando mayores resistencias ( $169.81 \text{ kg/cm}^2$ ) cuando la sustitución de aglomerante (cemento) por relave minero, es mínima. Por el contrario, a mayores porcentajes de sustitución, la resistencia disminuyó significativamente ( $51.06 \text{ kg/cm}^2$ ). También, para el mismo autor, la resistencia aumentó, de  $39.97 \text{ kg/cm}^2$  (a los 7 días de curado), a  $51.06 \text{ kg/cm}^2$  (a los 28 días).

Finalmente, los resultados obtenidos por Silvana Flores et al. (2019), coinciden con los nuestros, al obtener mayor resistencia con un mayor uso de aglomerante en la mezcla y, con el mayor tiempo de curado (7 días:  $148.07 \text{ kg/cm}^2$ ; 14 días:  $270 \text{ kg/cm}^2$ ; 28 días:  $399 \text{ kg/cm}^2$ ).

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se determinó que mientras más aglomerante se utilizaba, el ladrillo presentaba mayor resistencia a la compresión; por lo que la dosificación del aglomerante utilizado sí afecta a la resistencia del ladrillo.
  
- El tiempo de curado (10, 20 y 30 días) no afectó la resistencia a la compresión del ladrillo fabricado a partir del relave minero, dado que no se encontraron diferencias significativas entre éstos.
  
- Las dosificaciones donde se utilizó mayor cantidad de aglomerante (900 g y 1000 g), permitieron la elaboración de ladrillos que cumplían con la normativa nacional, para la elaboración de Bloque NP (Bloques no portantes), con resistencias a la compresión que sobrepasaban los 20 kg/cm<sup>2</sup>.
  
- Por los resultados obtenidos en cuanto a la dosificación utilizada, se refuerza la utilización de este material como una propuesta ambiental válida y eficiente.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que las futuras investigaciones en el tema, puedan analizar la resistencia por debajo de los 2775 g de relave y por encima de los 1000 g de aglomerante, para descubrir si la resistencia sigue aumentando, bajo las cantidades mencionadas.
- Se recomienda que las futuras investigaciones en el tema, puedan analizar la resistencia considerando mayores intervalos entre días de curado, con la finalidad de poder descubrir efecto de esta variable.
- Se recomienda, en futuras investigaciones, considerar mayor cantidad de repeticiones en el experimento, para poder disminuir el error experimental.
- Se recomienda, en lo posible, que, en futuras investigaciones, las universidades realicen convenios o cartas de entendimiento con las instituciones mineras, dado que esto facilitaría de que el material de estudio (barro de relave) sea más accesible por parte del tesista.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anicama, A. (2018). *Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicos (tesis de titulación)*. Pontificia Universidad Católica, Perú.
2. Benites Mostacero, R. H., & Leiva Cercado, Y. (2015). *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*.
3. Cárdenas, F. J. (2019). *Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería-caso ex unidad minera Mercedes 3* (Tesis de grado, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas). Lima, Perú.
4. Castro Arias, M. (2018). *Nuevas tecnologías para el uso y disposición de relaves mineros aplicados a CODELCO, División El Teniente* (Doctoral dissertation, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil).
5. Cruzado, E., y Bravo, F. (2010). *Impacto de los relaves mineros en el Perú*. Lima: DIDP.
6. Fernandez Anaya, M. D. R. (2019). *Resistencia mecánica de un concreto  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del 50% de cemento por relave minero, Distrito de Jangas, Huaraz-Ancash*.
7. Flores, S., Nuñez, P., Zegarra, E., & Flores, J. (2019). *Metodología de tratamiento de remediación de pasivos ambientales mineros de Cerro El Toro de Huamachuco para el desarrollo sostenible*. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 22(44), 85-94.
8. INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Principales indicadores del sector Minería e Hidrocarburos*. Lima, Perú.
9. INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*.

10. Melgarejo, Y. J. (2018). *Resistencia del concreto  $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí* (Tesis de grado, Universidad San Pedro). Huaraz, Perú.
11. MINEM (2020). *La minería peruana en modo COVID – 19. Actualización estadística a marzo de 2020*. Boletín Estadístico Minero N° 03 – 2020.
12. Namuche, F. G. (2018). *Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017* (Tesis de grado, Universidad San Pedro). Chimbote, Perú.
13. NTP 399.602. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos*. Lima, Perú: INDECOPI.
14. NTP 399.604. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Lima, Perú: INDECOPI.
15. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Norma E.070. Albañilería*, Lima, Perú: Macro.
16. Rivva, L. (2013). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Extraído de: <https://dokumen.tips/documents/concrete-materials-naturaleza-y-materiales-del-concreto-56c34a6eca1d5.html>
17. Rojas, L. E., & Ventura, L. E. (2017). *Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica). Huancavelica, Perú.
18. Romero, A., y Flores, S. (2010). *Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas*. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, 75-82.
19. Soto, E. A. (2017). *Reaprovechamiento de residuos industriales de la Minería-Metalúrgica y poliestireno expandido, en la elaboración de adoquines para Piso Rímac-2017* (Tesis de grado, Universidad César Vallejo). Lima, Perú.

20. Suárez, A. Z. (2018). *Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid). Madrid, España.
21. Tchernitchin, A., y Herrera, L. (2006). *Relaves mineros y sus efectos en salud, medio ambiente y desarrollo económico. Ejemplo de relave en el valle de Chacabuco-Polpaico*. Cuad Med Soc, 22-43.
22. Villanueva, C. & Posadas, W. A. (2019). *Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca* (Tesis de grado, Universidad Privada del Norte). Lima, Perú.

## ANEXOS

Anexo 1. ANOVA realizado a las variables Dosificación y Días de curado.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Resist. Prom. Kg.cm2	30	0.94	0.90	24.59

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1690.47	11	153.68	25.76	<0.0001
Dosificación	1671.20	9	185.69	31.12	<0.0001
Días_curado	19.27	2	9.63	1.61	0.2265
Error	107.40	18	5.97		
Total	1797.87	29			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.15083

Error: 5.9667 gl: 18

Dosificación	Medias	n	E.E.					
10	23.00	3	1.41	A				
9	20.00	3	1.41	A	B			
8	16.00	3	1.41	A	B			
7	14.33	3	1.41		B	C		
6	8.33	3	1.41			C	D	
5	7.00	3	1.41				D	E
4	4.33	3	1.41				D	E
3	3.33	3	1.41				D	E
2	2.00	3	1.41				D	E
1	1.00	3	1.41					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.78798

Error: 5.9667 gl: 18

Días curado	Medias	n	E.E.	
30	10.50	10	0.77	A
20	10.50	10	0.77	A
10	8.80	10	0.77	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 2. Datos utilizados en el análisis de varianza (ANOVA)



<b>Dosificación</b>	<b>Relave_g</b>	<b>Aglomerante_g</b>	<b>Días_curado</b>	<b>Repetición</b>	<b>Resist. Prom._Kg.cm2</b>
<b>1</b>	3200	100	10	R1	0.9
<b>1</b>	3200	100	10	R2	1.1
<b>2</b>	3100	200	10	R1	2.0
<b>2</b>	3100	200	10	R2	2.0
<b>3</b>	3000	300	10	R1	3.5
<b>3</b>	3000	300	10	R2	4.5
<b>4</b>	2900	400	10	R1	4.7
<b>4</b>	2900	400	10	R2	5.3
<b>5</b>	2800	500	10	R1	6.8
<b>5</b>	2800	500	10	R2	7.2
<b>6</b>	2700	600	10	R1	7.6
<b>6</b>	2700	600	10	R2	8.4
<b>7</b>	2600	700	10	R1	12.0
<b>7</b>	2600	700	10	R2	14.0
<b>8</b>	2500	800	10	R1	15.0
<b>8</b>	2500	800	10	R2	17.0
<b>9</b>	2400	900	10	R1	15.5
<b>9</b>	2400	900	10	R2	16.5
<b>10</b>	2300	1000	10	R1	15.4
<b>10</b>	2300	1000	10	R2	16.6
<b>1</b>	3200	100	20	R1	1.0
<b>1</b>	3200	100	20	R2	1.0
<b>2</b>	3100	200	20	R1	1.5
<b>2</b>	3100	200	20	R2	2.5
<b>3</b>	3000	300	20	R1	3.6
<b>3</b>	3000	300	20	R2	2.4
<b>4</b>	2900	400	20	R1	4.0
<b>4</b>	2900	400	20	R2	4.0
<b>5</b>	2800	500	20	R1	7.0
<b>5</b>	2800	500	20	R2	5.0
<b>6</b>	2700	600	20	R1	9.0
<b>6</b>	2700	600	20	R2	9.0
<b>7</b>	2600	700	20	R1	17.0
<b>7</b>	2600	700	20	R2	15.0
<b>8</b>	2500	800	20	R1	18.5
<b>8</b>	2500	800	20	R2	17.5
<b>9</b>	2400	900	20	R1	23.0
<b>9</b>	2400	900	20	R2	21.0
<b>10</b>	2300	1000	20	R1	26.0
<b>10</b>	2300	1000	20	R2	22.0
<b>1</b>	3200	100	30	R1	1.2
<b>1</b>	3200	100	30	R2	0.8
<b>2</b>	3100	200	30	R1	2.2
<b>2</b>	3100	200	30	R2	1.8
<b>3</b>	3000	300	30	R1	3.9
<b>3</b>	3000	300	30	R2	2.1
<b>4</b>	2900	400	30	R1	4.0
<b>4</b>	2900	400	30	R2	4.0
<b>5</b>	2800	500	30	R1	8.0
<b>5</b>	2800	500	30	R2	8.0
<b>6</b>	2700	600	30	R1	9.0
<b>6</b>	2700	600	30	R2	7.0
<b>7</b>	2600	700	30	R1	14.9
<b>7</b>	2600	700	30	R2	13.1
<b>8</b>	2500	800	30	R1	14.5
<b>8</b>	2500	800	30	R2	13.5
<b>9</b>	2400	900	30	R1	23.0
<b>9</b>	2400	900	30	R2	21.0
<b>10</b>	2300	1000	30	R1	29.0
<b>10</b>	2300	1000	30	R2	29.0

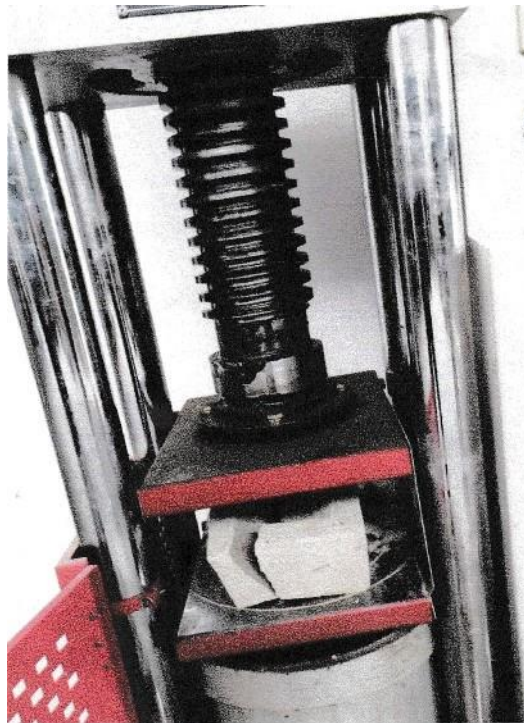
Anexo 3. Resultados del análisis del laboratorio para medir la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados.



ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

*ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
couceero*

***ROMPIMIENTO DE ESPECIMENES DE LADRILLO***



UBJGACION GEOGRAF-ICT:

DEPARTAMENTO.

CAJAMARCA

DISTRITO .

CAJAMARCA

CAJAMARCA, OCTUBRE 2020

SOLICITANTE: WALTER ALFERDO SANGAY ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS



## KAOLYN INGENIEROS SAC

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES

NORMA ASTM C - 39

Nro de Revisidn

5

Fecha de Revisidn:

01-Oct-20

Codigo.1

KISAC-2020-F-10

Página 1 de 2

TESIS.

"EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION

CAJAMARCA - CAJAIVIARC A

CLIENTE.

WALTER ALFERDO SANGAY ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	EDAD	FECHA DE	CARGA	AREA	RESIS y.	RESIST. PROM.	RESIST. DISEÑO	RESISTENCIA	"P
			(dias)	ROTURA	(Kg.)	(cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	!%!	Ro7URA	
1	LADRILLO 1A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	163	300.57	1	1	50	1%	
2	LADRILLO 2A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	632	300.30	2	2	50	4%	
3	LADRILLO 3A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	1290	303.92	4	4	50	8%	
4	LADRILLO 4A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	1571	303.92	5	5	50	10%	
5	LADRILLO 5A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	2037	306.70	7	7	50	14%	

**OBSERVATION:** Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC, por el cliente.



KAOLYN INGENIEROS SAC

Ing. Lilian R. Villarreal Bazen  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



## KAOLYN INGENIEROS SAC

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES

#### NORM» AsrM c - ss

Nro de Revisiân 5 Fecha de Revisidn. 01-Oct-20 Codigo. KISAC-2020-F-11 Pàgina 2 de 2

TESIS. "EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PAHTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION CAJAMA RCA - CAJAMARCA

CLIENTE. WALTER ALFERDO SANGA Y ALCALDF. - GUSTA VO ALEXIS BRIONES RODAS

N°	DES CRIPCION	FECHA DE MOLDEO	EDAD	FECHA DE	CARGA	AREA	RESIST.	RESIST. PROM.	RESIST. DISENO	RESISTENCIA	TIPO
			(dias)	ROTURA	(Kg)	( )	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	[Kg/cm2)	f%)	norurt
6	LADRILLO 6A	13/10/2020	10.00	23/J0/2020	2306	301.46	8	8	50	15%	
7	LADRILLO 7A	13/10/2020	10.00	23/70/2020	3805	301.46	13	13	50	25%	
8	LADRILLO 8A	13/10/2020	10.00	23/10/2020	4706	299.00	16	16	50	31%	
9	LADRILLO 9A	NJ/J0/2020	10.00	23/10/2020	1106	303.92	4	4	50	7%»	
70	LADRILLO 10A	3/J 0/2020	10.00	23/J0/2020	4963	301.60	16	16	50	33%	

**OBSERVACION:** Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC, por el cliente.



KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazar  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES

NORMA ASTM C - 39

Nro de Revision

5

Fecha de Revisión

01-Nov-20

Código

KISAC-2020-F-10

Página 1 de 2

TESIS.

"EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION

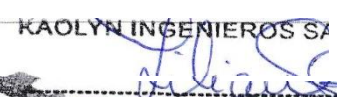
C4JA/UA/ CA - CAJAMARCA

CLIENTE

WALTER ALFERDO SANGA Y ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS

N°	OESCR/PC/dV	FECHA DE MOLDEO	EDAD	FECHA OE	CARGA	AREA	RESIST.	RESIST. PROM.	RESIST. DISEÑO	RESISTENCIA	"P
			(días)	RoruR»	(Kg.)	( )	(Kg/cm2/	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	%	aoruR»
1	LADRILLO 1B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	16'3	298.68	1	1	50	1%	
2	LADRILLO 2B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	696	298. L'8	2	2	50	5%	
3	LADRILLO 3B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	760	2g7.37	3	3	50	5%	
4	LADRILLO 4B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	1286	300. 15	4	4	50	9%	
5	LADRILLO 5B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	1 783	301.30	6	6	50	12%	

OBSERVATION: Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC por el cliente.

KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazar  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



## KAOLYN INGENIEROS SAC

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES

NORMA ASTM C - 39

Nro de Revisión

5

Fecha de Rev/sidn.

01-Oct-20

Código.

KISAC-2020-F-11

Página 2 de 2

TESIS.

"EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION


CAJAMARCA - CAJAMARCA

CLIENTE

WALTER ALFERDO SANGA Y ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS

N°	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	EDAD	FECHA DE	CARGA	AREA	RESIST.	RESIST. PROM.	RESIST. DISEÑO	nesisreuci	TIPO
			(días)	ROTURA			(Kg.)	(+*)	(Kg/cm2/		(Kg/cm2)
6	LADRILLO 6B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	2524	295.41	9	9	50	17%	
7	LADRILLO 7B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	4668	297.70	16	16	50	31%	
8	LADRILLO 8B	13/10/2020	20. P0	02/11/2020	5559	302.61	18	18	50	37%	
9	LADRILLO 9B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	6605	303.77	22	22	50	43%	
10	LADRILLO 10B	13/10/2020	20.00	02/11/2020	7298	307.56	24	24	50	47%	

OBSERVATION: Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC. por el cliente. \_

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



## KAOLYN INGENIEROS SAC

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES

NORMA ASTM C - 39

Nro de Revisi�n	5	Fecha de Revisi�n.	01-Nov-20	Codigo. 1	KISAC-2020-F-10	P�gina 1 de 2
-----------------	---	--------------------	-----------	-----------	-----------------	---------------

TESIS. "EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION : CAJAMARCA - CAJAMARCA

CLIENTE . WALTER ALFERDO SANGA Y ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS

N�	DESCRIPTION	FECHA DE MOLDEO	EDAD	F-ECHA DE	CARGA	AREA	RESIST.	RESIST. PROM.	RESIST. DISENO	RESISTENCIA	TIPO
			(días)	ROTURA	(Kg.)	(cmm)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	!% �	ROTURA
1	LADRILLO 1C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	278	333.20	1	1	50	2%	
2	LADRILLO 2C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	491	300.30	2	2	50	y%	
3	LADRILLO 3C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	928	295.41	3	3	50	6%	
4	LADRILLO 4C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	1261	297.9g	4	4	50	8%	
5	LADRILLO 5C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	22J9	294.12	8	8	50	15%	

OBSERVATION: Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC, por el cliente.

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722





**PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES**

**NORMA ASTM C - 39**

Nro de Revision	5	Fecha de Revisión.	01-Oct-20	Código.	KISAC-2020-F-11	Página 2 de 2
-----------------	---	--------------------	-----------	---------	-----------------	---------------


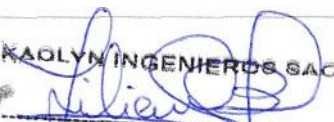
TESIS. "EFECTO DE LA DOSIFICACION DEL AGLOMERANTE Y DEL TIEMPO DE CURADO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO FABRICADO A PARTIR DE RELAVES MINEROS DEL DISTRITO DE PULAN, SANTA CRUZ-CAJAMARCA 2020"

UBICACION CAJAMARCA - CAJAMARCA

CLIENTE: WAI.TEP ALFERDO SANGAY ALCALDE - GUSTAVO ALEXIS BRIONES RODAS

N°	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	EDAD	FECHA DE	CARGA	AREA	RESIST.	RESIST.	RESIST.	RESISTENCIA	TIPO
			(dias)	ROTURA	(Kg.)	( $\Lambda^*$ )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	PROM. fKg/cm <sup>2</sup> )	DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	ROTURA
6	LADRILLO 6C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	2280	295.41	8	8	50	15%	-
7	LADRILLO 7C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	430Z	297.70	14	14	50	29%	-
6	LADRILLO 8C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	4248	302.61	14	14	50	28%	-
9	LADRILLO 9C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	6732	303.77	22	22	50	44%	-
10	LADRILLO 10C	13/10/2020	30.00	12/11/2020	g0s0	307.56	29	29	50	59%	-

OBSERVACION: Los testigos han sido ingresados al Laboratorio de KAOLYN INGENIEROS SAC, por el cliente


  
**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
  
 Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
 ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP: 116722

Anexo 3. Galería de fotos.



Figura 1: Relave chancado



Figura 2: Relave y cemento



Figura 3: Agregado de agua a la mezcla



Figura 4: Homogenización de la mezcla





Figura 5: Molde para el ladrillo



Figura 6: Agregado de la mezcla al molde



Figura 7: Ladrillos frescos



Figura 8: Ladrillos terminados



Figura 9: Ladrillos de 10 días de tiempo de curado



Figura 10: ladrillos de 20 días de tiempo de curado



Figura 11: Ladrillos de 30 días de tiempo de curado





Figura 12: Ladrillo en la prensa



Figura 13: Ruptura del ladrillo por presión



Figura 14: ladrillo quebrado 1



Figura 15: Ladrillo quebrado 2