

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



**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ROCA SEDIMENTARIA  
PROCEDENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS QUE  
MEJORE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS  
ESTABILIZADOS.**

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

**AUTOR (ES)**

Br. Ramos Reyes, Herry Miguel

Br. Sanchez Gonzales, Tirza Sofia

**ASESOR**

Mg. Alva Reyes Luis Alberto

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Vivienda, saneamiento y transporte

**TRUJILLO- PERÚ**

2022

# DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ROCA SEDIMENTARIA PROCEDENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS QUE MEJORE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS ESTABILIZADOS.

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>www.uct.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>jsvsl.wikispaces.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**  
Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

**Dr. Luis Miranda Díaz**  
Rector

**Dra. Silvia Valverde Zavaleta**  
Vicerrectora Académica

**Dr. Francisco Espinoza Polo**  
Vicerrector de Investigación

**Mg. Breitner Díaz Rodríguez**  
Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri**  
Gerente de Desarrollo Institucional

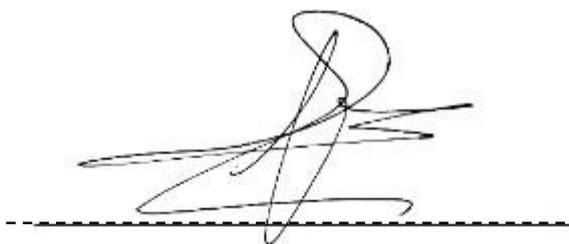
**Lic. Alejandro García Flores**  
Gerente de Administración y Finanzas

**Dra. Teresa Reátegui Marín**  
Secretario General

## **APROBACION DEL ASESOR**

Yo Mg. Luis Alberto Alva Reyes con DNI N° 42013371 como asesor del trabajo de investigación “Determinación del tipo de roca sedimentaria procedentes de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados”. Desarrollada por los bachilleres Ramos Reyes, Herry Miguel y Sanchez Gonzales, Tirza Sofia DNI N°71248759 y DNI N°70250618 respectivamente, egresados del Programa Profesional de Ingeniería de Minas, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

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

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal dashed line.

Mg. Luis Alberto Alva Reyes

**ASESOR**

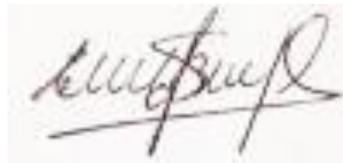
**PAGINA DE JURADO**



---

Mg. John Piter Bejarano Guevara

**PRESIDENTE**



---

Mg. Estuardo Bravo Asanza

**SECRETARIO**



---

Mg. Luis Alberto Alva Reyes

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

*El cual esta como forjador de mi camino, el que está siempre en momentos inciertos los cuales afronto con firmeza y optimismo, me ayuda en mis tropiezos, alegrías, tristezas y sin fin de emociones. Por contar contigo siempre en mi trayectoria de sacrificios que un me falta lograr y sé que contigo los he de lograr.*

### ***A mis padres***

*Ustedes siempre han sido y serán el motor que impulsa mis sueños y esperanza, quienes estuvieron siempre a mi lada, a pesar de no siempre estar cerca, siempre estás de guías de vida. Hoy que concluyó uno de mis objetivos, les dedicó a ustedes este logro amados padres María y Martin, como una meta más conquistada. Orgulloso de haberlos elegido mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante, “Gracias por ser quienes son y por creer en mí”.*

### ***A mi familia***

*Por sus consejos y palabras de aliento los cuales me ayudaron crecer como persona, a mis hermanos, por su apoyo, confianza y comprensión. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiantes. Por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.*

### ***A mis amigos***

*Compañeros de viaje, hoy ya colegas, una ventura que no puedo dejar de recordar cuantas tardes, noches y madrugadas de trabajo pasamos en lo largo de nuestra formación. Hoy al cerrar un capítulo maravilloso de mí historia de vida, no puedo dejar de agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, John, Jorge, Sofía, Liana, Devora, María, y Julisa gracias por estar siempre allí.*

***Herry Miguel Ramos Reyes***

***Autor***

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios.***

*Por brindarme siempre su apoyo y guiarme por un buen camino, camino en el cual tuve que ir aprendiendo de mis errores, gracias por darme perseverancia, paciencia y sabiduría para culminar mi carrera universitaria y seguir permitiéndome crecer profesionalmente y ser de mí una mejor persona con virtudes y valores.*

### ***A mis Padres.***

*Dedico mi tesis a lo más valioso que tengo, mis padres, las dos personas más importantes en mi vida, mi madre Isabel y mi padre Ricardo, que siempre estuvieron ahí para mí, brindándome siempre su apoyo y motivación para seguir adelante con mis metas, gracias a sus consejos y esfuerzo que ambos hicieron para apoyarme en mi carrera, hicieron de mí una mejor persona, lo cual valoro demasiado.*

### ***A mis hermanos.***

*Ellos también fueron mi motivo para seguir avanzando en mi carrera, debido a sus palabras de aliento, me motivaron a culminar mi vida universitaria con éxito, también me apoyaron en pequeñas cosas, que para mí fueron lo más grande y valioso que pudieron hacer por mí. Por ello también dedico mi tesis a mis hermanos a quienes Amo y hacen de mi vida algo maravilloso.*

***Sanchez Gonzales Tirza Sofia***

***Autor***

## **AGRADECIMIENTO**

*Gracias a Dios, por habernos dado la vida, acompañando nuestro largo camino profesional, por nuestra luz en el camino, por darnos la sabiduría y fortaleza para alcanzar nuestros objetivos.*

*A nuestros padres por fórjanos como las personas que somos ahora, muchos de nuestros logros se los debemos a ustedes entre los que se incluye el presente. Nos formaron con reglas, compromisos y objetivos, pero siempre con la perseverancia y motivación constante de alcanzar nuestros anhelos.*

*A nuestro asesor Mg. Luis Alberto Alva Reyes, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no se hubiera logrado. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de nuestros pensamientos las ideas para escribir lo que hoy se ha logrado. Usted formo parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por aclarar nuestras confusiones y orientarnos.*

*A nuestro gran docente Mg. John Piter Bejarano Guevara, por sus sabias palabras, conocimiento riguroso y preciso, a usted le debemos nuestros conocimientos. Los cuales a donde vayamos, los llevaremos con nosotros en nuestro transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación, perseverancia y tolerancia.*

***Herry Miguel, Ramos Reyes.***

***Tirza Sofia, Sanchez Gonzales.***

***Los Autores***

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Ramos Reyes, Herry Miguel con DNI N°71248759 y Sanchez Gonzales, Tirza Sofia con DNI N°70250618, egresados del Programa de Estudios de Ingeniería de Minas de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “Determinación del tipo de roca sedimentaria procedentes de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados”, el cual consta de un total de 67 páginas, en las que se incluye 16 tablas y 23 figuras, más un total de 23 páginas en apéndices y/o anexos.

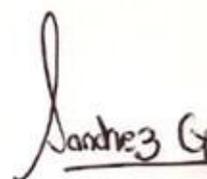
Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 20% el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

Los autores



-----  
DNI: 71248759



-----  
DNI: 70250618

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACION DEL ASESOR .....	2
PAGINA DE JURADO .....	3
DEDICATORIA.....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO .....	6
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	7
RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	13
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.2 Formulación del problema .....	15
1.2.1 Problema general .....	15
1.2.2 Problema específico.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general .....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación .....	16
1.4.1 Justificación tecnológica.....	16
1.4.2 Justificación económica.....	16
1.4.3 Justificación socio-ambiental .....	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Antecedentes de la investigación .....	18
2.2 Bases teóricas científicas .....	22
2.2.1 Roca.....	22
2.2.2 Ciclo de las rocas.....	23
2.2.3 Mecánica de las rocas .....	23
2.2.4 Propiedades.....	24
2.2.5 Rocas sedimentarias .....	26
2.2.6 Clasificación.....	27
2.2.7 Ladrillo .....	29
2.2.8 Clasificación para fines estructurales.....	30
2.2.9 Propiedades.....	31

2.3	Definición de términos básicos.....	32
2.4	Identificación de variables .....	33
2.5	Formulación de hipótesis .....	33
2.5.1	Hipótesis general .....	33
2.5.2	Hipótesis específicas.....	33
2.6	Operacionalización de variables .....	34
CAPÍTULO III .....		35
METODOLOGÍA.....		35
3.1	Tipo de investigación.....	35
3.2	Métodos de investigación .....	36
3.3	Diseño de investigación .....	36
3.4	Población, muestra y muestreo .....	36
3.4.1	Población .....	36
3.4.2	Muestra .....	36
3.4.3	Muestreo .....	37
3.5	Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	37
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	38
3.6.1	Análisis de datos .....	41
3.7	Ética investigativa.....	41
CAPITULO IV .....		42
RESULTADOS .....		42
4.1	Presentación y análisis de resultados .....	42
4.1.1	Caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros.....	42
4.1.2	Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.	49
4.1.3	Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.....	51
4.1.4	Determinación del tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.	54
4.2	Pruebas de hipótesis.....	55
4.2.1	Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.	55
4.2.2	Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.....	56
4.2.3	Determinación del tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos	

ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.

58

CAPITULO V .....	61
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....	61
5.1 Conclusiones .....	61
5.2 Sugerencias .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

### **TABLA DE FIGURAS**

Figura 1.....	22
Figura 2.....	23
Figura 3.....	24
Figura 4.....	25
Figura 5.....	27
Figura 6.....	28
Figura 7.....	29
Figura 8.....	37
Figura 9.....	40
Figura 10.....	42
Figura 11.....	43
Figura 12.....	43
Figura 13.....	44
Figura 14.....	44
Figura 15.....	45
Figura 16.....	45
Figura 17.....	46
Figura 18.....	46
Figura 19.....	50
Figura 20.....	51
Figura 21.....	52
Figura 22.....	52
Figura 23.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	26
Tabla 2 .....	30
Tabla 3 .....	33
Tabla 4 .....	34
Tabla 5 .....	37
Tabla 6 .....	47
Tabla 7 .....	48
Tabla 8 .....	48
Tabla 9 .....	49
Tabla 10 .....	50
Tabla 11 .....	55
Tabla 12 .....	56
Tablas 13 .....	56
Tabla 14 .....	57
Tabla 15 .....	57
Tabla 16 .....	58

## RESUMEN

La presente investigación busca determinar el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados. Para cumplir con dicho objetivo se elaboraron 45 ladrillos con un área de ensayo de  $100\text{ cm}^2$  (arena nominal) debido a que su un área es cuadrada de 10 cm de arista en 4 grupos de 15, cada uno con un porcentaje de roca sedimentaria (0%,10%,10% y 10%). Posteriormente se procedió al curado (secado) al aire libre por 28 y rotura de estos con ayuda de una prensa hidráulica.

Los resultados fueron procesados mediante ANOVA (Análisis de Varianza Unidireccional), así como la post prueba de Tukey, llegando a la conclusión que la roca dolomía  $15\text{ kgf/cm}^2$  tiene un mayor grado de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados y de menor grado a la roca de tipo caliza  $8\text{ kgf/cm}^2$  y lutita  $7\text{ kgf/cm}^2$  con un patrón muestra de 0 de  $12\text{ kgf/cm}^2$  sin embargo, no cumple con lo estipulado por la Norma de Técnica E.070 de Albañilería, para ladrillos, pero si como adobe, de acuerdo Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra.

**Palabras clave:** adobe, ladrillo, minería, rocas sedimentarias, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

This research seeks to determine the type of sedimentary rock from mining environmental liabilities that improves the compressive strength of stabilized bricks. To meet this objective, 45 bricks were made with a test area of 100 cm<sup>2</sup> (nominal sand) due to its square area of 10 cm of edge in 4 groups of 15, each one with a percentage of sedimentary rock (0%, 10%, 10% and 10%). Subsequently, they were cured (dried) in the open air by 28 and broken with the help of a hydraulic press.

The results were processed by means of ANOVA (One-way Analysis of Variance), as well as the Tukey post-test, reaching the conclusion that the dolomite rock 15 kgf/cm<sup>2</sup> has a higher degree of resistance to the compression of stabilized bricks and a lower degree to the limestone rock 8 kgf/cm<sup>2</sup> and shale 7 kgf/cm<sup>2</sup> with a sample pattern of 0 of 12 kgf/cm<sup>2</sup>; however, it does not comply with the stipulations of the Technical Norm E.070 of Masonry, to be used in masonry. However, it does not meet the requirements of the Technical Standard E.070 for brick, but it does meet the requirements for adobe, according to Standard E.080 Design and Construction with Earth.

**Key words:** adobe, brick, mining, sedimentary rocks, compressive strength.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad a nivel mundial, la mayor parte de operaciones mineras, han llegado a generar grandes volúmenes de desmontes o materiales estériles con índices bajos de contenido metálico de interés económico, obtenidos a partir de yacimientos explotados ya sea a cielo abierto o subterráneo. Para ello surgen alternativas como la economía circular en la que estos sitios de almacenamiento puedan tener otro objeto de tratamiento, ser reutilizado en su eventual cierre de mina, generado así un claro beneficio económico, social y ambiental para la industria minera (Zamora et al., 2019). Además, en febrero del 2017 en Colombia se publicó un artículo en el que se dio a conocer el ineficiente control de residuos generados por minería, los cuales pueden llegar a terminar en sitios que no son adecuados o incluso vertidos a los ríos y por efecto generan enfermedades a la población cercana; como también se puede generar accidentes producto de la inestabilidad generando deslizamientos del desmonte. Por ello se buscó la manera que empresas mineras generen una minería sustentable donde se produzca una elevada extracción del mineral valioso como también ligado de la reutilización de los residuos estériles. Todo ello debido al uso de nuevas tecnologías empleando escoria como agregado de construcción (Casadiego et al., 2017).

Por otra parte, a nivel nacional, el portal de Programa de Derechos Y Justicia Ambiental -Dar, sostuvo que la economía peruana es de predominancia informal y de acuerdo con estadísticas del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) se obtuvo una tasa de 66.4% en diciembre del 2019. Además, se indica que en el 2002 fue incorporado La Minería Artesanal Y Pequeña Escala (MAPE) en un entorno legal minero, con la finalidad de dar control a la actividad, pero la pandemia de la informalidad e ilegalidad aun nos hostiga (Pacheco, 2020). La minería artesanal ha generado gran crecimiento económico regional de forma significativa en los últimos años. Pero genera problemas relacionadas a la contaminación, conflicto entre comunidades, titulares de las concesiones mineras, entre otras (Corcuera, 2015).

Asimismo, a nivel local, la ciudad de Cajamarca de acuerdo con el anuario minero 2019 publicado por el MINEM (Ministerio de Energía y Minas), indica la aprobación de mineros en categoría formal alrededor de 59.436, los cuales han estado inscritos en el Reinfo (Registro Integral de Formalización Minera), con los objetivos de mejorar sus condiciones sociales, seguridad, asistencia técnica, financiamiento y cuidado del medio ambiente (MINEM, 2019). El objetivo que tiene la presente investigación es determinar el tipo de roca sedimentaria procedentes de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión ladrillos estabilizados?

### **1.2.2 Problema específico**

- ¿Cuál es la caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros?
- ¿Existe una diferencia entre la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros?
- ¿Existe una diferencia entre la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar la caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros.
- Comparar la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.
- Comparar la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación tecnológica**

El proyecto de investigación se fundamenta como una nueva tecnología enfocada al formar un nuevo material con mejor resistencia a la compresión, a diferencia del material actual, teniendo en cuenta rocas procedentes de pasivos ambientales mineros, la cual no es muy estudiado en la rama de estructuras y construcción, por lo que se dará un aporte tanto a la especialidad de minería (medio ambiente) y la civil (albañilería). Al poder evaluar diversas rocas, nos permitirá tener conocimiento sobre la resistencia a la compresión, además de incluir una análisis microscópico y químico. Tal como expresa Quispe en el 2016, se llevó a cabo la elaboración de unidades de albañilería con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de cantera y cemento Portland tipo IP, el cual permitió el uso de un nuevo e innovador material para ser empleado como alternativa al ladrillo, obteniendo propiedades mecánicas similares, proporcionando a las unidades de albañilería procedente de residuos solido un semejante comportamiento estructural (2016, p.4).

### **1.4.2 Justificación económica**

Las empresas mineras artesanales en nuestro país generan grandes cantidades de pasivos ambientales que al finalizar su ciclo de vida no tiene un adecuado manejo, esta involucra una gran inversión para su eventual cierre. Es por ello por lo que se plantea la alternativa innovadora de producir ladrillos que tengan características ideales a la resistencia de la compresión, mediante el estudio de rocas procedentes de estos pasivos, generando de

esta forma nuevo valor agregado en beneficio económico para su industria y entorno. De acuerdo a la ficha técnica del 2019 referente a los avances de las remediación de pasivos ambientales mineros en el Perú, indica que en 2017 en la ciudad de Cerro de Pasco, en una área aproximada de 69 hectáreas que alberga alrededor de 50 millones de toneladas acumuladas de desmonte por más de 60 años, se lleva cabo labores de remediación con el objetivo de lograr su estabilidad física, química e hidrológica en beneficio a su población, para el cual se invertirá alrededor de 170 millones de nuevos soles (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2019).

### **1.4.3 Justificación socio-ambiental**

La importancia de buscar nuevas tecnologías aplicadas en el mejoramiento de las propiedades de resistencia del ladrillo permitirá ser utilizado por muchas personas con escaso nivel económico frente a la obtención de un ladrillo comercial, generando así beneficio a la población. De esta forma, se podrá brindar una alternativa al sector minero reutilizando la roca procedente de desmonte minero y convertirlo en una materia prima para la estabilización de ladrillos, enfocada en una economía circular cuyo principal objetivo es tener un efecto positivo ambiental al contrarrestar la explotación de otros recursos para su fabricación. Como señala la ONU (Organización de las Naciones Unidas) aprobó en su agenda 2030, 17 objetivos sobre el desarrollo sostenible, en nuestro país se vienen trabajado diversas ODS vinculadas a la minería, pero en efecto de este estudio se incluirá solo 2 de acuerdo con el criterio planteada por la organización. N° 9 Industria innovación e infraestructura, enfocada en construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. N° 12 Producción y consumo responsable, con criterios de garantizar modalidad de consumo y producción sostenible.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Sun et al. (2020) en China, realizaron una investigación nombrada “Control de los residuos de pasta de cola de roca de relleno para las zonas de hundimiento de la minería activa” El estudio se enfocó en la preparación de los desechos sólidos de las minas como la pasta, que se transferiría a la zona de hundimiento para su relleno a fin de lograr un control integrado de los desechos sólidos y las zonas de hundimiento. Se elaboró un plan de relleno con "partición horizontal y estratificación vertical" para las zonas de subsidencia. En la que se concluyó obteniendo parámetros en los cuales se llegó a concentración en masa de la pasta de relleno era del 81%-83%, la cantidad añadida de roca de desecho era del 25%-30%, la cantidad de cemento añadido era del 2%-5%, la resistencia a la compresión uniaxial de 28 días era de 1,5-3,0 MPa, y el coeficiente de permeabilidad era de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  cm/s.

Eugenio et al. (2020) en Brasil, realizaron una investigación titulada “Propiedades tecnológicas de los ladrillos de suelo-cemento producidos con residuos de la minería del mineral de hierro” Este estudio se enfocó en la adición de residuos en los materiales de cemento del proceso de extracción de mineral de hierro por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución de diferentes porcentajes (0, 10, 20, 30 y 40%) de tierra por estos residuos mineros en las propiedades de los ladrillos de suelo-cemento. Las materias primas utilizadas fueron: suelo (clasificación A-4), cemento CPV-ARI y residuos sólidos de minería, que se caracterizaron mediante análisis fisicoquímicos. Los resultados indicaron que los residuos mineros añadidos influyeron positivamente en la densidad de los ladrillos de cemento en el suelo. Además, hasta el 40% de los residuos podían ser incorporados en el ladrillo, considerando las normas de caracterización actuales.

Malkanathi et al. (2020) en la India, realizaron una investigación titulada “Estabilización con cal para bloques de tierra comprimida estabilizada con arcilla y limo reducidos” Este estudio se realizó con el fin de la fabricación de bloques estabilizados con la ayuda de la cal como estabilizador, en la cual se realizó un arduo estudio de distintos porcentajes de cal y finalmente se concluyó que cuando el % de arcilla y limo era reducido

fue útil aumentar el % de cemento y necesario agregar un pequeño % de cal para obtener una buena resistencia. Esto se observó en los resultados con un contenido de arcilla y limo del 5%. El estabilizador de cemento solo logró una resistencia a la compresión de 3,2 N / mm<sup>2</sup>, pero la combinación de 7% de cemento y 3% de estabilizador de cal logró una resistencia a la compresión de 4,1 N / mm<sup>2</sup>.

Cárdenas (2019) en Lima, llevo a cabo su investigación titulada “Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3” Se determino la viabilidad de utilizar relaves de minería polimetálica como material de agregado para la fabricación de unidades de albañilería en tipo bloque de concreto estructural, aplicando el método ACI. Se concluye que las propiedades del cemento actuaron como geo polímeros para la encapsulación de los metales con ello sin causar cualquier tipo de daño a la salud ni al medio ambiente. Además, se compararon tanto el costo de un bloque de concreto de relave con uno comercial, destacando el primero al ser más barato hasta en un 12 %.

Talento et al. (2019) en Portugal, realizaron una investigación que llevo por nombre “La reutilización de los montones de residuos de los sitios de extracción: Una metodología arquitectónica” Esta investigación propone una metodología de aplicación para reutilizar el material de desecho en los ámbitos paisajístico y arquitectónico. Esta nueva contribución destaca la importancia de considerar las acumulaciones de desechos como parte integrante del proyecto arquitectónico. Los resultados alcanzados demuestran la posibilidad de trabajar con los montones de desechos en la arquitectura, creando una base sólida para nuevas investigaciones aún no documentadas.

Tadege (2018) en África, realizo una investigación nombrada “Estudio de cemento comprimido y suelo estabilizado con cal el bloque como material alternativo para la fabricación de pared” El estudio se enfocó en proporcionar información detallada y costos de cemento comprimido como del bloque de tierra estabilizada con cal para su uso como muro alternativo, para ello se realizaron pruebas de laboratorio sobre el suelo utilizado detallando su clasificación, plasticidad, composición. Concluyendo que los allazgos de la investigación muestran la necesidad de revisar la clasificación de los ingredientes y la cantidad de estabilizadores para lograr buenos bloques de construcción.

Carrasco y Tinocco (2018) en Huancayo, realizaron una investigación nombrada “Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli – Junín” La cual se resume que para la a elaboración de ladrillo ecológicos a partir de materiales como arenade sílice y arcillas mixtas, se llevaron a cabo mediante procedimiento de triturado, clasificado en seco, estabilidad, hendidura, moldeado y secado. Para su optimización de arcillas mixtas se debe estabilizar mediante el empleo de cemento plástico en un rango de 15% a 20 %, para su eficiencia tanto en resistencia y durabilidad. Además, se finaliza indicando que la estabilización óptima de un ladrillo ecológico producto de arcillas mixtasy arena de sílice, es de 15% debido a que los ensayos arrojan datos de ser apto y económico.

Romero y Callasi (2017) en Cusco, realizaron su investigación titulada “Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto” la cual tuvo por objetivo la comparación y análisis de las propiedades tanto físicas y mecánicas, tanto de un adobe tradicional entre uno estabilizado con asfalto al 5% y al 10 %. El estudio concluyo que los resultados favorables son generados en las estabilizadas con asfalto, debido a que presentar mejores características de resistencia y comportamiento frente a la unión con agua.

Ponce (2017) en Puno, efectúo su investigación llamada “Reducción de roturas en ladrillo mecanizado por la presencia de caliza en las arcillas de la industria de cerámicos compacto S.R.L. – Juliaca” Se resume que para la fabricación de ladrillos la materia prima es la arcilla, que en su mayoría presenta nódulos de caliza, los que son nocivos y perjudiciales para la industria ladrillera. Por ello el objetivo principal fue la reducción de la rotura de ladrillo mecanizada por efecto de caliza, mediante una metodología de control de todos los procesos de preparación de la arcilla, desde su ingreso y selección, antes de su envió al área de producción, se logró disminuir la cantidad de caliza en las arcillas, mediante su control y supervisión de distancia entre rodillos de laminadora a 1mm se aseguró la pulverización de 5mm a 1mm, mediante la pulverización de la caliza presentes en las arcillas, se destaca que las roturas has disminuido de 63% a 2% de pérdida.

Vermigilio (2017) en Cajamarca, llevo a cabo una investigación llamada “Comparación de la resistencia a Compresión Uniaxial en Unidades de Adobe tradicional, adobe compactado y Superadobe, Cajamarca 2017” Se resume que la presente investigación se puedo comparar la resistencia a la compresión uniaxial de los 2 tipos de adobes indicados, para ello se realizaron estudios de suelo para la elaboración de 20 especies de cada tipo de adobe. Sometidas luego a pruebas de compresión para obtener volares promedios de resistencia para pasar a su comparación. Se lograron resultados en un aumento en la resistencia a la compresión uniaxiales de 35.02% adobe compactado,47.94% superadobe, en comparación a los tradicionales. Demostrando al superadobe presenta un porcentaje de hasta el 10% mayor resistencia a la compresión uniaxial.

Quintero (2015) en el Salvador , llevo a cabo una investigación que se tituló “La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán” Este estudio se realizó con el objetivo de medir la resistencia del ladrillo de adobe al incorporarle la cal como estabilizante, de tal manera que mejore su propiedad a la resistencia, para ello se realizó una clasificación de cinco tipos de suelo pertenecientes al municipio de San Lorenzo para su posterior elaboración mezclando estos tipos de suelos con distintas cantidades de cal, concluyendo que aumentando el porcentaje de cal también se aumenta la resistencia a la compresión, recomendando que es factible la elaboración con el tipo de suelo IV y V que son suelos de arcilla inorgánica de media a alta plasticidad con un 7% de cal para una resistencia de 13.31 kg/cm<sup>2</sup> y 13.33 kg/cm<sup>2</sup> que son eficientes según normas salvadoreña.

Nagaraj et al. (2014) en la India, realizaron una investigación que se tituló “Papel de cal con cemento en la resistencia a largo plazo de los bloques de tierra estabilizada comprimida” el presente estudio se realizó con el principal motivo de utilizar cal en combinación con cemento, de tal manera que se pueda evaluar la mejora del rendimiento de los ladrillos de tierra estabilizada comprimida y en la cual se basó en remplazar en cierta proporción al cemento y debido a las pruebas que se realizaron se obtuvo que la mezcla de estos dos ingredientes mejoran la resistencia a largo plazo que usar solo cemento, en la cual el cemento se encarga de estabilizar la porción de arena y la cal estabiliza la proporción de arcilla, concluyendo que aumenta la resistencia de los bloques reflejando su durabilidad y rendimiento de los edificios construidos con este material.

Ortiz et al. (2011) en Lima, realizaron un estudio titulado “Diseño de disposición conjunta de relaves y desmonte en la mina Yauricocha” Se resume que en las minas de nuestro país existen limitados espacios para el desarrollo de actividades de almacenamiento del desmonte y relaves, pues como se sabe estos ocupan un amplio espacio de terreno y altos gastos en el cierre de minas. Por ello en el artículo se plasmó la alternativa de la disposición conjunta en la cual consiste en una mezcla de relave y desmonte que brindara estabilidad física y química al botadero ya que los espacios vacíos entre partículas rellenos con material alcalino, aumentara la cohesión y estabilidad y evitando la circulación del aire y del agua entre partículas producto de lluvias, se eliminará la oxidación que podrían generar inestabilidad.

## 2.2 Bases teóricas científicas

### 2.2.1 Roca

De acuerdo con el profesor Robert referente al concepto de la roca nos indica: “La roca es un agregado coherente y en el cual se encuentra uno o más minerales. Dichos agregados constituyen la unidad básica de la que se compone la Tierra sólida y normalmente forman volúmenes reconocibles y cartografiables. Estas se encuentran divididas en tres clases de acuerdo con el proceso de formación. rocas ígneas, que se han solidificado a partir de material fundido llamado magma; rocas sedimentarias, aquellas que consisten en fragmentos derivados de rocas; y rocas metamórficas, que se han derivado de rocas ígneas o sedimentarias en condiciones que causaron cambios en la composición mineralógica, textura y estructura interna” (2020, párr.1).

### Figura 1

*Características y propiedades de las rocas.*



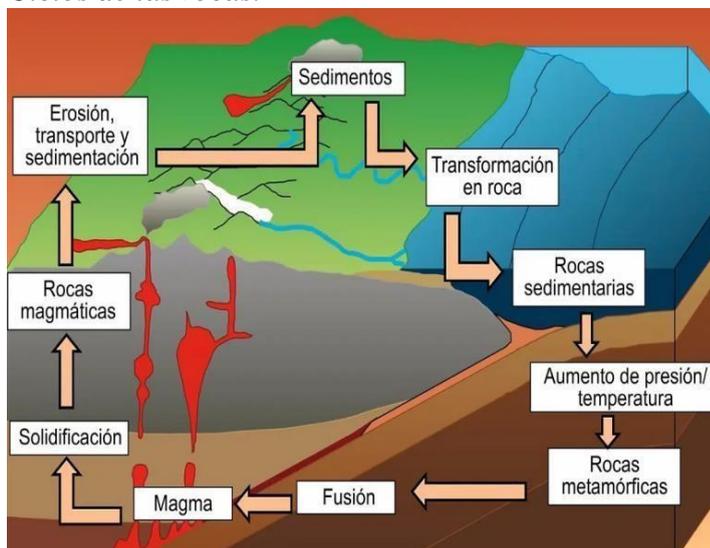
*Nota.* La figura muestra 2 tipos de rocas, granito (ígnea) y arenisca (sedimentaria) sometidas a un análisis mineralógico microscópico. Fuente: Geologíaweb (2020).

### 2.2.2 Ciclo de las rocas

Así mismo el profesor, indica que el ciclo de las rocas forma parte de un arduo estudio a medida que evoluciona gradualmente de rocas sedimentarias a metamórficas y magmáticas. Los materiales geológicos pasan por varias formas. Los sedimentos compuestos de roca erosionada se litifican para formar roca sedimentaria, que luego se convierte en roca metamórfica bajo la presión de la corteza terrestre. Cuando las fuerzas tectónicas empujan rocas sedimentarias y metamórficas hacia el manto caliente, pueden derretirse y ser expulsadas como magma, que se enfría para formar rocas ígneas (2020, párr. 3.). El ciclo de roca también conocido como ciclo litológico es un concepto geológico que se caracteriza por describir los cambios del material en el tiempo; en el cual las rocas pueden transformarse en uno de los tres tipos ya sea sedimentarias, metamórficas y ígneas (Humanidad y Medio, 2019).

**Figura 2**

*Ciclos de las rocas.*



*Nota.* La figura muestra el conjunto de etapas por las cuales minerales y rocas evolucionan, estas fases implican secuencias de transformaciones en periodos largos. Fuente: Meteorologíaenred (2020).

### 2.2.3 Mecánica de las rocas

El Portal De Petróleo indica, la mecánica de rocas o también conocido como la geomecánica consiste en el estudio en el cual se define las propiedades mecánicas que se encuentran presentes en el material rocoso, a partir de ello se lograra conocer cómo también entender los distintos grados de resistencia y propiedades mecánicas de un mismo material (Madrid, 2020). Por otra parte, comprende el estudio de las propiedades y el comportamiento

mecánico del material rocoso debido a fuerzas internas como externas que ejercen sobre ellos con el fin que se pueda predecir y de esta manera lograr controlar su comportamiento.

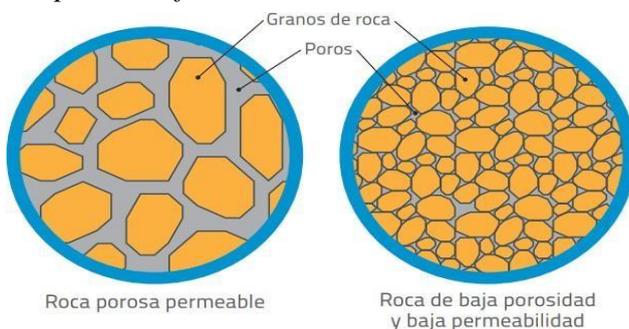
Los mecanismos y el carácter de la deformación de rocas y materiales terrestres se pueden investigar mediante experimentos de laboratorio, desarrollo de modelos teóricos basados en las propiedades de los materiales y estudio de rocas y estructuras deformadas en el campo. En el laboratorio, se pueden simular, ya sea directamente o mediante el escalado apropiado de los parámetros experimentales, varias condiciones. Se pueden simular dos tipos de presión: confinamiento (hidrostático), debido al entierro bajo sobrecarga de roca, e interno (poro), debido a presión ejercida por los fluidos de los poros contenidos en el espacio vacío de la roca. Se estudian los esfuerzos dirigidos aplicados, como la compresión, la tensión y el cizallamiento, así como los efectos del aumento de temperatura introducido con la profundidad en la corteza terrestre (Cornelis y Carmichael, 2020).

## 2.2.4 Propiedades

**2.2.4.1 Físicas.** Esta propiedad controla las características de la resistencia y deformación de la matriz de la roca (composición mineral, densidad, estructura, porosidad, permeabilidad, alteración, dureza, etc.), y son el resultado de las condiciones y procesos de origen, geológicos y estructurales que han sufrido las rocas a lo largo de su historia. El agua del macizo rocoso reducirá su resistencia, generará presión en el interior y cambiará sus características, dificultando la excavación por encima y por debajo del suelo (Calla, 2014).

**Figura 3**

*Propiedades físicas de las rocas.*



*Nota.* La propiedad observada es la porosidad. Fuente: ACP (2020)

**2.2.4.2 Mecánicas.** Cuando se aplica tensión, o forzar a un material rocoso provoca cambios ya sean en el tamaño, el volumen o la forma del material. Esta deformación se llama cepa ( $\epsilon$ ). La tensión puede ser una tensión axial, como una tensión de compresión simple, una tensión de corte o una tensión en todas las direcciones como la presión hidrostática.

Así mismo, los términos tensión y presión a veces se usan indistintamente, pero tensión generalmente se refiere a compresión simple o esfuerzo cortante, mientras que la presión es hidrostática. Para tensiones pequeñas, la tensión es elástica es decir vuelve a su estado normal cuando se elimina la tensión y para tensiones más altas y otras condiciones, la deformación puede ser inelástica o permanente (Cornelis y Carmichael, 2020).

**Figura 4**

*Ensayo a la compresión simple.*



*Nota.* La figura muestra una prensa hidráulica, empleada en un ensayo de compresión. Fuente propia (2013).

**Tabla 1***Grado de resistencia de la roca*

Roca		Ensayo de campo			
Grado	Descripción	Res. a comp. (mpa)	Navaja	Martillo geológico	Ejemplos
R6	Ext. Resistente	> 250	No corta	El golpe arranca pequeños trozos	Basalto, Gneis
R5	Muy resistencia	100 – 250	No corta	Se rompe con muchos golpes	Anfibolita
R4	Resistencia	50 – 100	No corta	Se rompe con varios golpes	Caliza, Mármol
R3	Med. Resistente	25 – 50	No corta	Se rompe con un solo golpe	Esquistos
R2	Blanda	5.0 – 25	Corta con dificultad	Deleznable bajo golpes fuertes	Yeso
R1	Muy blanda	1.0 – 5	Corta fácilmente	Se puede machacar	Roca alterada
R0	Ext. Blanda	0.25 – 1	Corta sin problemas	Se rompe con la uña	Falla delgada rígida

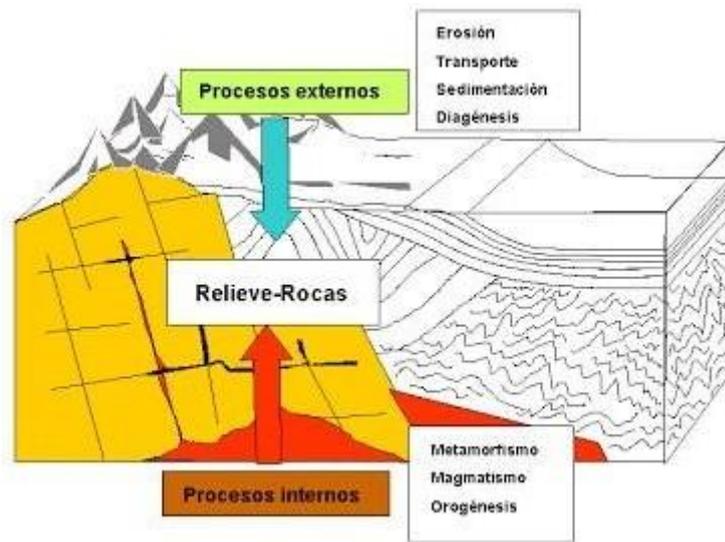
*Nota.* La tabla muestra el grado de resistencia a la compresión mediante el ensayo de campo. Fuente: Maximiliano Panteleon (2013).

### 2.2.5 Rocas sedimentarias

Según el portal web National Geographic define a la roca sedimentaria de la siguiente manera: Este tipo de roca son las que se forman en o cerca de la superficie de la Tierra. Los procesos más importantes para que se lleve a cabo su formación son la erosión, meteorización, disolución, precipitación y litificación. Cada uno de estos procesos son parte de la transformación de la roca sedimentaria; en la cual la erosión y meteorización cumplen con los efectos del viento y la lluvia, que lentamente descomponen las rocas grandes a más pequeñas; La disolución (meteorización química). Con este proceso, el agua que es ligeramente ácida desgasta lentamente la piedra. Estos tres procesos crean la materia prima para nuevas rocas sedimentarias; La precipitación es la formación de rocas y minerales a partir de sustancias químicas que se precipitan del agua y finalmente, la litificación es el proceso por el cual la arcilla, arena y otros sedimentos en el fondo de cuerpos de agua se compactan lentamente en rocas a partir del peso de los sedimentos superpuestos (2019, p.1).

## Figura 5

*Procesos geológicos externos de la roca sedimentaria.*



*Nota.* La figura muestra cómo actúan los agentes geológicos externos, el agua y el viento, que modelan las diferentes estructuras. Fuente: Blog de biología (2014).

### 2.2.6 Clasificación.

De acuerdo con el museo virtual de geología del SGM; nos da a conocer dos tipos de rocas sedimentarias, que son rocas detríticas o clásticas, producto de la acumulación mecánica de sedimentos de rocas existentes denominadas clastos formados por el clima y la erosión superficial; estas son transportadas y depositadas, presentando así la denominada textura clástica. Y rocas no clásticas o químicas de materiales depositados químicamente, donde los cristales se unen o se entrelazan entre sí mediante enlaces químicos. Los materiales disueltos se transportan y concentran para formar minerales, que se acumulan en agregados y luego se petrifican como rocas clásticas para formar rocas (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Una de las rocas sedimentarias de la clasificación química encontramos a la caliza; la cual se forma en el fondo del océano a partir de la precipitación de carbonato de calcio y los restos de animales marinos con caparazón. Si se encuentra piedra caliza en tierra, se puede suponer que el área solía estar bajo el agua. (2019, p.2.).

**Figura 6**

*Tres tipos rocas de la clasificación sedimentaria detrítica*

<b>ROCAS SEDIMENTARIAS DETRITICAS</b>		
<b>SEDIMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
<b>Grava</b>	<b>Partículas redondeadas</b>	<b>Conglomerado</b> 
<b>Arena</b>	<b>Principalmente arena de cuarzo</b>	<b>Areniscas de cuarzo</b> 
<b>Lodo</b>	<b>Principalmente arcilla</b>	<b>Lutita</b> 

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Servicio Geológico Mexicano (2017).

**Figura 7**

*Tres tipos rocas de la clasificación sedimentaria no detrítica.*

<b>ROCAS SEDIMENTARIAS QUIMICAS</b>		
<b>TEXTURA</b>	<b>COMPOSICIÓN MINERAL</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
<b>Varía</b>	<b>Calcita</b>	<b>Caliza</b> 
<b>Varía</b>	<b>Dolomía</b>	<b>Dolomía</b> 
<b>Cristalina</b>	<b>Yeso</b>	<b>Yeso</b> 

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Servicio Geológico Mexicano (2017).

### **2.2.7 Ladrillo**

De acuerdo con la norma técnica E.070 de albañilería (2006) referente al ladrillo, define como aquellas unidades cuyo tamaño y peso hace posible que pueda ser manejado con una sola mano, así mismo también la presente norma menciona que ladrillos y bloques son aquellos que son elaborados con arcilla, sílice, cal o concreto. Puede ser sólidas, huecas, tabulares y las cuales existen dos formas de ser fabricadas tanto de una manera artesanal o industriales.

### 2.2.8 Clasificación para fines estructurales.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas. (Norma Técnica E.070 albañilería).

Para los efectos del diseño estructural, es de importancia tener en cuenta las características de la presente tabla concerniente a las unidades de albañilería. (Norma E.070, 2006 b).

**Tabla 2**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.*

CLASE	VARIACIÓN DE LA ALABEO			RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa ( $kg/cm^2$ ) sobre área Bruta	
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	más 150 mm		
Ladrillo I	± 8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo VI	± 4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	±3	±2	4	4,9(50)
Bloque NP (2)	± 7	±6	±4	8	2,0 (20)

*Nota.* (1) Bloque usado en la construcción de muros portante.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Extraído de la Norma E.070 de albañilería.

## 2.2.9 Propiedades

### Resistencia a la compresión:

Permitirá determinar cuanta carga puede soportar un ladrillo, cuantos kilogramos por centímetro cuadrado es capaz de resistir a compresión axial sin la existencia de alguna falla en su estructura. Es la propiedad más importante de un ladrillo.

De acuerdo a la normativa E0.70 la resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra (p. 14, 2006c).

### Ensayo a la compresión:

El ensayo de compresión se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras incluso dos medias unidades separadas por una junta de mortero. La carga de compresión se aplica perpendicular a las superficies de asiento. Si el testigo es muy irregular, es rellenado o alisado con pasta de cemento portland poco antes de colocar el recubrimiento normalmente de azufre, para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. El ensayo se realiza hasta la rotura. (2005).

La resistencia a la compresión ( $f_b$ ) se determina dividiendo la carga de rotura ( $P_u$ ) entre el área bruta ( $A$ ) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta ( $A$ ) cuando es hueca o perforada; la norma peruana, sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así se obtiene el valor: (Gallegos y Casabonne, 2005, p.121).

$$F'_b = \frac{P_u}{A}$$

- $F'_b$  = Resistencia a la compresión ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ).
- $P_u$  = Fuerza de compresión, (Kg).
- $A$  = Área en donde se realiza la fuerza de compresión ( $\text{cm}^2$ )

Usualmente la prueba consiste en dos o tres ensayos. Las pruebas se evalúan estadísticamente para obtener el valor característico que, generalmente, está referido a la aceptación de 10% de resultados de pruebas defectuosas.

**2.2.9.1 Ladrillos estabilizados.** La tecnología de los ladrillos estabilizados ofrece un sistema de albañilería rentable y respetuoso con el medio ambiente sistema de albañilería. El producto tiene una amplia aplicación en la construcción y se fabricado mediante la compactación de tierra (subsuelo) mezclada con un estabilizador como el cemento o la cal. Existen varias máquinas manuales manual que compacta la tierra para conseguir una mampostería densa y uniforme. densa y de tamaño uniforme. Los ladrillos se colocan al sol y se sol y se curan en lugar de ser cocidos (SSB, 2009).

### **2.3 Definición de términos básicos**

- **Estabilizante**

Sustancia que se añade a una disolución para mantener plenamente mezclados sus componentes (Oxford Languages, 2020).

- **Rocas sedimentarias**

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de sedimentos. Hay tres tipos básicos de rocas sedimentarias. Clásicas como la brecha, el conglomerado, la arenisca, el limo y el esquisto se forman a partir de residuos de la erosión mecánica. Las rocas sedimentarias químicas, algunas dolomías y algunas calizas, se forman cuando los materiales disueltos se precipitan de la solución. Las rocas sedimentarias orgánicas el carbón, se forman a partir de la acumulación de residuos vegetales o animales (Geographic, 2020).

- **Pasivo Ambiental Minero**

Aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, abandonadas o inactivas a la fecha de vigencia de la Ley, y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. (Art. 2º de la Ley N° 28271, 2004).

## 2.4 Identificación de variables

**Tabla 3**

*Variables de la investigación*

Variable	Dimensión
Tipo de Rocasedimentaria	Tipo
Resistencia ala compresión	Resistencia a la compresión

*Nota:* La presente tabla resume como se medirán las variables de forma detallada (2022).

## 2.5 Formulación de hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Se determinó al tipo de roca sedimentaria caliza, con mejor propiedad para la compresión de ladrillos estabilizados.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

#### Hipótesis específica 1

No Aplica

#### Hipótesis específica 2

- $H_0$ : No existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros
- $H_1$ : Existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.

### Hipótesis específica 3

- $H_0$ : No existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- $H_1$ : Existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## 2.6 Operacionalización de variables

### Variable independiente

Tipo de roca sedimentaria

### Variable dependiente

Resistencia a la compresión

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables*

Problema	Variable	Dimensión	Indicador
¿Cuál es el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión ladrillos estabilizados?	Tipo de roca sedimentaria.	Tipo	Lutita Dolomía Caliza
	Resistencia a la compresión.	Resistencia a la compresión	Fuerza por unidad de área

*Nota:* La presente tabla resume como se medirán las variables de forma detallada. Fuente: Elaboración propia (2022).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo de investigación

Según Hernández (2010) la investigación reunió las condiciones metodológicas, según su enfoque, esta sea de tipo cuantitativa, aplicada y experimental debido a que se basa en cantidades y estadísticas para la comprobación de las diferentes hipótesis propuestas, así como la deducción de posibles resultados.

Con el fin de ofrecer un referente comprensible de la expresión “investigación aplicada” se expuso la idea de Maurillo (2008), la investigación aplicada se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sintetizar la práctica basada en la investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. La investigación es de índole aplicada, dado que consiste en mantener los conocimientos y ponerlos en práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana.

Para Landeau (2007) y Cruz, Olivares & Gonzales (2014), la investigación cuantitativa establece un grado de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados por medio de una muestra permite realizar inferencias causales a una población que explica por qué sucede o no determinado hecho o fenómeno. A su vez, la investigación presenta un carácter cuantitativo debido a que los resultados se pueden expresar numéricamente ayudando el manejo de datos y resultados.

Según Alan y Suarez (2017), la investigación experimental es aquella que tiene el control de la variable independiente, la cual puede hacer variar en forma que sea más apropiada a sus objetivos. De igual manera puede controlar la conformación de los grupos que necesita para su estudio. Debido a lo indicado la investigación tuvo carácter experimental dado que se manipula intencionalmente la variable independiente y se observa el efecto que esta tiene sobre la variable dependiente.

### **3.2 Métodos de investigación**

La investigación se basa en un método Hipotético- deductivo, ya que se planteó diversas hipótesis los cuales son demostrados en base a procesos deductivos vinculados con las variables y los indicadores de nuestra investigación (Hernández, 2010).

### **3.3 Diseño de investigación**

La investigación es de diseño Pre-experimental, como indica Sampieri (2010), estos tipos de estudios consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en estas variables. Además, estos estudios pueden considerarse como exploratorios, pero deberán ser observadas con precaución. Son útiles como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad, pero no como único y definitivo acercamiento, abre el camino, pero de ellos deben derivarse estudios más profundos.

### **3.4 Población, muestra y muestreo**

#### **3.4.1 Población**

La población del trabajo estuvo conformada por 45 ladrillos a base de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.

#### **3.4.2 Muestra**

Constituida por 15 unidades de ladrillos con distintos tipos de roca sedimentaria (caliza, dolomía y lutita) procedente de pasivos ambientales mineros, los cuales fueron estudiados de acuerdo con lo establecido a la norma técnica E. 070; con dimensiones: 10 cm de largo, 10 cm de ancho y 10 cm de altura.

Su elaboración se realizó con roca sedimentaria en una proporción de 1.450 kg (10%) estabilizada con tierra agrícola de 13 kg y arena fina 1.5 kg.

**Tabla 5**

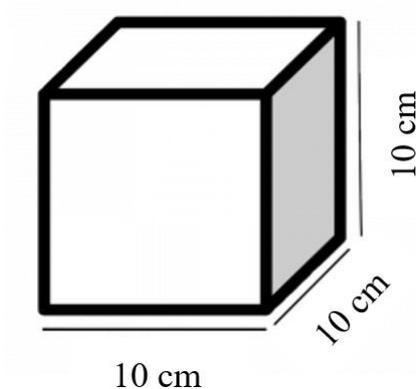
*Muestra de cada tipo de roca.*

Tipo de roca	Cantidad de muestra
Caliza	15 ladrillos del tipo de roca caliza
Dolomía	15 ladrillos del tipo de roca dolomía
Lutita	15 ladrillos del tipo de roca lutita
Total	45 ladrillos

*Nota.* Esta tabla representa la distribución de la cantidad de muestras por cada tipo de roca sedimentaria. Fuente: Elaboración propia (2022).

**Figura 8**

*Molde de bloque.*



*Nota.* Dimensiones del bloque comprimido estabilizado. Fuente: Elaboración propia (2022).

### 3.4.3 Muestreo

De acuerdo con Hernández (2010) el método a seguir es no probabilístico ya que la muestra y la población coinciden en valor numérico, las muestras no serán seleccionadas al azar en un grupo, sino que deben cumplir con los criterios de adición de un porcentaje de roca sedimentaria.

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recojo de datos.

La técnica empleada será, la observación, misma que permitirá presenciar directamente y tener un enfoque visual más detallado del fenómeno estudiado. En el cual las unidades de ladrillo a base de roca sedimentaria de tipo caliza, dolomía y lutita pasaron por

un proceso denominado ensayo a la compresión simple y a través de ello observar los cambios que provoca en las muestras estudiadas, identificando visualmente así el tipo de roca sedimentaria que mejore la resistencia a la compresión.

El instrumento utilizado son formatos bajo norma E0.70 de albañilería, con el objetivo que las unidades de ladrillo deben cumplir con los requisitos que exige la presente normativa.

### **3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica del ensayo con martillo geológico se realizó con el objetivo de poder determinar el grado de resistencia a la compresión de la roca, para ello se debe tener en cuenta los instrumentos a utilizarse como el martillo, una base metálica y su correspondiente organización de estos elementos de tal manera que se realice un procedimiento adecuado con los elementos de seguridad pertinentes.

La técnica del diagnóstico cualitativo mediante la utilización del microscopio metalográfico tuvo como objetivo la determinación de los minerales presentes en la roca, para ello se realizó la organización de los elementos a utilizarse como el disco de corte de concreto de 4 ½, la herramienta amoladora, el microscopio metalográfico y la cámara fotográfica.

El procedimiento inicio cortando las muestras de rocas utilizando la amoladora, de tal manera que se pueda obtener una base plana y su posterior pulido, luego se colocó en el microscopio metalográfico con la finalidad de obtener resultados de posibles minerales presentes en las muestras, archivando los resultados para referencias y posibles análisis posteriores.

Así mismo, se realizó un estudio químico de las muestras de rocas sedimentarias que permitió la obtención de datos relacionados a porcentajes de minerales, los cuales influenciaran en resistencia a la compresión del ladrillo.

Se elaboraron 45 ladrillos, para ello se realizó una caracterización en un solo tamaño para no presentar dificultades con los demás agregados y mejor trabajo practico, para la elaboración se realizó una mezcla con proporciones de tierra agrícola 13 kg, arena fina 1,5

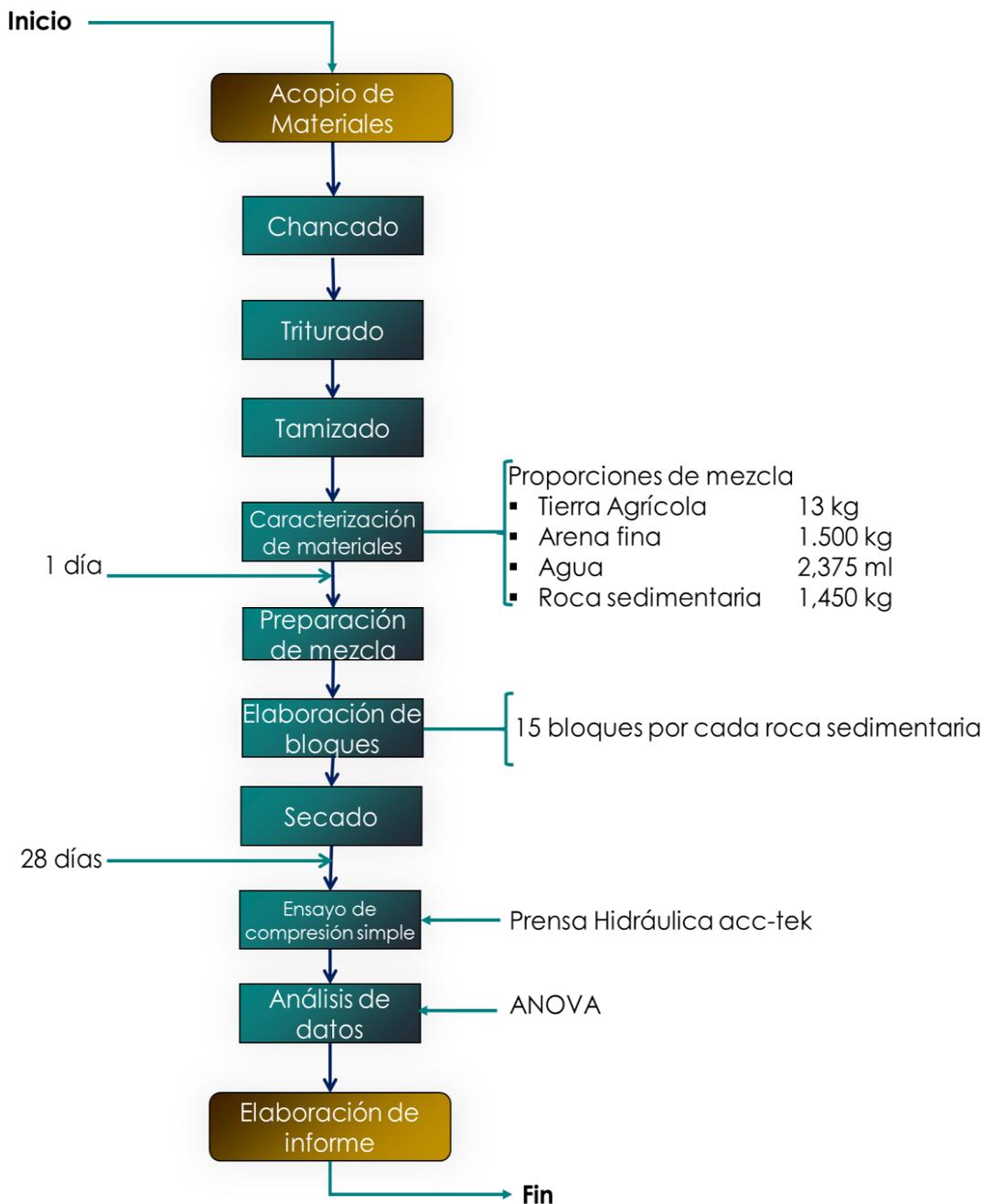
kg, así mismo la relación de agua fue de 2,175 ml.

Después de obtener la mezcla en su totalidad homogenizada, se agregó la roca sedimentaria 1,450 kg (10%), la cual paso por un proceso de chancado, triturado y tamizado. Por otro lado, antes de realizar el llenado de la mezcla, los moldes debieron pasar por un engrasado para facilitar el desencofrado. Se inicio el llenado de los moldes, teniendo en cuenta la presión que se debe ejercer y parcialidad total sobre la misma, después de ello se empleó un apizonador para no dejar espacios vacíos. Al finalizar se tuvo en cuenta la superficie la cual debía estar lisa. Estos procedimientos fueron repetitivos con las demás rocas sedimentarias.

Asimismo, todos los moldes fueron desencofrados después de un periodo de 28 días calendario, y permanecieron a la intemperie en el laboratorio de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”. Pasado el tiempo, se realizó el ensayo a la compresión simple, con la ayuda de la prensa hidráulica

Para un mejor entendimiento del proceso realizado, se elaboró el siguiente diagrama de flujo del proceso:

**Figura 9**  
*Diagrama de flujo del proceso.*



*Nota.* La figura nos indica el proceso de la investigación. Fuente: Elaboración propia (2022).

Finalmente, los resultados obtenidos fueron procesados, evaluados y comparados con los otros tipos de rocas sedimentarias y a su vez con el formato bajo norma E0.70 de albañilería.

### **3.6.1 Análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizó el software Excel, realizando un método estadístico de análisis de varianza (ANOVA), que permitió identificar si existe diferencia en los tratamientos (variable).

### **3.7 Ética investigativa**

La investigación tiene por bien a considerar cada fuente citada, año y apellido del autor en la que se referencio para dar más credibilidad al estudio presentado. Cumple con todo criterio ético de investigación.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Presentación y análisis de resultados

##### 4.1.1 Caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros

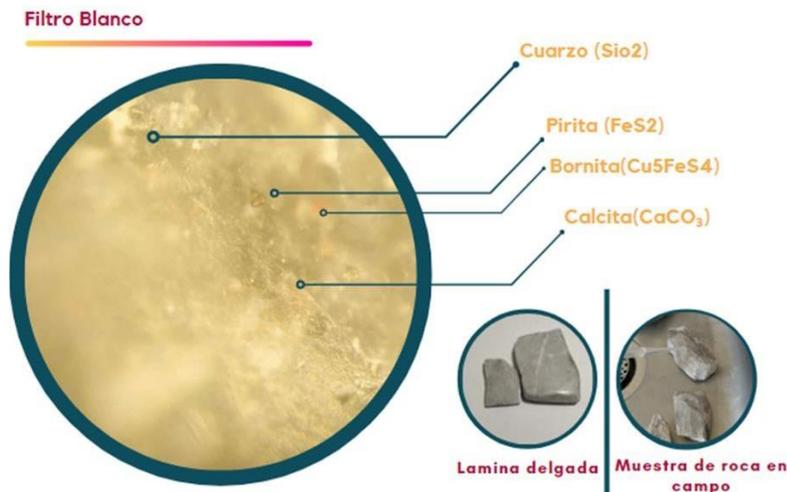
###### Caracterización física

###### Roca Caliza

En la fotografía, con luz polarizada, en un filtro blanco, muestra granos de cuarzo bien individualizados. La matriz dispuesta entre los granos de cuarzo consta de pirita (color amarillo pálido), bornita (color rojo cobre) y calcita (color blanco).

#### Figura 10

*Análisis microscópico de roca sedimentaria caliza.*

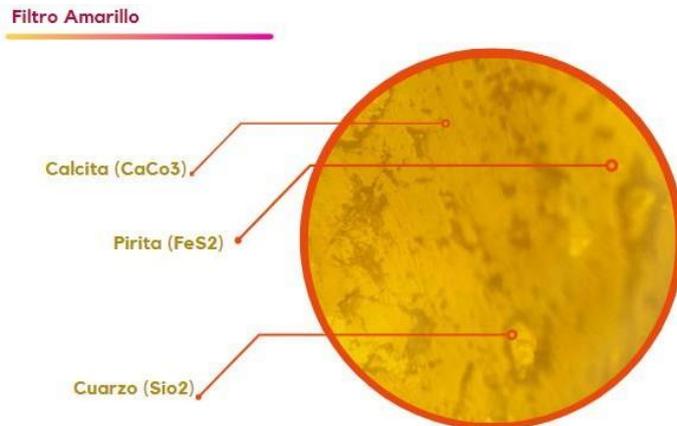


*Nota.* Detalles de los minerales observados mediante el microscopio metalográfico de la muestra de roca caliza, en un filtro blanco. Fuente: Elaboración propia (2022).

Por otra parte, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro amarillo, muestra la presencia de calcita en gran proporción, asociada a granos de cuarzo bien individualizados y pirita.

### Figura 11

Análisis microscópico de roca sedimentaria caliza.

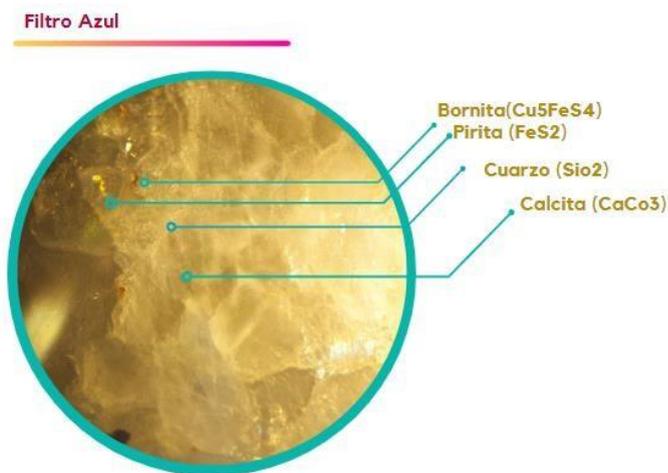


*Nota.* Detalles de los minerales observados mediante microscopio metalográfico de la muestra de roca caliza, en un filtro amarillo. Fuente: Elaboración propia (2022).

Así mismo, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro amarillo, muestra la presencia de calcita en gran proporción, asociada a granos de cuarzo bien individualizados y pirita.

### Figura 12

Análisis microscópico de roca sedimentaria caliza.



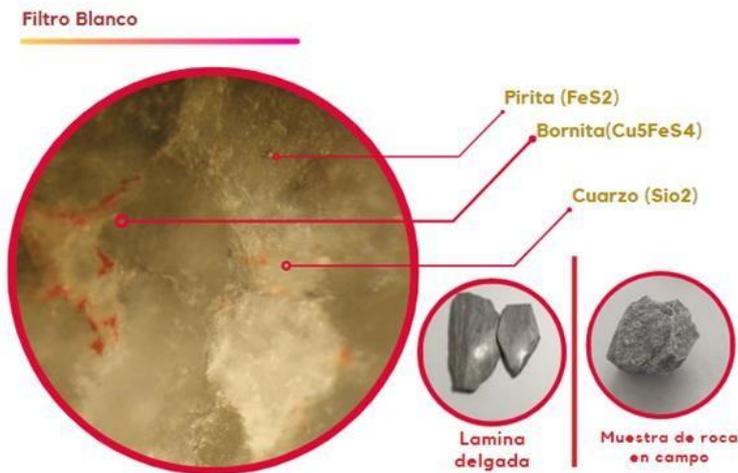
*Nota.* Detalles de los minerales observados mediante microscopio metalográficos de la muestra de roca caliza, en un filtro azul. Fuente: Elaboración propia (2022).

### Roca Lutita

Por otro lado, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro blanco, muestra granos de cuarzo bien individualizados. La matriz dispuesta entre los granos de cuarzo consta de pirita (color amarillo pálido y bornita (color rojo cobre).

### Figura 13

Análisis microscópico de roca sedimentaria lutita.

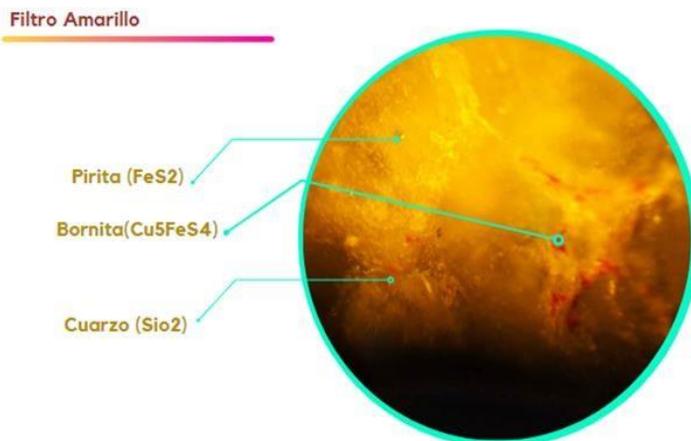


Nota. Detalles de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca lutita, en un filtro blanco. Fuente: Elaboración propia (2022).

De igual modo en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro amarillo, muestra granos de cuarzo bien individualizados. La matriz dispuesta entre los granos de cuarzo consta de pirita (color amarillo pálido y bornita (color rojo cobre).

### Figura 14

Análisis microscópico de roca sedimentaria lutita.

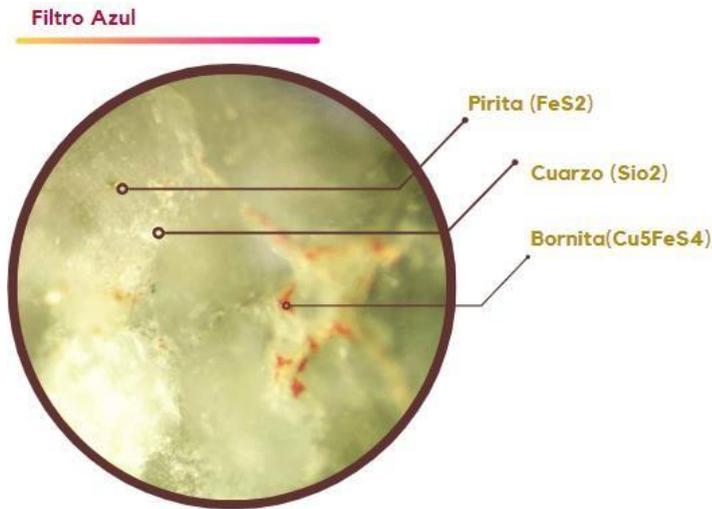


Nota. Detalles de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca lutita, en un filtro amarillo. Fuente: Elaboración propia (2022).

Así mismo, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro azul, se observó cristales de cuarzo dispersos en la roca, también pirita, de tipo morfológico redondeado con un color amarillo metálico y bornita, que muestra una extensión de forma de red cristalina, con color rojo cobre.

### Figura 15

Análisis microscópico de roca sedimentaria lutita.



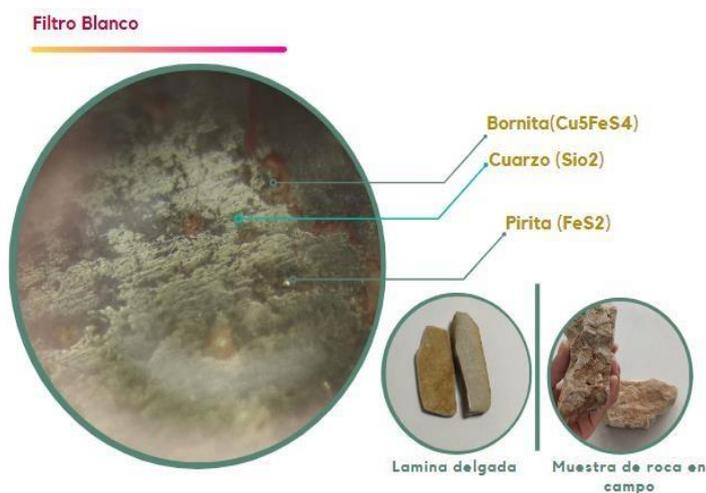
Nota. Detalle de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca lutita, en un filtro azul. Fuente: Elaboración propia (2022).

### Roca Dolomía

De la misma manera, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro blanco, se observó cristales de cuarzo dispersos en la roca, también pirita, de tipo morfológico redondeado con un color amarillo metálico y bornita, que muestra una extensión de forma de red cristalina, con color rojo cobre.

### Figura 16

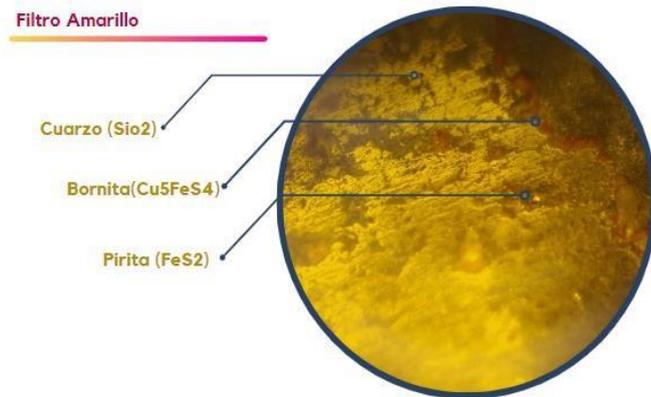
Análisis microscópico de roca sedimentaria dolomía.



Nota. Detalles de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca dolomía, en un filtro blanco. Fuente: Elaboración propia (2022).

Por otro lado, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro amarillo, muestra la presencia de bornita de forma ramificada con un color rojizo. Además, se observó pirita, de tipo morfológico redondeado disperso en la roca, color amarillo metálico.

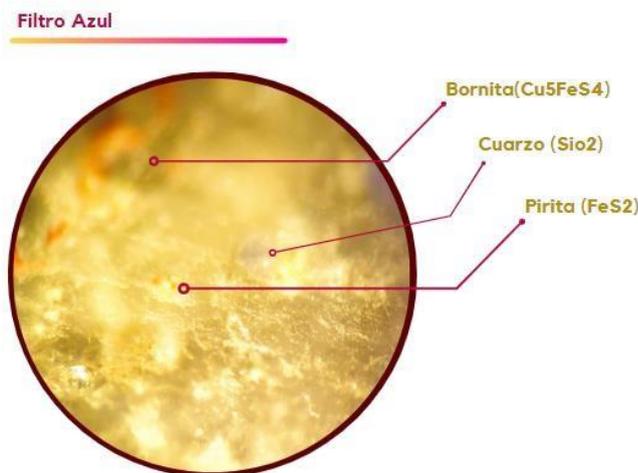
**Figura 17**  
*Análisis microscópico de roca sedimentaria dolomía*



*Nota.* Detalles de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca dolomía, en un filtro amarillo. Fuente: Elaboración propia (2022).

Por último, en la fotografía, con luz polarizada, en un filtro azul, en este último caso puede verse que la área izquierda y derecha están en posición de extinción y los colores de interferencia se vuelven, gradual y progresivamente, más pálidos hacia el centro del cuarzo. Esta cuenta con incrustaciones de pirita de color dorado de forma redondeada.

**Figura 18**  
*Análisis microscópico de roca sedimentaria dolomía*



*Nota.* Detalle de los minerales observados en microscopio metalográfico de la muestra de roca dolomía, en un filtro amarillo. Fuente: Elaboración propia (2022).

## Caracterización química

### Roca caliza

Por otra parte, los resultados del análisis químico, realizados en laboratorio, arrojaron los siguientes datos: En el análisis cuantitativo se detectaron los elementos presentes en la muestra de roca caliza. Los resultados obtenidos en mayor porcentaje fueron de la calcita en un 94,30%. Los demás elementos se encuentran en porcentaje mínimo como el fósforo y cloro.

**Tabla 6**

*Análisis químico de roca sedimentaria caliza.*

DETERMINACION	UNIDADES	RESULTADOS
Sílice	%	1.61
Aluminio	%	0.60
Hierro	%	0.24
Titanio	%	<0.05
Azufre	%	<0.05
Fósforo	%	<0.01
Insoluble en ácido	%	1.64
Sodio	%	0.08
Potasio	%	0.05
Cloro	%	<0.01
Cobre	Ppm	<0.01
Plomo	ppm	<0.01
Magnesio como CaCO <sub>3</sub>	%	1.09
Calcio como CaCO <sub>3</sub>	%	94.30
Calcio como calcio total	%	36.70

*Nota.* La tabla nos indica los principales elementos químicos de la roca caliza. Fuente: Laboratorio LASACI (2022).

### Roca Lutita

En el análisis cuantitativo se detectaron los elementos presentes en la muestra de roca caliza. Los resultados obtenidos en mayor porcentaje fueron del óxido de hierro en un 34,48% (Fe O). Los demás elementos se encuentran en porcentaje mínimo como el óxido de zinc (Zn O) y óxido de manganeso (Mn O).

**Tabla 7***Análisis químico de roca sedimentaria lutita.*

<b>DETERMINACION</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>METODO UTILIZADO</b>
Dióxido de silicio (Si O <sub>2</sub> )	23.87	
Oxido de calcio (Ca O)	0.09	
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	22.42	
Óxido de hierro (Fe O)	34.48	
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	0.02	Espectrometría de absorción Atómica
Óxido de magnesio (Mg O)	6.96	
Óxido de zinc (Zn O)	0.01	
Óxido de manganeso (Mn O)	0.07	
Óxido de titanio (Ti O)	0.02	
H <sub>2</sub> O Calc.	10.78	
<b>TOTAL</b>	<b>98.72</b>	

*Nota.* La tabla nos indica los principales elementos químicos de la roca lutita. Fuente: Laboratorio LASACI (2022).

### **Roca Dolomía**

En el análisis cuantitativo se detectaron los elementos presentes en la muestra de roca caliza. Los resultados obtenidos en mayor porcentaje fueron del óxido de silicio en un 82,36 % (Si O<sub>2</sub>). Los demás elementos se encuentran en porcentaje mínimo, siendo el más bajo como el óxido de zinc (Zn O).

**Tabla 8***Análisis químico de roca sedimentaria dolomía.*

<b>DETERMINACION</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>METODO UTILIZADO</b>
Dióxido de silicio (Si O <sub>2</sub> )	82.36	
Oxido de calcio (Ca O)	4.17	
Trióxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.95	
Óxido de hierro (Fe O)	1.06	
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	0.72	Espectrometría de absorción Atómica
Óxido de magnesio (Mg O)	0.31	
Óxido de zinc (Zn O)	0.01	
Óxido de manganeso (Mn O)	-	
Óxido de titanio (Ti O)	-	
H <sub>2</sub> O Calc.	6.17	
<b>TOTAL</b>	<b>98.75</b>	

*Nota.* La tabla nos indica los principales elementos químicos de la roca dolomía. Fuente: Laboratorio LASACI (2022).

#### 4.1.2 Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.

Se puede observar la fuerza de rotura y la resistencia a la compresión en las tablas 9 y 10 experimentado en los bloques con diferentes tipos de roca sedimentaria estabilizada con tierra agrícola, arena fina y agua, asimismo la fuerza de rotura está representada en kgf y la resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup>, se deduce que la resistencia a la compresión de las unidades es el resultado de la fuerza de rotura dividida entre el área de ensayo, la cual es de 100 cm<sup>2</sup> (área nominal) por ser una área cuadrada de 10 cm de arista.

**Tabla 9**

*Fuerza de rotura en kgf para ladrillos en base de roca sedimentaria.*

N°	Fuerza de rotura (kgf)			
	Muestra 0	Muestra de ro. Lutita	Muestra de ro. Dolomía	Muestra de ro. Caliza
1	1258	530	1558	840
2	1202	850	1180	470
3	1295	500	1430	930
4	1030	780	1518	500
5	1095	530	1429	970
6	1250	670	1220	600
7	1215	950	1433	950
8	1270	890	1678	790
9	1287	770	1662	832
10	1080	567	1598	641
11	1210	690	1473	587
12	1276	790	1490	638
13	1187	880	1532	943
14	1240	980	1446	869
15	1139	550	1568	978
<b>PROMEDIO</b>	1202	728	1481	769

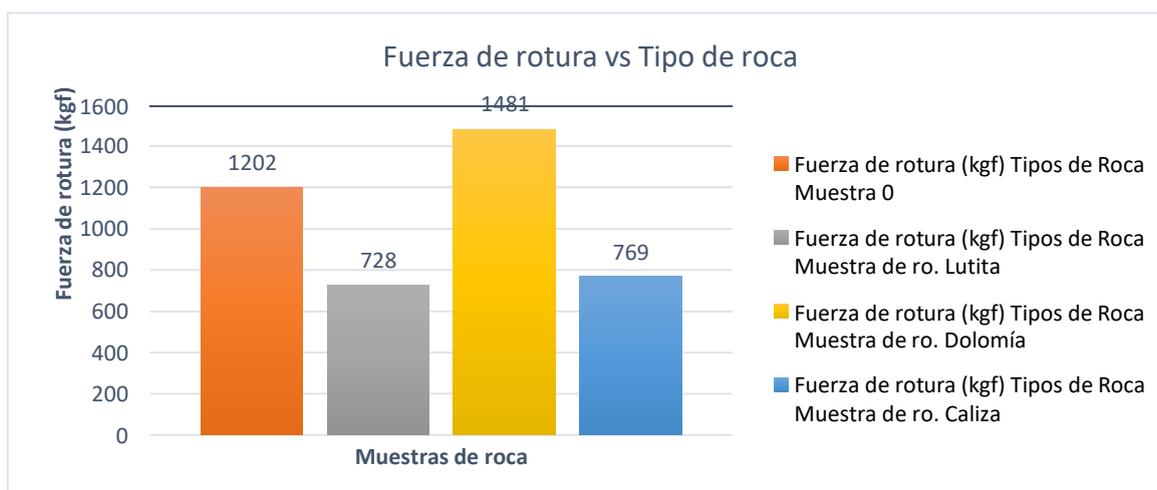
*Nota.* La tabla representa la fuerza de rotura de cada tipo de roca sedimentaria. Fuente: Elaboración propia (2022).

**Tabla 10***Resistencia a la compresión -f'c (kgf/cm<sup>2</sup>) para ladrillos en base de roca sedimentaria*

N°	Resistencia a la compresión -f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	Muestra 0	Muestra de ro. Lutita	Muestra de ro. Dolomía	Muestra de ro. Caliza
1	12.58	5.3	15.58	8.4
2	12.02	8.5	11.8	4.7
3	12.95	5	14.3	9.3
4	10.3	7.8	15.18	5
5	10.95	5.3	14.29	9.7
6	12.5	6.7	12.2	6
7	12.15	9.5	14.33	9.5
8	12.7	8.9	16.78	7.9
9	12.87	7.7	16.62	8.32
10	10.8	5.67	15.98	6.41
11	12.1	6.9	14.73	5.87
12	12.76	7.9	14.9	6.38
13	11.87	8.8	15.32	9.43
14	12.58	9.8	14.46	8.69
15	12.02	5.5	15.68	9.78
<b>PROMEDIO</b>	12	7	15	8

*Nota.* La tabla representa la resistencia a la compresión de cada tipo de roca sedimentaria. Fuente: Elaboración propia (2022).

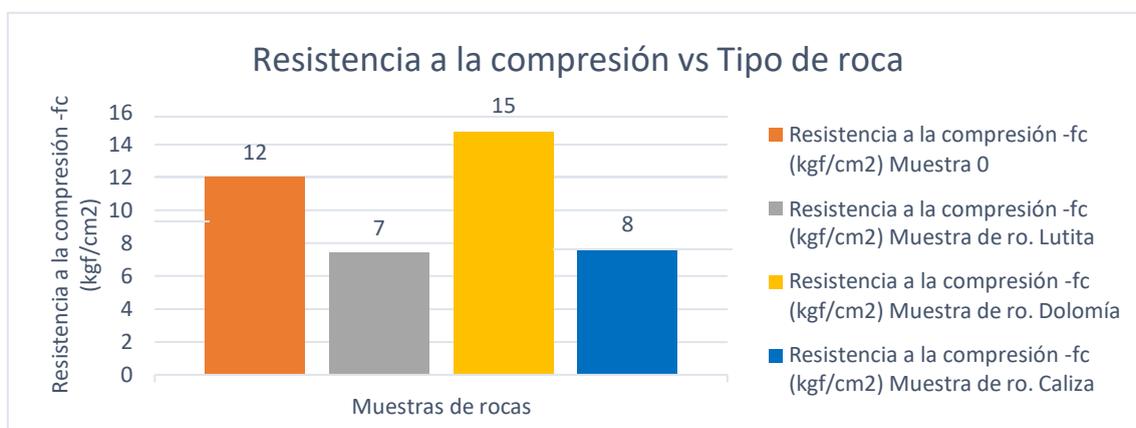
Por consiguiente, se observó en la muestra de roca dolomía valores más altos, superando largamente a las demás muestras de roca, siendo la roca lutita la que obtuvo valores más bajos a diferencia de todos los tipos de roca.

**Figura 19***Fuerza de rotura vs tipo de roca*

*Nota.* La figura nos indica la fuerza de rotura de los 3 tipos de roca sedimentaria. Fuente: Elaboración propia (2022).

## Figura 20

*Resistencia a la compresión vs muestra de roca.*



*Nota.* La figura nos indica la resistencia a la compresión de los 3 tipos de roca sedimentaria. Fuente: Elaboración propia (2022).

Como dato extra, la figura 19 nos indica mediante una grafico de barras la fuerza de rotura vs la muestra de cada tipo de roca sedimentaria, en cual se pudo distinguir un comportamiento variado, siendo la roca dolomía con los niveles más altos.

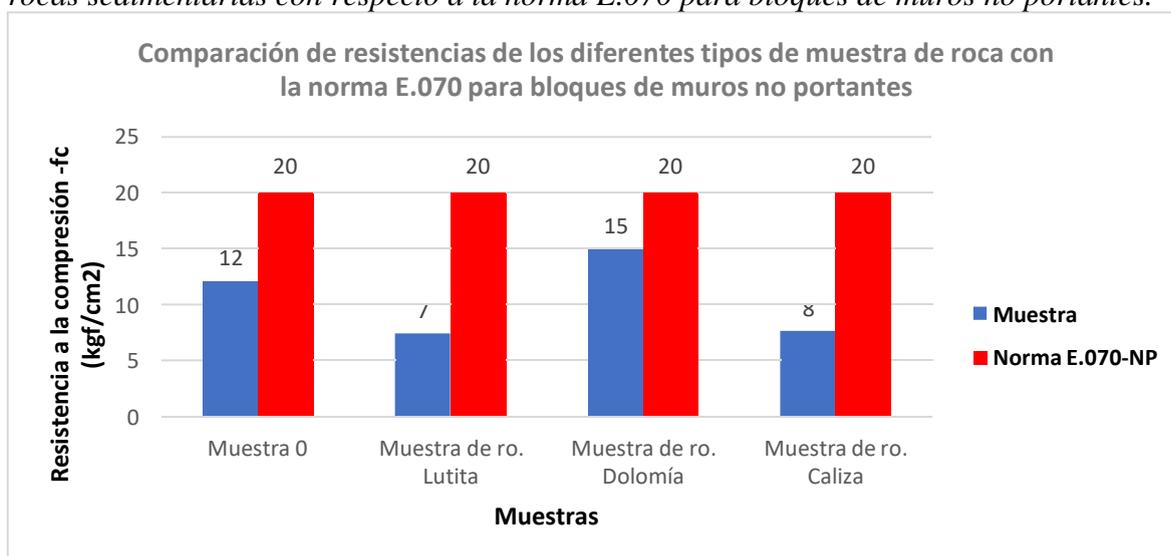
Así mismo, en la figura 20 nos indica la resistencia a la compresión vs la muestra de cada tipo de roca sedimentaria, siendo la roca dolomía con los niveles más altos. Todas las muestras tuvieron un periodo de curación de 28 días.

### **4.1.3 Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la Norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.**

En la Norma E.070 de “Albañilería” presentada por la RNE indica los requisitos básicos que debe tener los ladrillos, esta va acompañada de conceptos básicos, ensayos, cálculos y más. En la investigación presentada se toma como referencia la Tabla 7 “Clase de unidad de albañilería para fines estructurales” la que indica la existencia de 5 tipos de ladrillos y 2 bloques: portantes y no portantes, para los objetivos planteados se consideró la comparación de las resistencias a cada proporción y se comparó tanto el mínimo exigido para bloques no portantes como para bloques portantes, siendo esta ultima la referencia para el ladrillo Tipo I.

**Figura 21**

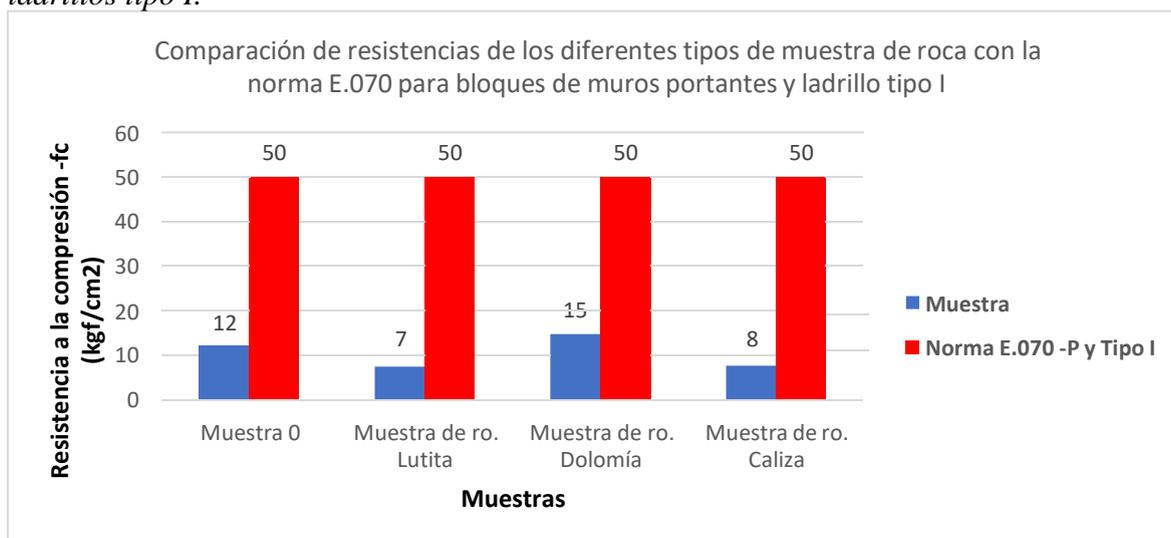
*Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes rocas sedimentarias con respecto a la norma E.070 para bloques de muros no portantes.*



*Nota.* La figura nos indica la comparación de la resistencia a la compresión de cada ladrillo estabilizado con rocas sedimentaria con respecto a bloques no portantes bajo norma E.070. Fuente: Elaboración propia (2022).

**Figura 22**

*Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes rocas sedimentarias con respecto a la norma E.070 para bloques de muros portantes y ladrillos tipo I.*



*Nota.* La figura nos indica la comparación de la resistencia a la compresión de cada ladrillo estabilizado con roca sedimentaria con respecto a bloques portantes y ladrillo Tipo I bajo la norma E.070. Fuente: Elaboración propia (2022).

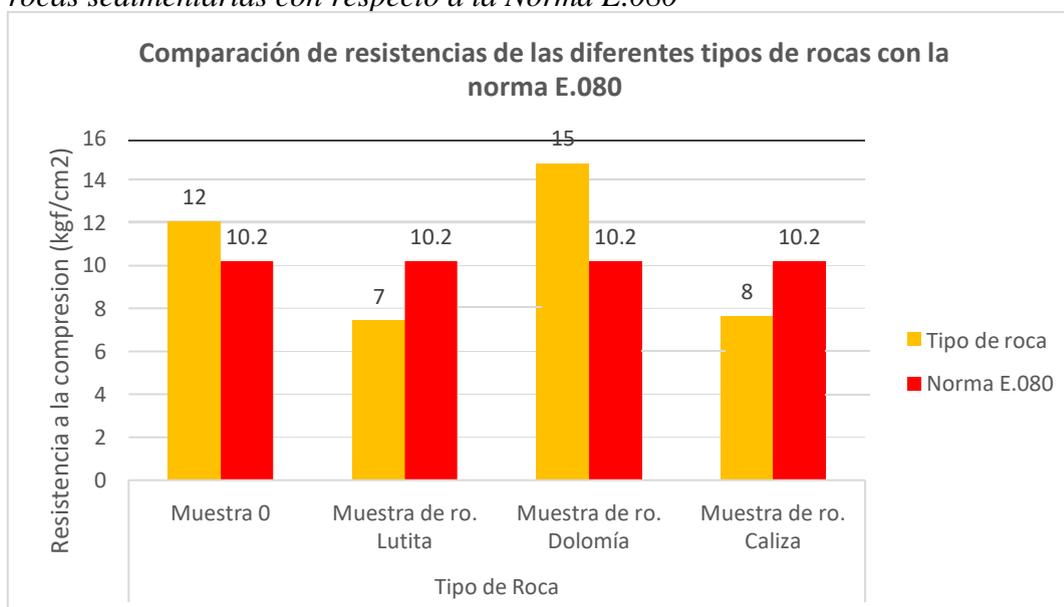
Se muestra la relación existente entre la resistencia a la compresión promedio obtenido con las diferentes muestras de rocas sedimentarias (estabilización) y la resistencia mínima requerida en la norma E.070 del RNE para bloques no portantes (Figura 21) así como para bloques portantes y ladrillos tipo I (Figura 22).

Como se observan en la figura 21 y 22, no llegan a superar el mínimo exigido por la norma E.070, para bloques de muros no portantes, portantes y tipo I requeridos como resistencia mínima.

Si bien la tesis tiene como objetivo general determinar el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados, se tuvo conveniente realizar un análisis no solo sobre los ladrillos (norma E.070), sino también de adobes, es por ello que se recurre a la norma E 0.80 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), titulada “Diseño y construcción con tierra reforzada”, la cual en su artículo 8, inciso 8.1, acápite b expresa que la resistencia última en cubos de adobe de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup> (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

**Figura 23**

*Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes rocas sedimentarias con respecto a la Norma E.080*



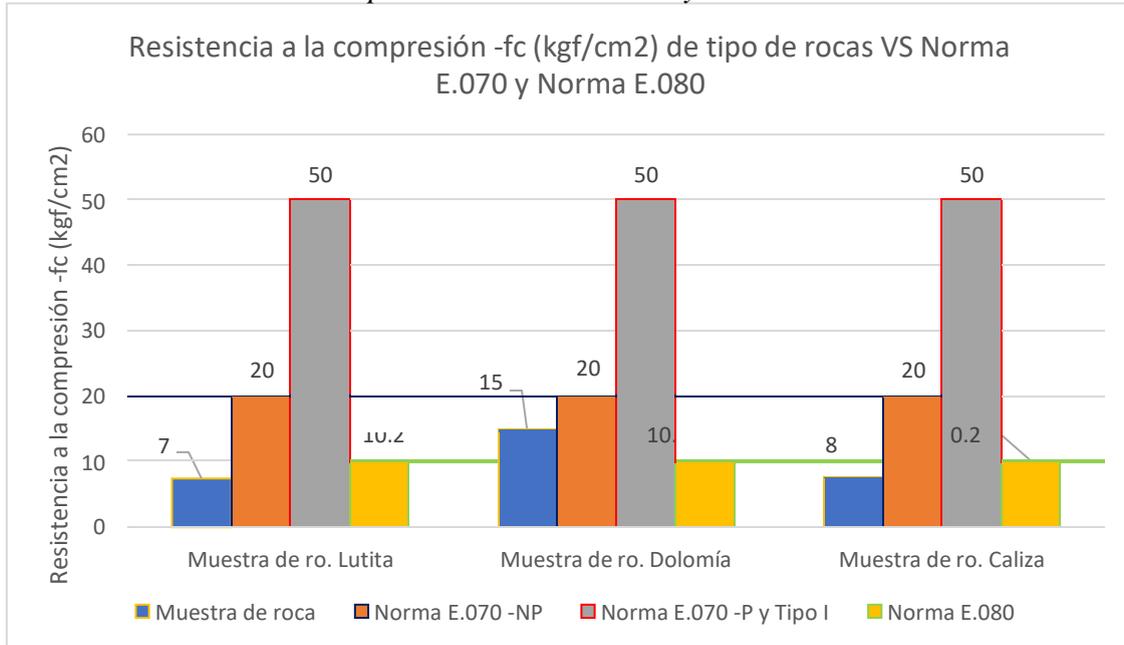
*Nota.* La figura nos indica la comparación de resistencias de los ladrillos con diferentes tipos de rocas con la norma E 080, destacando la muestra 0 y roca dolomía. Fuente: Elaboración propia (2022).

La figura 23 indica la relación existente entre la resistencia a la compresión promedio obtenida de las diferentes proporciones de mezclas y la resistencia mínima estipulada en la norma E.080 del RNE. Destacando a los valores de la muestra 0 con un promedio de 12 kgf/cm<sup>2</sup> y la roca dolomía de 15 kgf/cm<sup>2</sup>, la cual se consideran aptas para reemplazar al adobe ya que supera significativamente los 10.2 kgf/cm<sup>2</sup> estipulados según norma.

**4.1.4 Determinación del tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.**

**Figura 23**

*Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes rocas sedimentarias con respecto a la Norma E.070 y Norma E.080*



*Nota.* Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022).

En la figura 23 se observa los niveles de resistencia a la compresión de la muestra de rocas estudiadas lutita (color gris), dolomía (color amarillo) y caliza (color azul), en Destacando un comportamiento de mejor resistencia en la segunda muestra, dejando por niveles muy inferiores a la muestra principal de estudio caliza. Por ello se destaca el alto grado de resistencia a la compresión de la roca sedimentaria dolomía.

Sin embargo, ello no significa que cumple con lo estipulado en la norma E.070, tanto los 20 kgf/cm<sup>2</sup> para bloques de muros no portantes y 50 kgf/cm<sup>2</sup> para muros portantes y tipo I, teniendo que los bloques de la muestra de roca dolomía, podrían ser usados como adobes o para cercos perimétricos, de acuerdo con la Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra, el cual solo requiere un mínimo de 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.2 Pruebas de hipótesis

### 4.2.1 Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.

Para el análisis de la data obtenida se procedió a realizar el Análisis de Varianza (ANOVA) unidireccional para proseguir con la prueba de Tukey a 0.05% de significancia, la cual sirvió para experimentar las diferencias entre las medias de los tratamientos.

**Tabla 11**

*ANOVA Resistencia a la compresión kgf/cm<sup>2</sup> a base de roca sedimentaria.*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Entre grupos	589.208112	3	196.4	92.542	0.0107
Dentro de los grupos	118.848747	56	2.122		
Total	708.056858	59			

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

La Tabla 11 nos indica los resultados del análisis ANOVA realizado para las 4 muestras de rocas sedimentarias estudiadas, en el cual se observa que el valor estadístico F es de 92.542 y que la significancia (sig.) es de 0.01%, por lo que es menor que el planteado inicialmente 0,05 % ( $p < \alpha$ ), esto significa que de las 4 muestras evaluadas, por lo menos una es diferente a los demás, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), la cual indica que “existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros”.

Así mismo, la tabla 12 se observa la Prueba de Tukey, la cual se realiza entre las medidas de los subconjuntos (proporciones), en la que existió 4 grupos (muestras), de los cuales la roca dolomía tiene en el mayor valor de media al contrastarlos con los demás, siendo la de la más significancia en comparación con las demás.

**Tabla 12**

*Prueba de Tukey (medidas) para la resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup> para ladrillos a base de roca sedimentaria.*

<i>Descripción</i>	<i>Subconjunto para alfa =</i>	<i>0.05</i>			
<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Suma</i>	<i>Sig.</i>	<i>Varianza</i>	
Muestra 0	15	181.15	12.08	0.64602381	
Muestra de ro. Lutita	15	109.27	7.28	2.70095524	
Muestra de ro. Dolomía	15	222.15	14.81	1.93162857	
Muestra de ro. Caliza	15	115.38	7.69	3.21058857	

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

#### **4.2.2 Comparación de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la Norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.**

**Tablas 13**

*ANOVA para la resistencia a la compresión de cada proporción de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-NP.*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Entre grupos	1680.01212	4	420.00303	247.375	0.05066
Dentro de los grupos	118.8487467	70	1.697839238		
Total	1798.860867	74			

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

Los resultados que indica el ANOVA en tabla 13 corrobora que al observar el valor del estadístico F, este es de 247.375 y la significancia (sig.) 0.05% la cual es igual a la planteada de 0.05% ( $p < \alpha$ ). Por lo que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), la cual indica que, “Existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma”.

**Tabla 14**

*Prueba de Tukey (mediadas) para la resistencia a la compresión de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-NP.*

*Subconjunto para alfa = 0.05*

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Suma</i>	<i>Sig.</i>	<i>Varianza</i>
Muestra 0	15	181.15	12.08	0.64602381
Muestra de ro. Lutita	15	109.27	7.28	2.700955238
Muestra de ro. Dolomía	15	222.15	14.81	1.931628571
Muestra de ro. Caliza	15	115.38	7.69	3.210588571
E.070_np	15	300	20.00	0

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

Así mismo, en la Tabla 14 de la Prueba de Tukey, en la cual existe diferencias de medias significativas, resalta a la muestra de la roca dolomía como la de valor más alto, pero lo exigido por la Norma Técnica E.070 Albañilería.

**Tabla 15**

*ANOVA para la resistencia a la compresión de cada proporción de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-P.*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Entre grupos	19344.61212	4	4836.15303	2848.416341	0.014948254
Dentro de los grupos	118.8487467	70	1.697839238		
Total	19463.46087	74			

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

Se evidencia en la tabla 15 los resultados del ANOVA, el cual tiene un comportamiento de significancia (0.01%) la cual es menor a la significancia planteada (0.05%). Esto quiere decir que, si existe una diferencia entre las medidas de resistencia de cada muestra de roca con lo estipulado con Norma Técnica E.070 Albañilería para bloques Portantes y ladrillos Tipo I.

**Tabla 16**

*Prueba de Tukey (mediadas) para la resistencia a la compresión de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-P.*

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Sig.</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>
Muestra 0	15	12.07666667	9.044333333	
Muestra de ro. Lutita	15	7.284666667	37.81337333	
Muestra de ro. Dolomía	15	14.81	27.0428	
Muestra de ro. Caliza	15	7.692	44.94824	
E.070_np	15	20	0	
	75		118.8487467	70

*Nota.* Elaboración propia. Fuente: Excel (2022).

Así mismo, en la tabla N°16 en la Prueba de Tukey, se observa que ninguna muestra de roca sedimentaria supera al mínimo requerido por la Norma Técnica E.070 Albañilería para bloques de muros Portantes y ladrillos Tipo I.

#### **4.2.3 Determinación del tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.**

Luego de analizar y contrastar entre si los resultados obtenidos, así mismo realizada la comparación respectiva con la resistencia a la compresión mínima exigida en la normativa peruana, se indicó que ninguna de las muestras realizadas supera todos los mínimos requeridos por la norma E.070, siendo la resistencia resultante 16,78 kgf/cm<sup>2</sup> más alta, la cual pertenece a la muestra de roca dolomía, pero no supera lo estipulado por la norma la cual menciona, 20 kgf/cm<sup>2</sup> para bloques de muros no portantes y 50 kgf/cm<sup>2</sup> para muros portantes y ladrillos tipo I. Por ello, se rechaza la hipótesis general que indica, “Se determinó al tipo de roca sedimentaria caliza, con mejor propiedad para la compresión de ladrillos estabilizados” ya que la roca sedimentaria con la que se obtienen ladrillos con mejor resistencia a la compresión es la dolomía

### 4.3 Discusión de resultados

- La experimentación presento gran variación de resistencias a la compresión por cada tipo de roca sedimentaria. Presentado el mayor grado de resistencia a la compresión para ladrillos estabilizados, la roca dolomía con  $15 \text{ kgf/cm}^2$ , quedando por niveles bajos de acuerdo al patrón de muestra 0 ( $12 \text{ kgf/cm}^2$ , sin roca), la roca caliza ( $8 \text{ kgf/cm}^2$ ) y lutita ( $7 \text{ kgf}$ ) la cual en contraste con lo investigado por Vargas Grandez (2020) quien indica que el empleo de adiciones minerales en los aglomerantes hidráulicos como la diatomita (roca sedimentaria silica, constituida por esqueletos fosilizados) en la mezcla con cemento, logro un mayor grado de resistencia, pues esta reduce el porcentaje de vacíos y poros permeables, mejorando la consistencia y trabajabilidad debido a que se le añade un volumen más de finos, esto se debe a que el investigador utilizó una mezcla de roca y cemento lo cual generó estas propiedades a diferencia de lo realizado en esta tesis (uso de la roca molida sin calcinación ni ninguna mezcla).
- Con respecto a los experimentos realizados en laboratorio, para la caracterización física se pudo observar gracias al uso de un microscopio metalográfico los primeros indicios de los minerales presentes en cada tipo de roca, siendo para la muestra caliza, minerales de cuarzo, piritita, bornita y calcita, para la roca lutita, cuarzo, bornita, piritita y por último en la roca dolomía, la presencia de bornita cuarzo y piritita. Los cuales son contrastados con los resultados de la caracterización química, para la roca caliza, calcita en un 94,30% ( $\text{CaCo}_3$ ), para la roca lutita, óxido de hierro en un 34,48% ( $\text{Fe O}$ ) y roca dolomía, óxido de silicio en un 82,36 % ( $\text{Si O}_2$ ). Observando una variedad de cantidades porcentuales en su composición.
- Por otro lado, al comparar la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados presentan gran variedad, de acuerdo con su composición basada en una mezcla, de arena, tierra agrícola, agua y roca como estabilizante, en un periodo de 28 días de curado. Apoyados en nuestro patrón de muestra 0, la cual obtuvo una resistencia de  $12 \text{ kgf/cm}^2$ , se compara el grado de resistencia a la compresión de tres muestras de rocas sedimentarias de las cuales una supero el grado de resistencia de dicho patrón, roca dolomía con el mayor grado de resistencia con  $15 \text{ kgf/cm}^2$ , quedando como valores mínimos a la muestra de roca caliza con  $8 \text{ kgf/cm}^2$  y roca lutita con  $7$

kgf/cm<sup>2</sup>. De esta manera, Medina Saucedo (2020), realizó una estabilización con cemento para bloques de tierra comprimida (BTC), concluyendo que una adición del 10% de cemento, en relación con las cantidades de muestra, aumentan significativamente la resistencia a la compresión en un periodo de 7 a 21 días de curado, contrastado que al incluir cemento en nuestra mezcla de composición de la muestra de roca lutita incrementaría su valor de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.

- Finalmente, al comparar la resistencia mínima exigida en la norma E.070, se puede inferir que todas las unidades estabilizadas con rocas sedimentarias no son aptas para su uso tanto como bloques portantes (P), no portantes (NP) y Tipo. Luego de realizar el análisis y contrastar los resultados obtenidos y a su vez confrontando con la resistencia mínima requerida por la normativa, se indica que ninguna de las muestras de las rocas sedimentarias provenientes de pasivos ambientales mineros, supera significativamente todos los mínimos requeridos. Por otro lado, Vargas Silvera (2018) elaboro ladrillos a base de cemento y microsilice, logrando convertir las unidades NP (no portante) en unidades tipo P (Portantes), dosificando con porcentajes de cemento para mejor su resistencia. A sí mismo, se puede indicar que de acuerdo con lo mínimo exigido en la Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra., la muestra dolomía cumple con el estándar requerido de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>. De esta manera, Cruzado Ruiz (2018), realizó una evolución de resistencia y flexión del adobe con el reemplazo de desperdicios de ladrillos en porcentajes de 5%, 10% y 15%, concluyendo tener una hipótesis parcial debido a que en el primer porcentaje logro una resistencia de 23.840 kgf/cm<sup>2</sup>, para el segundo valor de 15.371kgf/cm<sup>2</sup> y el ultimo de 8.975 kgf/cm<sup>2</sup>, la cual no supera lo establecido por dicha norma.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

#### 5.1 Conclusiones

- Se logro experimentar con las muestras de distintos tipos de roca sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros caliza, dolomía y lutita teniendo en conclusión a la roca dolomía como la de mayor grado de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados y de menor grado a la roca de tipo lutita, sin embargo, no cumple con lo estipulado por la Norma de Técnica E.070 de Albañilería.
- Se logro experimentar en laboratorio las muestras de rocas sedimentarias provenientes de pasivos ambientales mineros, realizando una caracterización física, presentado en cortes de rocas laminadas minerales como cuarzo, pirita, bornita y calcita. Además de un estudio químico indicando los porcentajes de sus elementos.
- Existe una fuerte variedad de resistencias a la compresión de ladrillos estabilizados a base de rocas sedimentarias, destacando a la roca dolomía con 15 kgf/cm como la de mayor resistencia, en comparación con las demás muestras de rocas caliza (8 kgf/cm<sup>2</sup>) y lutita (7 kgf/cm<sup>2</sup>), partiendo del patrón de roca 0 (12 kgf/cm<sup>2</sup>)
- Se determino las resistencias a la compresión de las 3 muestras de rocas sedimentarias, teniendo a la roca dolomía con un valor máximo roca de 15 kgf/cm<sup>2</sup> y mínimo a la roca lutita de 7 kgf/cm<sup>2</sup> y roca caliza 8 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. Siendo comparados con los valores para bloques de muros no parantes 20 kgf/cm<sup>2</sup>, para bloques de muros portantes y ladrillos tipo I de 50 kgf/cm<sup>2</sup>, no logrando superar lo estipulado por la Norma Técnica de Albañilería E 0.70, pero si como adobe de acuerdo con la Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra.

## 5.2 Sugerencias

- Continuar con la presente investigación, teniendo en cuenta los valores de resistencia de las tres muestras de rocas sedimentarias, realizado un tratamiento con otras rocas de la misma clase.
- Continuar la investigación, teniendo en cuenta porcentajes más altos de roca como estabilizante y mezclas con otros elementos cementantes comunes que mejoren la resistencia a la compresión
- Investigar la determinación del tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados, incluyendo en su composición un porcentaje de cemento para lograr una mejor resistencia.
- Cambiar el uso de la normativa técnica E.070 de albañilería, por la Norma E.080 Diseño y Construcción Con Tierra, debido a que una de las muestras de estudio llego a sobrepasar el mínimo requerido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cárdenas Ticlavlilca, 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 posgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas] Repositorio Académico UPC.

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625225/Cardenas\\_T\\_F.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625225/Cardenas_T_F.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Camino Quispe, R., y Camino Quispe, R. (2017). *Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico-mecánicas del ladrillo King-King 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional*. [Trabajo de investigación por optar por el grado Bachiller, Universidad Andina el Cusco]. Repositorio UANDIN.

[http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/745/3/Richard\\_Ronal\\_Tesis\\_bachiller\\_2017\\_Part.1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/745/3/Richard_Ronal_Tesis_bachiller_2017_Part.1.pdf)

Corcuera Horna, C. (2015). *Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerroel Toro-Huamachuco*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional UNITRU.

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2969/TESIS%20MAESTRIA%20C%3%89SAR%20AUGUSTO%20CORCUERA%20HORNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quispe Amudio, M. (2016). *Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de Cunyac y cemento portland Tipo IP*. [Trabajo de investigación por optar por el grado Bachiller, Universidad Andina el Cusco] Repositorio UANDINA.

[http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/707/3/Merly\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_P\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/707/3/Merly_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf)

## ARTICULOS

Casadiago Quintero, E., Gutiérrez Bayona, A. G., Herrera Lopez, M. Ángel, & Páez Rojas, M. L. (2017). Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 8(2), 107 - 118.

<https://doi.org/10.22490/21456453.2035>

Ortiz Sánchez, O., Canchari Silverio, G., & Giraldo Paredez, E. (2011). Diseño de disposición conjunta de relaves y desmonte en la mina Yauricocha. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*, 14(27).

<https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i27.763>

Sun, W., Wang, H., & Hou, K. (2018). Control of waste rock-tailings paste backfill for activemining subsidence areas. *Journal of Cleaner Production*, 171, 567-579.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.253>

Talento, K., Amado, M. & Kullberg, J. (2020). The Reuse of Waste Heaps from Extraction Sites: An Architectural Methodology. *Sustainability*, 12(16), 6548.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6548/pdf>

Vilela, A. P., Eugênio, T. M. C., de Oliveira, F. F., Mendes, J. F., Ribeiro, A. G. C., Brandão, L. E. V. D. S., & Mendes, R. F. (2020). Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste. *Construction and Building Materials*, 262, 120883.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120883>

Zamora E, Gerardo, Blanco Vino, Walter, & Hinojosa Carrasco, Octavio. (2019).

Economía circular en minería: procesamiento de desmontes como alternativa de remediación ambiental. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2), 3-18. Recuperado en 14 de diciembre de 2020, de

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522019000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000200001&lng=es&tlng=es)

## **LIBROS**

Gallegos, H. y Casabonne, C. (Eds) (2005). *Albañilería estructural*. Fondo Editorial de Launiversidad Pontifica Católica del Perú.

<https://aportealaingcivil.blogspot.com/2016/05/albanileria-estructural-gallegos.html>

## **NORMAS**

Norma E.70 de 2006 (2006, 10 de junio). Congreso de la Republica. Diario Oficial el PeruanoN° 296.

<https://drive.google.com/file/d/1iWRPaYHN0Z4DMdL6Rvxul6dJEp4KGgz4/view>

## **LEYES**

Ley 28271 “Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera” de 2014. (2020,28 de diciembre) Congreso de la Republica. Diario Oficial El Peruano.

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-pasivos-ambientales-actividad-minera>

## **PAGINA WEB**

Calla, F. (2014, 26 de octubre). *Propiedades Físicas y mecánica de las rocas*. Slideshare.

<https://es.slideshare.net/MIRIANASCUAQUIROGA/propiedades-fisicas-y-mecde-rocas>

Cornelis, K. y Carmichael, R. (2020, 31 de marzo) Rock. *Encyclopædia Britannica*.

<https://www.britannica.com/science/rock-geology/Mechanical-properties>

Humanidad y medio. (2019, 28 de diciembre). *El ciclo de las rocas. Humanidad y Medio*.

<https://humanidadymedio.wordpress.com/2019/12/28/el-ciclo-de-las-rocas/>

Madrid M. (2020, 10 de marzo). *Fundamentos de la mecánica de las rocas. Portal del petróleo*.

<https://www.portaldelpetroleo.com/2020/03/fundamentos-de-mecanica-de-rocas.html>

Microsoft (2020, 28 de diciembre). *Definir y resolver un problema con Solver*. Microsoft 365.

<https://support.microsoft.com/es-es/office/definir-y-resolver-un-problema-con-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040#OfficeVersion=Windows>

National Geographic Society [NGS]. (2019, 22 de octubre). *Sedimentary Rocks. National Geographic*

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/sedimentary-rock/>

OxfordLanguages. (2020, 28 de diciembre). *Definición de estabilizante*.

Diccionario de español de Google.

<https://www.google.com/search?q=estabilizante&oq=estabilizante&aqs=chrome..69i57j69i59.2827j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Pacheco, L. (2020). *Minería Artesanal y a Pequeña Escala en el Perú: la formalización que nunca llega*. Derecho, Ambiente y recursos Naturales (DAR).

<https://dar.org.pe/mineria-artesanal-y-a-pequena-escala-en-el-peru-la-formalizacion-que-nunca-llega/>

Robert, S. (2020, 31 de marzo). *Rock*. *Encyclopædia Britannica*.

<https://www.britannica.com/science/rock-geology/Physical-properties>

Servicio Geológico Mexicano [SGM]. (2017, 22 de marzo). *Rocas sedimentarias*. *Gobiernode Mexico*.

<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-sedimentarias.html>

SimaPro. (2020, 28 de diciembre). SimaPro. México. <https://www.simapro.mx/>

Haya, E. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida*. EOI (Escuela de Organización Industrial).

<https://www.eoi.es/es/file/66611/download?token=BTXaL249#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20de%20Ciclo%20de,la%20cuna%20a%20la%20tumba>

Sampieri, R.; Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* 6ed. México D.F.: Mc Graw Hill.

Landeau, R. (2007). *Elaboración de trabajos de investigación*. Caracas:Editorial Alfa.

Cruz, C., Olivares, S., & González, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: Grupo Editorial Patria (Alan & Cortez, 2017).

# ANEXOS

**ANEXO 1**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<b>DETERMINACION DEL TIPO DE ROCA SEDIMENTARIA PROCEDENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS QUE MEJORE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS ESTABILIZADOS.</b>	<b>Problema General:</b>  ¿Cuál es el tipo de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión ladrillos estabilizados?	<b>Hipótesis General:</b>  Se determino al tipo de roca sedimentaria caliza, con mejor propiedad de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.	<b>Objetivo general:</b>  Determinar el tipo de roca sedimentaria procedentes de pasivos ambientales mineros que mejore la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.	<b>Variable Independiente</b>  Tipo de roca sedimentaria	Tipo	<b>Tipo</b>  <b>Experimental</b>  <b>Diseño</b>  Pre experimental
	<b>Problemas específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ¿Cuál es la caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros?</li> <li>■ ¿Cuál es la diferenciade resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros?</li> <li>■ ¿Existe una diferencia entre la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones?</li> </ul>	<b>Hipótesis específicas:</b>  <b>Hipótesis específica 1</b> No aplica  <b>Hipótesis específica 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ H0: No existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados.</li> <li>■ H1: Existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.</li> </ul> <b>Hipótesis específica 3</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ H0: No existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> <li>■ H1: Existe una diferencia significativa de resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 0.70 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> </ul>	<b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Realizar la caracterización física y química de las rocas sedimentarias procedentes de pasivos ambientales mineros.</li> <li>■ Comparar la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros.</li> <li>■ Comparar la resistencia a la compresión de ladrillos estabilizados con diferentes tipos de roca sedimentaria procedente de pasivos ambientales mineros contra lo estipulado en la norma E. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> </ul>	<b>Variable Dependiente</b>  Resistencia a la compresión	Resistencia	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>  Técnica de observacion. Formato bajo norma.

**ANEXO 2**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



Recolección de muestras de rocas sedimentarias.



Selección de muestras de rocas sedimentarias.



Análisis microscópico de muestras de rocas laminadas.



Trituración y tamizado de roca.



Rocas pulverizadas: dolomía, lutita, caliza



Mezcla: Arena, tierra agrícola, roca fina, agua.



Ladrillos realizados a base de rocas sedimentarias



Proceso de desencofrado y secado.



Proceso de rotura de ladrillos con compresor hidráulico

**ANEXO 3**

**RESULTADOS LABORATORIO**



LASACI
INFORME DE ANÁLISIS
LASACI/IQUNT

Table with 2 columns: Field and Value. Fields include SOLICITANTE, TESIS, MUESTRA, FECHA DE INGRESO, and MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO.

Análisis Químicos

Table with 3 columns: Determinación, Unidades, and Resultados. Lists chemical analysis results for various elements like Sílice, Aluminio, Hierro, etc.

TRUJILLO . 19 DE JULIO DEL 2022

Signature and stamp of Carlos Alberto Valdivia, Ingeniero Químico, CIP 122588, Director of LASACI.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



## LASACI

### INFORME DE ANÁLISIS LASACI/IQUNT

SOLICITANTE	: BR. SANCHEZ GONZALES, TIRZA SOFIA BR. RAMOS REYES, HERRY MIGUEL
TESIS	: "Determinación del Tipo de Roca Sedimentaria Procedentes de Pasivos Ambientales Mineros que mejore la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Estabilizados"
MUESTRA	: LUTITA
FECHA DE INGRESO	: 14 DE JULIO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

#### 1. LUTITA

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	23.87	Espectrometría de Absorción Atómica
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	0.09	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	22.42	
OXIDO DE HIERRO (Fe O)	34.48	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	0.02	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	6.96	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.07	
OXIDO DE TITANIO (Ti O2)	0.02	
H2O calc.	10.78	
TOTAL	98.72	

TRUJILLO, 19 DE JULIO DEL 2022

*Carlos Alberto Valqui*  
**CARLOS ALBERTO VALQUI**  
 INGENIERO QUIM  
 CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACETTE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632



### LASACI

## INFORME DE ANÁLISIS LASACI/IQUNT

SOLICITANTE	: BR. SANCHEZ GONZALES, TIRZA SOFIA BR. RAMOS REYES, HERRY MIGUEL
TESIS	: "Determinación del Tipo de Roca Sedimentaria Procedentes de Pasivos Ambientales Mineros que mejore la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Estabilizados"
MUESTRA	: <u>DOLOMIA</u>
FECHA DE INGRESO	: 14 DE JULIO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

### 2. DOLOMIA

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	82.36	Espectrometría de Absorción Atómica
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	4.17	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	3.95	
OXIDO DE HIERRO (Fe O)	1.06	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	0.72	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	0.31	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	-	
OXIDO DE TITANIO (Ti O2)	-	
H2O calc.	6.17	
TOTAL	98.75	

TRUJILLO, 19 DE JULIO DEL 2022

  
**CARLOS ALBERTO VAL**  
 INGENIERO G.  
 CIP 122588

  
**LASACI**  
 DIRECCION

**ANEXO 4**  
**RESULTADOS ESTADÍSTICA**

ANOVA Resistencia a la  
compresión kgf/cm<sup>2</sup> a base de roca  
sedimentaria.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestra 0	15	181.15	12.0766667	0.64602381
Muestra de ro. Lutita	15	109.27	7.28466667	2.70095524
Muestra de ro. Dolomía	15	222.15	14.81	1.93162857
Muestra de ro. Caliza	15	115.38	7.692	3.21058857

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	suma de cuadrados de libertad de los cua	F	Probabilidad	lor crítico para F
Entre grupos	589.208112	3	196.4	92.5424266
Dentro de los grupos	118.848747	56	2.12229905	0.01074709
Total	708.056858	59		2.76943093

ANOVA para la resistencia a la  
compresión de cada proporción de  
muestra de roca sedimentaria y la  
norma E.070-NP.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	suma de cuadrados de libertad de los cua	F	Probabilidad	lor crítico para F
Entre grupos	1680.01212	4	420.00303	247.375029
Dentro de los grupos	118.848747	70	1.69783924	0.05066528
Total	1798.86087	74		2.50265646

ANOVA para la resistencia a la  
compresión de cada proporción de  
muestra de roca sedimentaria y la  
norma E.070-P.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	suma de cuadrados de libertad de los cua	F	Probabilidad	lor crítico para F
Entre grupos	19344.6121	4	4836.15303	2848.41634
Dentro de los grupos	118.848747	70	1.69783924	0.01494825
Total	19463.4609	74		2.50265646

*TUKEY: Resistencia a la compresión kgf/cm<sup>2</sup> a base de roca sedimentaria.*

<i>Descripción</i>	<i>Subconjunto para alfa =</i>	<i>0.05</i>		
<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Suma</i>	<i>Sig.</i>	<i>Varianza</i>
Muestra 0	15	181.15	12.08	0.64602381
Muestra de ro. Lutita	15	109.27	7.28	2.70095524
Muestra de ro. Dolomía	15	222.15	14.81	1.93162857
Muestra de ro. Caliza	15	115.38	7.69	3.21058857

*TUKEY: Para la resistencia a la compresión de cada proporción de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-NP.*

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Suma</i>	<i>Sig.</i>	<i>Varianza</i>
Muestra 0	15	181.15	12.08	0.64602381
Muestra de ro. Lutita	15	109.27	7.28	2.70095524
Muestra de ro. Dolomía	15	222.15	14.81	1.93162857
Muestra de ro. Caliza	15	115.38	7.69	3.21058857
E.070_np	15	300	20	0

*Tukey: Para la resistencia a la compresión de cada proporción de muestra de roca sedimentaria y la norma E.070-P.*

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Sig.</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>
Muestra 0	15	12.0766667	9.04433333	
Muestra de ro. Lutita	15	7.28466667	37.8133733	
Muestra de ro. Dolomía	15	14.81	27.0428	
Muestra de ro. Caliza	15	7.692	44.94824	
E.070_np	15	20	0	
	75		118.848747	70

**ANEXO 5**

**RESULTADOS DE TURNITIN**

# DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ROCA SEDIMENTARIA PROCEDENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS QUE MEJORE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS ESTABILIZADOS.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**20%**  
INDICE DE SIMILITUD

**19%**  
FUENTES DE INTERNET

**2%**  
PUBLICACIONES

**11%**  
TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://www.uct.edu.pe">www.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.unach.edu.pe">repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://jsvsl.wikispaces.com">jsvsl.wikispaces.com</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="https://repositorio.uct.edu.pe:8080">repositorio.uct.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1 %
11	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="https://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	1 %
14	Submitted to Universidad Católica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	1 %
15	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
16	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	< 1 %
17	<a href="https://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	< 1 %
18	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
19	<a href="https://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %

20

[repository.icesi.edu.co](http://repository.icesi.edu.co)

Fuente de Internet

< 1 %

---

21

[repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

< 1 %

---

22

Submitted to Colegio Champagnat

Trabajo del estudiante

< 1 %

---

23

Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia

Trabajo del estudiante

< 1 %

---

24

[repositorio.beceneslp.edu.mx](http://repositorio.beceneslp.edu.mx)

Fuente de Internet

< 1 %

---

25

[sociedadnuclear.org.mx](http://sociedadnuclear.org.mx)

Fuente de Internet

< 1 %

---

26

Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

Trabajo del estudiante

< 1 %

---

27

[repositorio.uap.edu.pe](http://repositorio.uap.edu.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

---

28

[repositorio.upt.edu.pe](http://repositorio.upt.edu.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

---

29

[dar.org.pe](http://dar.org.pe)

Fuente de Internet

< 1 %

---

30

[www.scielo.org.bo](http://www.scielo.org.bo)

Fuente de Internet

< 1 %

---

31	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
32	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
33	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	< 1 %
34	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
35	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	< 1 %
36	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
37	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	< 1 %
38	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	< 1 %
39	Submitted to Universidad Dr. José Matías Delgado Trabajo del estudiante	< 1 %
40	<a href="http://www.dipres.gob.cl">www.dipres.gob.cl</a> Fuente de Internet	< 1 %
41	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	< 1 %

42

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

< 1 %

---

43

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

---

44

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

---

45

www.doccity.com

Fuente de Internet

< 1 %

---

46

www.tdx.cat

Fuente de Internet

< 1 %

---

47

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

< 1 %

---

48

documentop.com

Fuente de Internet

< 1 %

---

49

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

< 1 %

---

50

repositorio.upp.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

---

51

repositorio.untumbes.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

---

52

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

< 1 %

---

---

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo