

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE CIVIL**



**TESIS:**

**LADRILLOS REFRACTARIO DE ALÚMINA A PARTIR DE LODOS  
RESIDUALES MINERALES EN LA REGIÓN JUNÍN**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. SOTO CAHUANA, ABRAHAM ABICK**

**Línea de Investigación Institucional**

**Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**



Asesor:  
**Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla**  
Asesor de Tesis.

## **DEDICADO**

A mis padres, quienes son ejemplo de amor, unión y trabajo, a mis hermanos y hermanas, quienes son el motivo de mi superación y a todos mis familiares que contribuyeron en mi formación profesional.

Abraham A. Soto Cahuana.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, por brindarme invaluables conocimientos que fortalecieron mi formación Profesional y la obtención del título profesional de Ingeniero Civil.

## CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

**Dr. Casio Aurelio Torres López** presidente  
Presidente

---

**Ing. Christian Mallaupoma Reyes**  
Jurado

---

**Ing. Julio Buyu Nakandakare Santana**  
Jurado

---

**Ing. Rando Porras Olarte**  
Jurado

---

**Mg. Miguel Ángel Carlos Canales**  
Secretario

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	vii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	2
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	3
1.2.1. Problema general .....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Justificación .....	4
1.3.1. Practica o social.....	4
1.3.2. Científica o teórica .....	4
1.3.3. Metodológica.....	4
1.4. Delimitaciones.....	4
1.4.1. Espacial.....	4
1.4.2. Temporal .....	5
1.4.3. Económica.....	5
1.5. Limitaciones .....	5
1.5.1. Teórico .....	6
1.5.2. Técnicos .....	6
1.5.3. Económicas.....	6
1.6. Objetivos .....	6
1.6.1. Objetivo general.....	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes .....	8

2.2.	Marco conceptual .....	12
2.2.1.	Ladrillos .....	12
2.2.1.1.	Proceso de fabricación .....	15
2.2.2.	Ladrillo refractario .....	16
2.2.3.	Lodos .....	19
2.2.3.1.	Diferentes tipos de lodos .....	19
2.2.4.	Caracterización de los lodos .....	21
2.2.4.1.	Método de muestreo .....	21
2.2.4.2.	Alistamiento de muestra .....	22
2.2.5.	Alúmina .....	22
2.3.	Definición de términos .....	23
2.4.	Hipótesis .....	24
2.4.1.	Hipótesis general .....	24
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	24
2.5.	Variables .....	24
2.5.1.	Definición conceptual de la variable .....	24
2.5.1.1.	Variable independiente (X): Lodos residuales minerales .....	25
2.5.1.2.	Variable dependiente (Y): Ladrillo refractario de alúmina .....	25
2.5.2.	Definición operacional de la variable .....	25
2.5.2.1.	Variable independiente: Lodos residuales minerales .....	25
2.5.2.2.	Variable dependiente: Ladrillo refractario de alúmina .....	25
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	26
CAPITULO III METODOLÓGIA .....		27
3.1.	Método de investigación .....	27
3.2.	Tipo de investigación .....	27
3.3.	Nivel de investigación .....	27
3.4.	Diseño de investigación .....	28



3.4.1.	Esquema de investigación .....	28
3.5.	Población y muestra .....	28
3.5.1.	Población.....	28
3.5.2.	Muestra .....	29
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.6.1.	Análisis documental o bibliográfico .....	29
3.6.2.	Fichas de registros .....	30
3.6.3.	Informes de ensayo de laboratorio .....	30
3.7.	Procesamiento de información.....	31
3.8.	Técnicas y análisis de datos .....	31
3.8.1.	Software: .....	31
3.8.2.	Las Medidas de Tendencia Central: .....	32
CAPITULO IV RESULTADOS.....		33
4.1.	Evaluación lodo residual .....	33
4.1.1.	Ubicación geográfica de cantera de lodo de alúmina .....	34
4.1.2.	Resultados de la caracterización y análisis mineralógico .....	36
4.1.2.1.	Cantidad de lodos en las muestras .....	38
4.2.	Experimentación, producción de ladrillos.....	39
4.2.1.	Equipos y condiciones de producción .....	39
4.2.2.	Dosificación de mezclas .....	41
4.2.3.	Comportamiento de las muestras .....	43
4.2.3.1.	Comportamiento de la mezcla M30 .....	44
4.2.3.2.	Comportamiento de la mezcla M50 .....	45
4.2.3.3.	Comportamiento de la mezcla m70 .....	45
4.2.4.	Validación de muestras .....	45
4.3.	Caracterización de ladrillo .....	45
4.3.1.	Ensayos de alabeo .....	46

4.3.2.	Ensayos de variación dimensional .....	47
4.3.3.	Ensayos de resistencia a la compresión .....	47
4.3.4.	Pruebas de resistencia al calor (pirometria).....	49
4.3.5.	Precio de producción y precio de venta. ....	54
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		56
5.1.	Caracterización y/o clasificación de ladrillo de lodo residual mineral 56	
5.1.1.	Discusión 01: Materia prima.....	56
5.1.2.	Discusión 02: Producción de muestras .....	56
5.1.3.	Discusión 03: Caracterización de muestras .....	57
5.1.3.1.	Por alabeo .....	57
5.1.3.2.	Por variación dimensional .....	57
5.1.3.3.	Por resistencia a la compresión.....	61
5.1.3.4.	Por absorción de agua .....	63
5.1.3.5.	Por resistencia al calor (pirometria).....	64
5.1.3.6.	Precio de producción y precio de venta .....	65
5.1.3.6.1.	Precio de producción .....	65
5.1.3.6.2.	Precio de venta .....	65
1.1.	Resultado .....	65
1.1.1.	Validación de hipótesis.....	66
CONCLUSIONES.....		68
RECOMENDACIONES .....		69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		70
ANEXOS.....		71
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....		72
ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION DE LA CANTERA DE LODO RESIDUAL MINERAL. ....		73

ANEXO 3 CERTIFICADOS DE ENSAYOS - LADRILLO REFRACTARIO CON ALUMINA. ....	75
ANEXO 4 PROCESAMIENTO DE DATOS EN SOFTWARE IBM – SPSS VERSION 25.00 .....	84
ANEXO 5 REVISTA “CONVICCIONES” .....	87
ANEXO 6 ANALISIS DE COSTO UNITARIO Y PRESUPUESTO DE INSUMO .....	98

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de ladrillos de alta alúmina .....	18
Tabla 2: Parámetros de caracterización de lodos ínsito.....	21
Tabla 3: Resultados de los parámetros de caracterización.....	38
Tabla 4: Resultados de composición de los lodos obtenidos de las muestras 38	
Tabla 5: Determinación de porcentaje de lodos por volumen de agua .....	39
Tabla 6: Mezclas con diferentes concentraciones de lodo húmedo por unidad de ladrillo .....	42
Tabla 7: Definición de mezclas y cantidad de ladrillos por unidad .....	42
Tabla 8: Pruebas de variación dimensional en frío de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.....	47
Tabla 9: Pruebas de variación dimensional en frío de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.....	47
Tabla 10: Resistencia a la compresión de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.....	48
Tabla 11: Resistencia a la compresión de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.....	48
Tabla 12: Porcentaje de absorción de agua de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.....	49
Tabla 13: Porcentaje de absorción de agua de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.....	49
Tabla 14: Datos de resistencia al calor de ladrillo con 30% de lodo aluminoso (Temperatura ambiental exterior 12.0°C). .....	52
Tabla 15: Promedio de datos de resistencia al calor de ladrillo con 30% de lodo aluminoso.....	52
Tabla 16: Datos de resistencia al calor de ladrillo con 50% de lodo aluminoso (Temperatura ambiental exterior 21.0°C). .....	53

Tabla 17: Promedio de datos de resistencia al calor de ladrillo con 50% de lodo aluminoso.....	54
Tabla 18: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070 “Largo o Soga”. .....	58
Tabla 19: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070 “Alto o tizón”. .....	59
Tabla 20: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070“Ancho o grueso”. .....	60
Tabla 21: Clasificación del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según la resistencia a la compresión, Norma E.070.....	61
Tabla 22: Clasificación del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma Técnica Peruana 331.008. ....	62
Tabla 23: Evaluación de porcentaje de absorción de agua del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070. ....	63
Tabla 24: Evaluación de la resistencia al calor del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma Técnica Peruana 331.008. ....	64
Tabla 25: Evaluación de la resistencia al calor del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma A.130.....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de delimitación espacial de la investigación. ....	5
Figura 02: Clase se unidad de albañilería para fines estructurales, Norma E.070 – Reglamento Nacional de Edificaciones. ....	14
Figura 03: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales, Norma E.070 – Reglamento Nacional de Edificaciones .....	14
Figura 4:Tiempo de resistencia al fuego, Norma. A130 – Reglamento Nacional de Edificaciones. ....	18
Figura 5: Visualización del área afectada por relaves mineros, Revista Convicciones (2015 p30.). ....	33
Figura 6: visualización actual a enero del 2018, de la zona de depósito de relaves de la ex Planta Metalúrgica de Yauris, Revista Convicciones (2015 p30.).	34
Figura 7: imagen de ubicación de zona afectada por relaves mineros, Revista Convicciones (2015 p30.). ....	35
Figura 8: plano de ubicación y localización de cantera para delimitar el área superficial de la cantera en la actualidad.....	35
Figura 9: identificación del espesor de estrados de aproximadamente 1 m; además la identificación de coloración de óxidos. ....	36
Figura 10: recolección de muestra alterada del lodo residual mineral, previa limpieza de materiales orgánicos de la superficie.....	36
Figura 11: almacenamiento de la muestra para su envío a laboratorio de la muestra alterada de lodo residual mineral.....	37
Figura 12: recolección y almacenamiento de la muestra inalterada en recipientes termo resistentes para si envío al laboratorio de los lodos residuales minerales .....	37
Figura 13: identificación de uno de los hornos de fabricación industrial tecnificado - Industria Cerámica Laroka E.I.R.L; aquí posteriormente se realizará la fabricación de nuestros ladrillos refractarios de alúmina. ....	40

Figura 14: evaluación física visual de ladrillos refractarios de alúmina, las muestras fabricadas están apiladas en la estantería para evitar el alabeo por presión vertical. ....	43
Figura 15: modelo de ficha de evaluación empleada para el control de calidad de las muestras durante su fabricación provistas por la planta de producción. ....	44
Figura 16: uso de carbón mineral para alcanzar y mantener la temperatura deseada en los ensayos de pirometria, .....	50
Figura 17: equipos de control y equipos de seguridad empleados para la elaboración del ensayo rudimentario de Pirometria al cual se someterán las muestras.....	51
Figura 18: visualización del multímetro digital, donde se verifica la temperatura en grados centígrados (°C) exterior de las muestras. ....	53
Figura 19: visualización del multímetro digital, donde se verifica la temperatura en grados centígrados (°C) interior de las muestras, punto de muestro en la parte inferior del horno, en plancha de acero. ....	54
Figura 20: resultado de la hoja de presupuesto de producción ladrillo con 50% de lodo aluminoso .....	55
Figura 21: resultado de la hoja de presupuesto de producción ladrillo con 30% de lodo aluminoso .....	55
Figura 22: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 18.....	58
Figura 23: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 19.....	59
Figura 24: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 20.....	60
Figura 25: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según resistencia a la compresión respecto a la tabla 21. ....	61
Figura 26: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según resistencia a la compresión respecto a la tabla 22. ....	62

Figura 27: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según  
resistencia a la compresión respecto a la tabla 23. .... 63



## RESUMEN

La presente investigación respondió al problema general ¿Cómo diseñar ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para su uso en la industria de la construcción mediante el uso de lodos residuales minerales?, el objetivo general fue diseñar ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para uso en la industria de la construcción, usando lodos residuales minerales, la hipótesis general que se contrastó fue que los ladrillos refractario de alúmina diseñados, partir de lodos residuales minerales, poseen características extraordinarias para uso en la industria de la construcción.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo y de diseño cuasi experimental, se elaboró una población dirigida de 60 unidades evaluadas en su totalidad, con diferentes diseños de mezclas de lodo aluminoso, se desestimó la técnica del muestreo por la baja población generada.

Al finalizar los estudios y evaluaciones se logró diseñar ladrillos refractario de alúmina, con características favorables para la industria de la construcción mediante el uso de lodos residuales minerales, en la región Junín.

Palabras clave: refractario, alúmina, lodo residual, minerales.

## **ABSTRACT**

The present investigation responded to the general problem How to design alumina refractory bricks with characteristics suitable for use in the construction industry through the use of mineral waste sludge ?, The general objective was to design alumina refractory bricks with characteristics suitable for use in The construction industry, using mineral waste sludge, the general hypothesis that was contrasted was that the designed alumina refractory bricks, from mineral waste sludge, possess extraordinary characteristics for use in the construction industry.

The research method was the scientist, the type of research was applied, of an explanatory level and of a quasi-experimental design, a targeted population of 60 units evaluated in its entirety was developed, with different designs of mixtures of aluminous sludge, the technique was rejected of sampling by the low population generated.

At the end of the studies and evaluations, alumina refractory bricks were designed, with favorable characteristics for the construction industry through the use of mineral waste sludge, in the Junín region.

Keywords: refractory, alumina, residual sludge, minerals.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como objetivo ampliar el conocimiento de uso de lodos residuales minerales y su aplicación como materia prima para la fabricación de insumos de construcción. Así generar insumos para la construcción de calidad óptima según estándares nacionales, fomentando la disminución de la contaminación y el impacto ambiental; es así que mediante la utilización de lodos aluminosos nos proponemos emplearlos en la fabricación de ladrillos refractario que cumplan los estándares mínimos requeridos por la normativa nacional.

Para entender la investigación, se dividió nuestro estudio en cinco capítulos y son los siguientes:

Capítulo I el Problema de Investigación; como punto de partida, trata sobre planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II del Marco Teórico; aquí se presentan los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, Hipótesis, y las variables siendo estas últimas del tipo dependiente e independiente.

Capítulo III: Metodología, menciona el uso del método, tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población, muestra y las diferentes técnicas y procesos de recolección y análisis de datos con el fin de llegar al propósito de la investigación.

Capítulo IV resultados; aquí se presentan los resultados obtenidos en nuestro estudio cuantificando las propiedades de los elementos analizados.

Capítulo V de la discusión de los resultados; aquí se analizan y discuten los resultados obtenidos mediante una evaluación comparativa con la normativa nacional vigente.

Culminamos la tesis, presentando las conclusiones, sugerencias, referencias bibliográficas y anexos los cuales ayudaran a sustentar la información analizada.

Bach. Abraham A. Soto Cahuana.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Es de conocimiento público que los desechos industriales están generando cambios climáticos en todo el mundo, es así que mediante diferentes estudios, profesionales a nivel mundial trabajan en maneras de mitigar estos impactos, a la vez también se requiere devolver o restaurar la naturaleza a su equilibrio biológico, es así que el estudio aquí presentado es un esfuerzo más para mantener el equilibrio en nuestras áreas naturales en la región Junín, utilizando lodos acumulados de la industria, para la fabricación del insumo “Ladrillo refractario”.

Para iniciar el presente trabajo de investigación nos propusimos encontrar una cantera de lodos con gran cantidad de contenido de metales, es así que se localizó un área afectada siendo esta una zona antigua de depósito de desechos de refinamiento metalúrgico ubicado en el barrio Yauris, en la zona denominada agua de las Vírgenes, distrito de El Tambo, la cual es denominada zona de riesgo ambiental, este anuncio fue realizado mediante la una publicación en la revista científica “Convicciones”, publicado por la universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP (2015). Así se obtuvo el problema de empleo de estos desechos como materia prima para la elaboración en algún insumo para la construcción, mediante una evaluación de composición mineralógica se detectó el gran contenido de lodo de alúmina con la cual se procederá a plantear una aplicación, en este caso adicionarlos en la fabricación de ladrillos ya que según estudios realizados en otras partes del mundo ya se ha realizado

evaluaciones a lodos de alúmina, la cual otorga la propiedad refractaria a los cerámicos donde se los usa como materia prima de fabricación.

Además, en la actualidad se viene trabajando con insumos comunes de la construcción, sin innovar en el proceso constructivo y/o implementar insumos con mejores características para requerimientos específicos de servicio, en la elaboración de infraestructura de edificaciones.

Mediante esta investigación se planea fabricar estos ladrillos refractarios con lodos residuales aluminosos y evaluarlos según la normativa nacional vigente, acerca de ladrillos cerámicos refractarios, así de esta manera identificar sus características y recomendar sus probables y/o mejores usos.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo diseñar ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para su uso en la industria de la construcción mediante el uso de lodos residuales minerales?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Será posible analizar estos lodos residuales minerales para el uso como reemplazo parcial de la arcilla de fabricación del ladrillo?
- b) ¿Es posible describir y definir las condiciones de fabricación de ladrillo refractario de alúmina mediante la mezcla controlada lodos residuales minerales?
- c) ¿Puede calificarse al ladrillo refractario aluminoso con características adecuadas para uso en construcción de edificaciones?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Practica o social**

Se justifica bajo la necesidad de eliminar los lodos residuales minerales de un entorno al cual no pertenecen, y brindar materiales refractarios a la industria de la construcción que cumplan los estándares de calidad normados, de esta manera también suplir los requerimientos de los consumidores a nivel local.

#### **1.3.2. Científica o teórica**

Existen varias canteras de lodo de alúmina que son rezagos de la industrialización, este material puede ser empleado en la construcción para minimizar, siendo así que se empleó en esta investigación el uso de una cantera al cual tiene las cualidades antes mencionadas, dando a conocer una forma de empleo como materia prima en la construcción.

#### **1.3.3. Metodológica**

Nuestro estudio se justifica porque se busca utilizar una cantera de concentración de lodo residual mineral mencionado en la publicación: riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris – Huancayo. (16 de diciembre del 2015), esta cantera contiene una gran cantidad de lodo aluminoso el cual usaremos como materia prima parcial para fabricar ladrillos refractarios de manera experimental mediante una comparación de dosificación durante la fabricación, así de esta manera definir las propiedades y/o características físicas, todo esto acorde a parámetros normados nacionales y talvez internacionales.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Espacial**

Nuestra investigación se desarrollará en la región Junín.

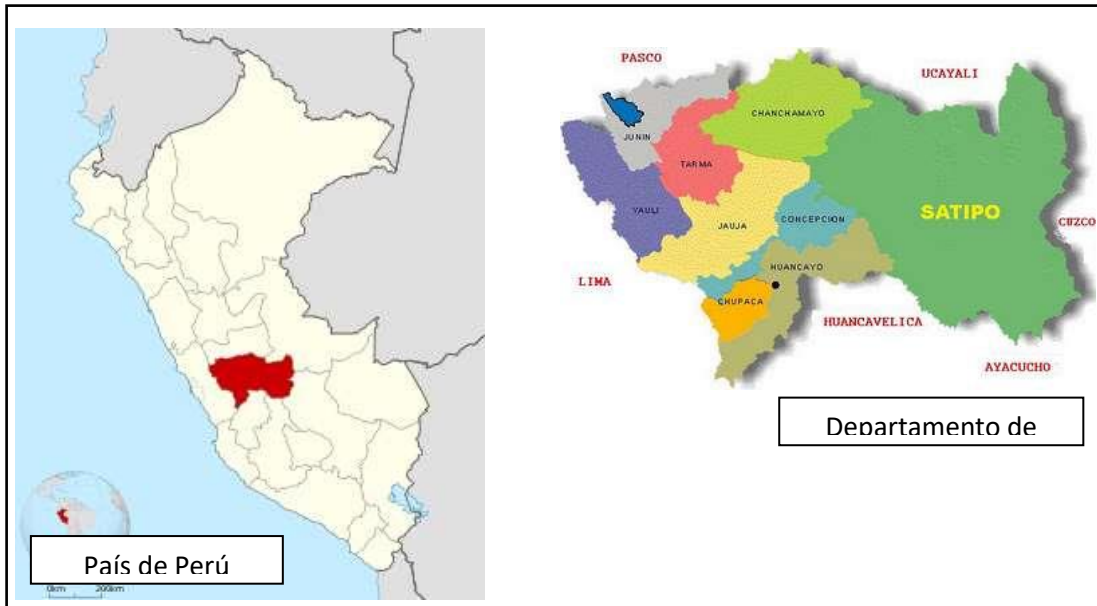


Figura 01: Mapa de delimitación espacial de la investigación.

#### 1.4.2. Temporal

La investigación se desarrollará en el lapso de 4 meses (de noviembre a febrero), correspondiente al año 2018. Siendo el tiempo de dedicación del investigador parcial de acuerdo a los requerimientos de la investigación.

#### 1.4.3. Económica

La investigación se restringe a investigar 3 grupos de 20 muestras cada uno de ladrillos refractario con porcentajes de 30%, 50% y 70% de lodo de alúmina.

El financiamiento económico para la experimentación y todo el procedimiento referente a la investigación fue propia del autor.

### 1.5. Limitaciones

En este párrafo se señala que la información para la realización de esta investigación no es de alcance libre, puesto que varias normas técnicas son de uso exclusivo del estado peruano, es así que se tuvo que comprar las licencias para la disposición de la información.

Otra limitación fue el poco interés en la actualidad por los materiales de construcción o variantes de estos del tipo refractario, de esta manera se vuelve un tema poco discutible en la actualidad con profesionales del entorno en la región.

#### **1.5.1. Teórico**

la limitación en este parámetro fue la poca disponibilidad de bibliografía libre que los temas concernientes a productos refractarios teniendo como único proveedor de información “desactualizada” al “Instituto Nacional de Calidad” (INACAL) quienes en la actualidad velan por los derechos de autor de las “Normas Técnicas Peruanas”.

#### **1.5.2. Técnicos**

Se tuvo limitaciones de este tipo, sabiendo que no se tiene maquinas o equipos a la mano para las pruebas prometricas en la región, se procedió a realizar pruebas mediante la utilización o fabricación de equipos requeridos para poder obtener la información.

#### **1.5.3. Económicas**

No se tuvo limitaciones económicas, puesto que se previó el los gastos que se realizarían, incluyendo costos de contingencias.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Diseñar ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para uso en la industria de la construcción, a partir de lodos residuales minerales.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Analizar los lodos residuales minerales como reemplazo parcial de la arcilla de fabricación del ladrillo.



- b) Describir y definir las condiciones de fabricación de ladrillo refractario de alúmina mediante la mezcla controlada lodos residuales minerales.
- c) Calificar al ladrillo refractario aluminoso obtenido identificando su uso adecuado para la construcción de edificaciones.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Dentro de los antecedentes tenemos las investigaciones:

**Elaboración de materiales cerámicos mediante la utilización de lodos generados en una planta potabilizadora mezclados con arcilla para elaborar ladrillos** (Ramírez Zamora *et al.*, 2008). El análisis de resultados en este estudio permitió determinar que la optimización adicional, es posible debido a que se obtuvo un ladrillo de baja densidad y propiedades mecánicas similares a las de un producto comercial.

**Fabricación de materiales cerámicos para la construcción a partir de lodo generado en una estación de tratamiento de agua potable (Cerdeña, 2006)**. En un estudio realizado por el Departamento de Materiales de Construcción de la Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales (AITEMIN) se utilizó lodo generado en una Estación de Tratamiento de Aguas Potables en Asturias, como materia prima en la fabricación de productos cerámicos. El análisis químico y mineralógico del lodo indicó que está compuesto en un 75% de minerales arcillosos y el resto en minerales calcáreos (calcita), cuarzo y hasta 2.5% de materia orgánica (Cerdeña, 2006). En ese estudio se elaboraron probetas con técnicas y equipos similares a los usados en la industria cerámica. Se realizaron mezclas de lodo y arcilla empleada comúnmente en la fabricación de materiales cerámicos para la construcción. Se llegó a una proporción de 2% del lodo y el resto de arcilla.

**Uso de lodo para la elaboración de agregados para la construcción incluyendo ladrillo (Weng, *et al.*, 2003).** En este estudio se evaluaron ladrillos fabricados con lodo seco proveniente de 34 plantas de tratamiento de aguas residuales en Taiwán. Debido al volumen de desechos generados anualmente de aproximadamente 0.67 millones de toneladas, se intentó darle una utilidad a este tipo de residuos cada vez más difícil encontrar lugares adecuados para su disposición final en rellenos sanitarios. Además, con esta tecnología se logró la inmovilización de metales pesados de la matriz, oxidación de materia orgánica y reducción de patógenos debido al proceso de cocción. Las muestras de lodo fueron tomadas de un secador, a una temperatura de 250 °C.

La arcilla se obtuvo de una fábrica de ladrillos local. El proceso de fabricación de las muestras, inició con la mezcla de diferentes proporciones de lodo. Se usó una máquina de vacío para extraer el aire contenido en la mezcla para evitar cuarteaduras durante el proceso de cocción. La mezcla fue vaciada en una serie de moldes con las siguientes dimensiones: longitud 230 mm, ancho 110 mm y espesor 60 mm. Después de 24 horas de reposo y otras 24 horas de secado a 103°C, se sometieron a un proceso de cocción en un intervalo de temperatura de 880, 920, 960 y 1000°C por 6 horas y un contenido de lodo de 0, 10, 20, 30 y 40%.

Este trabajo demostró las condiciones adecuadas para el uso de lodo seco como sustituto de arcilla para producir un ladrillo de calidad. La proporción de lodo en la mezcla y la temperatura de cocción son dos factores claves que afectan la calidad de los ladrillos. En conclusión, la proporción recomendada de lodo en el ladrillo es de 10%, con un contenido óptimo de humedad del 24% y una temperatura de cocción entre 880°C y 960°C.

**Uso de cenizas obtenidas a partir de lodos de depuración como material para la elaboración de ladrillos (Lin, *et al.*, 2001).** Realizaron pruebas con la ceniza resultante de la incineración del lodo obtenido de plantas tratadoras de agua. La mezcla de la ceniza con la

arcilla se realizó en proporciones de 0, 10, 20, 30, 40 y 50%; y temperaturas de cocción de 950, 1000 y 1050°C.

El COH determinado en este caso fue de 13 a 15%. Los resultados obtenidos en relación a la absorción de agua muestran que este se incrementa proporcionalmente respecto a la cantidad de cenizas añadida y se reduce al aumentar la temperatura de cocción. El contenido óptimo de ceniza para un ladrillo, para que cumpla las características de primera clase respecto al valor de absorción de agua, fue de menos del 25% cocido a 1050 °C.

El valor de porcentaje de contracción por la cocción presentó una relación lineal con la proporción de ceniza a partir del 10 % y hasta el 50% de ceniza añadida. El aumento de la temperatura generó un incremento en el porcentaje de contracción. Un ladrillo de buena calidad se obtuvo con las siguientes características: un contenido de ceniza mayor al 15% y cocido a 950 °C; un contenido de ceniza mayor al 20% y cocido a 1000°C; un contenido de ceniza mayor al 30% y cocido a 1050°C.

El aumento de porcentaje de ceniza produjo una disminución en la pérdida de peso del ladrillo aunque todas las muestras cumplieron con el criterio de pérdida de peso. La densidad aparente de los ladrillos resultó ser inversamente proporcional a la cantidad de cenizas añadida en la mezcla.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión muestran que el contenido óptimo de ceniza fue del 20% y la temperatura de cocción fue de 1000° C, para obtener una resistencia mayor a 24.5 MPa (Chang, *et al.*, 2003). Cabe destacar que todos los materiales cumplieron con las características de los materiales de segunda clase respecto al valor de resistencia a la compresión, incluso los elaborados con 50% de cenizas.

*“La depuración de las aguas residuales urbanas es fuente de importantes volúmenes de lodos los cuales es preciso gestionar. En este trabajo se expone la posibilidad de aplicarles un proceso de gestión basado en la vitrificación y mediante el cual, además de inertizar los elementos contaminantes presentes en los lodos, se obtiene un material*

*vitrocerámico con un importante valor añadido. Partiendo de la caracterización química (FRX), mineralógica (DRX) y térmica (ATD-TG) de estos lodos, se determina la formulación del vidrio original y su poder energético. Mediante ATD-TG, dilatometría y MEB, se ha determinado la temperatura de máxima velocidad de nucleación y la temperatura de crecimiento, así como la morfología y tamaño de los núcleos formados que, en este caso, son nanométricos. En definitiva, se ha comprobado como la gestión de los residuos sólidos urbanos mediante la vitrificación es una alternativa a los vertederos y a la incineración.”*

**Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos (M. Garcia-Valles , M.H. Aly, E. El-Fadaly, H.S. Hafez, J. Nogués y S. Martinez). 2011,** dicho autor concluyo que en la composición química del lodo aluminoso aforado que los principales elementos encontrados en porcentaje fueron, el SiO<sub>2</sub> 48.70%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15.90%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.66%, CaO 4.71% y el porcentaje restante elementos en menor cantidad.

Con ayuda de estos conocimientos previos generaremos una idea de parámetros a aplicar en la investigación, así facilitar la idea de hipótesis y llegar con efectividad a las conclusiones del presente trabajo.

## **2.2. Marco conceptual**

Algunos parámetros que se mencionaran más adelante dentro del marco conceptual son extraídos del siguiente paquete de normas peruana vigentes:

- ISO 5667-15 “parte 15: guía para la preservación y manejo de muestras de lodos y sedimentos”
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070 – Albañilería (2006).
- Norma Técnica Peruana NTP 331.021. - MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia a la rotura por compresión y por flexión, en frío de ladrillos y formas refractarias.
- Norma Técnica Peruana NTP 331.064. - MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia al choque térmico de ladrillos refractarios sílico aluminosos (método del panel). 1ª Edición Reemplaza a la NTP 331.064:1986
- Norma Técnica Peruana NTP 331.008-1978. Indecopi (revisado el 2010). - MATERIALES REFRACTARIOS. Clasificación general de ladrillos refractarios de arcilla y de alta alúmina. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.613. - UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª Edición

Además, plantearemos de las mencionadas normas también aquí plantearemos los significados correctos y relacionados al área de investigación.

### **2.2.1. Ladrillos**

Los ladrillos son una de las formas más antiguas que tiene la humanidad, hallándose registros en todas las culturas las cuales utilizaron este insumo básico para la construcción de su hábitat, se resalta que el ladrillo ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, tanto así que a variado de una unidad sin parámetros a una que es muy evaluada en la actualidad de acuerdo con sus usos y

funciones, recordemos que los primeros ladrillos nacieron siendo bloques de piedra los cuales se apilonaban consecutivamente para la formación de una pared maciza la cual tenía la función de proteger al ser que ahí se resguardaba.

Gracias a conocimientos mas avanzados de la consistencia de los suelos es que la humanidad propone nuevos insumos para la elaboración de ladrillos, en cada región se modifico de acuerdo con la necesidad de la población ante las contingencias climáticas y otras condiciones adversas

En la actualidad en la fabricación de ladrillos se adicionan todo tipo de insumos de cualquier procedencia con el fin de darle características las cuales aseguren su trabajabilidad, durabilidad y menor coste.

Para el presente trabajo de investigación se evaluará a un ladrillo adicionado de lodos de alúmina el cual no debe de mantener los estándares de calidad actuales.

A continuación, enmarcaremos nuestros parámetros mínimos que los ladrillos deben de cumplir.

Los ladrillos tema de investigación deberán cumplir los requerimientos, el cual se encuentra plasmado en la siguiente tabla de la **Imagen 1**, posterior a su clasificación se volverá a evaluar el ladrillo con la tabla de la **Imagen 2**, según la Norma E 0.70 ALBAÑILERIA; del Reglamento Nacional de Edificaciones.

<b>TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 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 IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

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

Figura 02: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales, Norma E.070 – Reglamento Nacional de Edificaciones.

<b>TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Figura 03: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales, Norma E.070 – Reglamento Nacional de Edificaciones



### **2.2.1.1. Proceso de fabricación**

Para esta investigación la fabricación del ladrillo se realizó de una manera semi industrializada, realizándolo dentro de las instalaciones de una fábrica local, donde se realizaron todos los pasos que se detallaran continuación.

#### **a. Recolección de materia prima para ladrillo refractario.**

Aquí cuando inicia la fase de elaboración del ladrillo, mediante a la selección del insumo correcto, de propiedades que contribuyan a las características que tendrá el producto final.

Definiendo como primera materia prima la arcilla, se utilizó la “arcilla común” de fabricación de ladrillos empleados en la fábrica para ladrillos normales

Seguidamente se evalúa la cantera del agregado mineral, el cual brindara las propiedades refractarias, de esta manera se verifica la utilización de esta materia prima.

#### **b. Moldeado a mano.**

El ladrillo que se elaborara seguirá una dosificación equilibrada entre lodo aluminoso, arcilla y agua de acuerdo con la necesidad de plasticidad necesaria para el moldeado teniendo en cuenta siempre la homogeneidad de la muestra, posteriormente tras insertarlo en un molde rectangular donde se le dará la forma se procede al retirando los excesos de la mezcla y se guardara para continuar elaborando las mencionadas unidades de albañilería.

#### **c. Secado**

Se procede a secar las unidades elaboradas con la finalidad de eliminar la humedad que contienen a una

temperatura ambiente, cuidando que no exista una variación de gradiente térmica, el cual podría generar fisuras o alabeo indeseado.

#### **d. Cocción**

Durante este proceso la arcilla moldeada y secada es sometida al fuego para producir un ladrillo resistente y uniforme. Modificaciones en la masa de los ladrillos, a medida que se va elevando la temperatura en los hornos, son de carácter físico y químico.

El ladrillo moldeado pierde a 120 °C, el resto de agua intercalada entre los poros de la arcilla, el agua combinada químicamente en la arcilla abandona al ladrillo a los 200-300 °C. El ladrillo se endurece y ya no se reblandece al sumergirlo en agua. Si aumenta la temperatura los componentes orgánicos se queman. Cuando la temperatura ha ascendido a unos 1100-1300°C, correspondiente al grado máximo de cocción, se denota la porosidad en la masa y una disminución de peso por las modificaciones desarrolladas, hasta los 1300°C aproximadamente (hablando de arcillas corrientes para ladrillos) empieza el llamado reblandecimiento o vitrificación de la arcilla.

Los hornos están contruidos de ladrillos refractarios. Combustibles como petróleo, gas, aserrín y carbón son usados para alimentar el horno. La parte más caliente del horno puede alcanzar una temperatura media de 1065°C, la cocción dura alrededor de unos 2 días en un horno tradicional.

#### **2.2.2. Ladrillo refractario**

El ladrillo refractario es un tipo de material cerámico que posee una serie de características especiales, lo que permite hacer

un gran uso de éste dentro de instalaciones industriales o en trabajos de estufas domésticas, logrando la resistencia a altas temperaturas y la abrasión. Por sus buenas propiedades térmicas este material es considerablemente costoso.

Al igual que la tierra refractaria, los ladrillos refractarios además de cumplir con su función de refractar, son excelentes contenedores de calor, es decir, mantienen el calor al que son expuestos durante sus diferentes usos.

Una de las peculiaridades de este tipo de material es que son fabricados en calidades variadas, dependiendo de la concentración de alúmina y con base en esta concentración el ladrillo resiste mayores temperaturas o puede ser usado para distintos medios. Las concentraciones van desde el 36% hasta el 99% de alúmina, aunque también se puede emplear sílice.

En algunos casos cuando los ladrillos comienzan a licuarse estos trabajan con temperaturas superiores 3000 F (1650 °C).

Para poder crear estos ladrillos es necesario que sus componentes estén expuestos a bajas presiones y que sean a su vez, quemados a temperaturas muy altas. Las excepciones a este proceso son aquellos ladrillos que son químicamente ligados, o los que utilizan el alquitrán, resina o gomo para permanecer aglutinados.

Otro parámetro y a la vez primordial para el estudio es la Norma Técnica Peruana NTP 331.008-1978. Indecopi (revisado el 2010) "materiales refractarios". Aquí se menciona los parámetros de clasificación necesarios para determinar si el tema de investigación es como se muestra en la Tabla 2. Cabe resalta que la norma que aquí mencionamos tiene una formulación realizada en 1978 y que a la actualidad no se han realizado mayores investigaciones o avances que contribuyan a la investigación.

**Tabla 1: Clasificación de ladrillos de alta alúmina**

clase	CPE Min (temperatura °C)	Perdida por desintegración, máximo porcentaje	Deformación bajo cargas en caliente, máximo porcentaje	Resistencia la flexión Mínima Kg/cm <sup>2</sup>	Otras pruebas requeridas
50% de alúmina	34 (1750°C)	-	-	-	-
60% de alúmina	35 (1770°C)	-	-	-	-
70% de alúmina	36 (1790°C)	-	-	-	-
80% de alúmina	37 (1825°C)	-	-	-	-
85% de alúmina	-	-	-	-	-
90% de alúmina	-	-	-	-	-
99% de alúmina	-	-	-	-	-

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.008.

Para finalizar también tenemos que tener en cuenta también el Reglamento nacional de Edificaciones mediante la Norma A.130 “Requisitos de seguridad” donde también se señala parámetros pirometricos a ser analizados más adelante, en la Imagen 03 se muestra el cuadro de parámetros.

TIEMPO DE RESISTENCIA AL FUEGO MINIMA PERMITIDA PARA LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: PORTICOS, MUROS, ARCOS, LOSAS							
Uso de la edificación	Sistema de rociadores	Tiempo de resistencia al fuego minimo en minutos para:					
		Sótanos		Pisos superiores			
		Profundidad del sótano más bajo (NPT)		Altura del piso superior sobre el nivel de descarga de los ocupantes			
		>10m	≤10m	≤ 5m	≤ 21m	≤ 60m	>60 m
ALMACENES <sup>(2)</sup>							
Bajo riesgo <sup>(3)</sup>	NO	120	90	60	90	120	NP
	SI	120	90	60	90	90	120
Moderado riesgo <sup>(3)</sup>	NO	180	120	90	120	180	NP
	SI	120	90	60	90	120	180
Alto riesgo <sup>(3)</sup>	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
Líquidos inflamables y combustibles <sup>(3)</sup>	NO	NP	NP	120	180	NP	NP
	SI	NP	NP	90	120	180	NP

Figura 4:Tiempo de resistencia al fuego, Norma. A130 – Reglamento Nacional de Edificaciones.

### **2.2.3. Lodos**

La actividad y/o operaciones que realizan algunas industrias generan lodos, por mencionar algunos de estos, se tiene a las plantas de tratamiento de aguas para el consumo público.

De acuerdo con la fuente de suministro de agua se generarán diferentes tipos de lodos de acuerdo con sus contaminantes. Dentro de estos contaminantes se encuentran:

- Partículas que se decantan de forma natural o provienen del tratamiento físico - químico.
- Exceso de microorganismos procedentes del tratamiento de la materia orgánica disuelta.
- Material mineral que no es biodegradable.

#### **2.2.3.1. Diferentes tipos de lodos**

Este tipo de residuos pueden clasificarse de la siguiente manera:

##### **a. Lodo Primario.**

El lodo primario proviene del proceso de sedimentación en una planta de tratamiento. Se forma a partir de partículas grandes y/o densas y tiene un bajo nivel de contenido de sólidos volátiles.

##### **b. Lodos Biológicos.**

Proviene del tratamiento biológico del agua residual. Se origina de una mezcla de microorganismos. Estos son principalmente bacterias que forman flóculos bacterianos a través de la síntesis de exopolímeros. Una simple decantación en el clarificador separa fácilmente los flóculos bacterianos del agua tratada.

##### **c. Lodos mezclados.**

Son una mezcla de lodo primario y lodo biológico con una relación de 35% a 45% de lodo primario y de 65% a 55% de lodo biológico. Este tipo de mezcla permite una fácil deshidratación por las propiedades intrínsecas del mismo que se encuentra entre los otros dos tipos.

**d. Lodos digeridos.**

El lodo digerido proviene de una etapa biológica de estabilización. Los lodos sometidos a esta estabilización son lodos orgánicos o mixtos. Se puede realizar bajo diferentes temperaturas (mesófilico o termófilo) y con o sin presencia de oxígeno (aerobia o anaeróbica). El objetivo de este proceso es modificar las propiedades del lodo para su mejor manipulación.

**e. Lodos fisicoquímicos.**

Este tipo de lodo es resultado de un tratamiento fisicoquímico del agua. Está compuesto por flóculos originados mediante los procesos de coagulación-floculación y sedimentación usando agentes químicos como el sulfato de aluminio o el cloruro férrico. Las características de estos lodos es el resultado directo de los productos químicos utilizados (coagulantes orgánicos o minerales) y por supuesto de los contaminantes en el agua. Los lodos químicos son los sólidos generados en los procesos de tratamiento de agua por la acción de un agente químico al combinarse con las impurezas del agua. Otros residuos considerados como lodos fisicoquímicos son los provenientes de unidades como filtros y sedimentadores.

**f. Lodos Minerales.**

Este nombre se le da a los lodos producidos durante el procesamiento de minerales tales como minas, canteras o los procesos de minería. Su naturaleza es de partículas minerales de diferentes tamaños, incluyendo arcillas. Aunque existen distintos tipos de lodos como se mencionó, el presente trabajo referirá a los lodos fisicoquímicos.

#### 2.2.4. Caracterización de los lodos

Para la caracterización de los lodos según su uso en la fabricación de ladrillos se analizaron parámetros de composición que se observan en la Tabla 2, Cuadro realizado con recomendación del laboratorio donde se realizó las pruebas de características composición.

**Tabla 2: Parámetros de caracterización de lodos ínsito**

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN	UNIDADES	TÉCNICA/REFERENCIA
pH	-	Potenciométrico
Humedad	%	70oc gravimétrico
Perdidas por volatilización	%	700oc gravimétrico

Fuente: Propia del autor

También se analizaron parámetros de composición, en este procedimiento se cuantifico el contenido en metales pesados de los lodos.

Con los datos de la caracterización, se tuvo una composición precisa de los lodos y que componentes se están adicionando en los ladrillos

##### 2.2.4.1. Método de muestreo.

El método de muestreo que se utilizó para recolectar todas las muestras de lodos se hizo en base a la norma ISO 5667-15 “guía para el muestreo de lodos de Aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas y

plantas de tratamiento de minerales”, la norma expone el tipo de muestra más recomendable según los flujos y puntos de muestreo al igual que se referencia a otras normas.

Se tomó la forma de lodo fluido, es decir una muestra compuesta. Se tomaron muestras de lodos posteriores al tratamiento de minerales cuando estas presentaban picos de alta contaminación, asegurando que, a pesar de los altos contenidos de metales pesados, los lodos presentan un comportamiento adecuado en la fabricación de los ladrillos según los requisitos de las normativas peruanas vigentes.

#### **2.2.4.2. Alistamiento de muestra.**

Como se mencionó anteriormente los lodos se sedimentaron y filtraron en laboratorio, se pesaron varios 1 kg de lodo húmedo y se empacaron en bolsas con sello hermético para preservar la muestra.

La muestra se empaco y se identificó, donde se especifica el tipo de muestra, lugar de muestreo fecha y el responsable.

#### **2.2.5. Alúmina**

La alúmina es un material cerámico muy versátil, sus propiedades la hacen especialmente apta para aplicaciones en donde la temperatura es un factor crítico, además de su relativa facilidad para adaptarse a diversos trabajos y usos.

Alúmina es el óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ). Junto con la sílice, es el ingrediente más importante en la constitución de las arcillas y los barnices, impartiendo resistencia y aumentando su temperatura de maduración.



El óxido de aluminio existe en la naturaleza en forma de corindón, y de esmeril. Ciertas piedras preciosas, como el rubí, el zafiro, son formas de alúmina coloreadas por indicios de óxidos de metales pesados; se pueden fabricar piedras artificiales por fusión en la llama oxhídrica. La alúmina  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se halla también en forma de óxidos hidratados que son los componentes de la Bauxita y de la laterita (esta consta principalmente de hidróxidos de aluminio y férrico, sílice y menores proporciones de otros óxidos).

El óxido de aluminio fundido y vuelto a cristalizar es idéntico en sus propiedades químicas y físicas al corindón natural. Solo le superan en dureza al diamante y algunas sustancias sintéticas, concretamente el carborundo o carburo de silicio. Tanto el corindón natural impuro (esmeril), como el corindón artificial puro (alúmina) se utilizan como abrasivos. A temperatura ordinaria, el óxido de aluminio es insoluble en todos los reactivos químicos comunes.

### 2.3. Definición de términos

- **Absorción de calor:** capacidad que tiene un material para absorber cierta cantidad de calor.
- **Hidróxido de aluminio o alúmina:** composición principal del lodo producto con contenidos de aluminio.
- **Ladrillo:** material elaborado a partir de arcilla, moldeado a presión y horneado a altas temperaturas.
- **Lodo:** suspensión de sólidos en un líquido o sedimentado en cuencas.
- **Muestra compuesta:** unión de varias muestras puntuales, tomadas a diferentes baches de lodo.
- **Resistencia mecánica:** forma en que un material soporta esfuerzos como compresión, tensión, incluso altas temperaturas.

- **Residuos minerales:** según la Fundación Iberoamericana de Seguridad Y Salud Ocupacional, Es cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El ladrillo refractario de alúmina diseñados a partir de lodos residuales minerales, poseen características extraordinarias para uso en la industria de la construcción, en la región Junín.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) La el análisis para la aplicación de lodos residuales minerales de manera parcial en la arcilla de fabricación del ladrillo otorga mejores características.
- b) Se describió y se definió la mejor forma de fabricación de ladrillo refractario aluminoso mediante el control de dosificaciones de lodos residuales minerales.
- c) Se califico el ladrillo refractario aluminoso, obtenido identificándolo como un insumo adecuado para todo tipo de uso en la construcción de edificaciones.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

A continuación, definiremos la esencia o las características fundamentales de cada variable de acuerdo a la necesidad de la investigación

**2.5.1.1. Variable independiente (X): Lodos residuales minerales**

es definido como el conglomerado de materiales solidos de procedencia residual del tratamiento de aguas y que contienen alto porcentaje de humedad.

**2.5.1.2. Variable dependiente (Y): Ladrillo refractario de alúmina**

tabique elaborado con una adición de material aluminoso, con el fin de alcanzar mayor resistencia al fuego evitando el cambio de estado y deformación física.

**2.5.2. Definición operacional de la variable**

**2.5.2.1. Variable independiente: Lodos residuales minerales**

Para la operacionalización este será evaluado por su procedencia y su contenido de alúmina según normas nacionales vigentes.

**2.5.2.2. Variable dependiente: Ladrillo refractario de alúmina**

El ladrillo refractario producido será parte de una evaluación de físico mecánica, según ensayos normados y de esta forma caracterizar el insumo obtenido.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTO
<b>Variable Independiente:</b> Lodos residuales minerales.	Evaluación de lodo de alúmina.	Caracterización y análisis mineralógico	ISO 5667-15 "parte 15: guía para la preservación y manejo de muestras de lodos y sedimentos"	Certificado de laboratorio químico
	Calidad de Producción de muestras.	Equipos y condiciones de producción	condiciones industriales	Técnicas industriales
		Dosificación de mezcla para las muestras	Fabricación de ladrillos incorporación de 30% de lodo (M30) incorporación de 50% de lodo (M50) incorporación de 70% de lodo (M70)	Balanza graduada en kilogramos (kg)
		Comportamiento de mezcla para las muestras		Evaluación física visual (ficha de apuntes)
		Validación de mezcla para las muestras		Evaluación física visual (ficha de apuntes)
<b>Variable Dependiente:</b> Ladrillo refractario de alúmina.	Caracterización en unidades de acuerdo al ensayo.	Ensayos de alabeo	NTP 339.613. - UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª Edición	Certificado de laboratorio de estructuras (con los parámetros requeridos)
		Ensayos de variación dimensional		
		Ensayos de Resistencia a la compresión		
		Ensayos de porcentaje de absorción de agua		
	Ensayos de resistencia al calor (Pirometría)	Reglamento Nacional de Edificaciones A.130	<ul style="list-style-type: none"> <li>Horno rudimentario</li> <li>Termómetro graduado en grados centígrados (°C)</li> <li>cronometro graduado en minutos como mínimo (min)</li> </ul>	
		NTP 331.021. - MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia a la rotura por compresión y por flexión, en frío de ladrillos y formas refractarias		
		NTP 331.064. - MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia al choque térmico de ladrillos refractarios sílico aluminosos (método del panel). 1ª Edición Reemplaza a la NTP 331.064:1986		
		NTP 331.008-1978. Indecopi (revisado el 2010). - MATERIALES REFRACTARIOS. Clasificación general de ladrillos refractarios de arcilla y de alta alúmina. Requisitos		

## **CAPITULO III**

### **METODOLÓGIA**

#### **3.1. Método de investigación**

Aquí se aplicó el “Método científico” definiéndose como la serie de pasos que nos conducirán a la búsqueda del conocimiento, que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, y la formulación, análisis y modificación de hipótesis, este método es el más adecuado para los fines de investigación de la presente tesis.

#### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación es “Aplicada”, por buscar conocimientos con la aplicación directa al sector productivo basada en principios de jallagos tecnológicos basándose en el enlace entre la teoría y el producto.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel es “Explicativo”, porque los estos estudios van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, porque se relacionan dos o más variables.”

Es así que durante la investigación definiremos parámetros para la explicando la procedencia de la información y comparándolo con los datos que arrojaran nuestras muestras tras los ensayos.

### **3.4. Diseño de investigación**

Se aplicó el diseño “cuasi experimental” definiéndose este por el motivo de manipular la variable independiente para calcular la variable dependiente, así no se generará al azar la asignación del grupo a estudiar.

#### **3.4.1. Esquema de investigación**

El esquema es el siguiente:

*Causa (Variable independiente, X) → Efecto (Variable dependiente, Y)*

### **3.5. Población y muestra**

Por el diseño de investigación de tipo cuasi experimental, la población fue dirigida por el investigador con el fin de obtener resultados centrados de acuerdo a los problemas que se tiene en la presente investigación desestimando así la técnica del muestreo.

#### **3.5.1. Población**

Para el estudio actual se elaboró una población ladrillos con lodos de alúmina con la cantidad de 60 unidades de entre 2.9 y 3.0 kilogramos dependiendo del dimensionamiento comercial, la Norma Técnica Peruana 331.613., mencionamos que la dosificación de alúmina varía entre el 25% y 75% del total de la materia prima que compone el ladrillo refractario, se procedió a evaluar 3 tipos de dosificaciones en la mezcla, así se definió 3 poblaciones homogéneas, variando entre ellos la cantidad de lodo de alúmina incorporado, oscilando entre el 30%, 50% y 70%, fabricando así 20 especímenes de cada uno, siendo esta cantidad el mínimo necesario para someter a diferentes pruebas mecánicas que conlleva la investigación, de esta forma es que logro obtener los 60 especímenes que fueron evaluados.

### **3.5.2. Muestra**

Como se menciona anteriormente, la técnica del muestreo fue desestimado para la presente investigación.

## **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizará la siguiente técnica e instrumentos de acuerdo al requerimiento experimental:

### **3.6.1. Análisis documental o bibliográfico**

Se tendrá en cuenta el análisis documental, donde se considerará las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

Según SUÁREZ, Paúl (1998:36) sostiene que el fichaje “consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación”.

Puesto que en las normas peruana actuales no se considera la forma de muestreo de estos especímenes denominados lodos se usará la ISO 5667-15. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. PARTE 15: GUIA PARA LA PRESERVACION Y MANEJO DE MUESTRAS DE LODOS Y SEDIMENTOS. Sin desestimar algún alcance que mantenga la normatividad nacional, en este caso para muestreos de recursos hídricos se nos propone el “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD SANITARIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES” - “Dirección General de Salud Ambiental” DIGESA (2007).

Para la fabricación de las muestras de ladrillos refractarios, se usará la normatividad

- UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (2017). Norma Técnica Peruana NTP 399.613 - (2da. edición).

- MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia al choque térmico de ladrillos refractarios silicos aluminosos, método Panel (1986, revisada el 2010). Norma Técnica Peruana NTP 331.064.

### **3.6.2. Fichas de registros**

Se generarán fichas de registro de los datos, de los especímenes a evaluar tanto de los lodos como de los ladrillos a fabricar para llevar un correcto control del muestreo, estas fichas de registro serán aplicadas durante la fabricación del ladrillo para tomar un control de los periodos temporales que deben tener el ladrillo durante el modelado, secado, cocción y el enfriado.

### **3.6.3. Informes de ensayo de laboratorio**

Lo proporcionara los ensayos de laboratorio a los cuales tendremos que comparar recíproca y periódicamente, con los resultados obtenidos de muestras inalteradas de lodos y de ladrillos aluminosos.

Cabe resaltar que estas fichas en su mayoría serán ratificadas mediante certificados de los laboratorios donde se realizó los ensayos, en ANEXOS se adjuntara dicha información.

## **3.1 Procesamiento de la información**

El inicio de procesamiento de datos partió de los análisis realizados en laboratorios químicos donde se evaluaron los lodos residuales minerales, esto con el fin de identificar su composición química, así como la cantidad de hidróxido de aluminio que contenían, posteriormente tras elaborar los grupos de muestras de los ladrillos refractarios se sometieron a pruebas de alabeo, absorción de agua, compresión, resistencia al calor mediante el uso de los siguientes equipos.



- Balde de 5 galones de agua
- Balanzas (kilogramos)
- Regla graduada (metros)
- Equipo de sometimiento de muestras a compresión
- Horno rudimentario para cerámica
- Multímetro (con función de termómetro)

Con estos equipos se recopilaron los datos de cada grupo de muestras, M30, M50 y M70, los cuales tras la recolección de datos sirvieron para generar los cuadros de características, posteriormente se analizará estos resultados en **Capítulo IV**.

### **3.7. Procesamiento de información**

Se realizó un procesamiento manual de datos, mediante los siguientes pasos:

- Validación - Asegurar que los datos suministrados sean limpios, correctos y útiles.
- Clasificación - Ordena elementos de cierta secuencia y / o en diferentes conjuntos
- Recapitulación - Reducir los detalles de los datos a sus principales puntos.
- Análisis - La colección, organización, análisis, interpretación y presentación de datos
- Información - Lista detallada o resumen de los datos de información computarizada.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Utilizaremos los siguientes estadígrafos:

#### **3.8.1. Software:**

Para el procesamiento de datos se nos apoyamos con el Software **“IBM SPSS Statistics 25.0 - Desktop”**, La visualización

del desarrollo será anexada como fundamento de su uso (Se adjunta en ANEXOS los resultados).

### 3.8.2. Las Medidas de Tendencia Central:

Como resultado del procesamiento de datos y de la evaluación de la normalidad de los mismos se hará uso de las siguientes:

- Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

- Mediana:

$$Me = \frac{x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}}{2}$$

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Evaluación lodo residual

Se partió de definiendo parámetros necesarios para la investigación, siendo de esta forma la necesidad de ubicar una cantera que cumpla los requisitos básicos de esta investigación, encontrando canteras de residuos minerales en la ex planta de tratamiento metalúrgico de la Universidad nacional del centro del Perú.



*Figura 5: Visualización del área afectada por relaves mineros, Revista Convicciones (2015 p30.).*

Esta información fue corroborada mediante publicaciones oficiales de la misma universidad, según: Orellana Mendoza y Universidad Nacional del Centro del Perú, **Revista Convicciones** (2015 p26.) mencionan el riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris en la ciudad e Huancayo, de aquí se inicia la presente investigación.



*Figura 6: visualización actual a enero del 2018, de la zona de depósito de relaves de la ex Planta Metalúrgica de Yauris, Revista Convicciones (2015 p30.).*

En la imagen 06 se visualiza el estado actual de la zona que se mostró anteriormente en la imagen 05, la cual fue hallada mediante la imagen 06, así pudimos localizar el área afectada declarada en riesgo medio ambiental, la cual por inspección visual se identifica una gran área del estrato de tierra con las mismas características y coloraciones.

#### **4.1.1. Ubicación geográfica de cantera de lodo de alúmina**

Departamento : Junín  
Provincia : Huancayo  
Distrito : El Tambo  
Localidad : Barrio Yauris  
Paraje : Agua de las Vírgenes

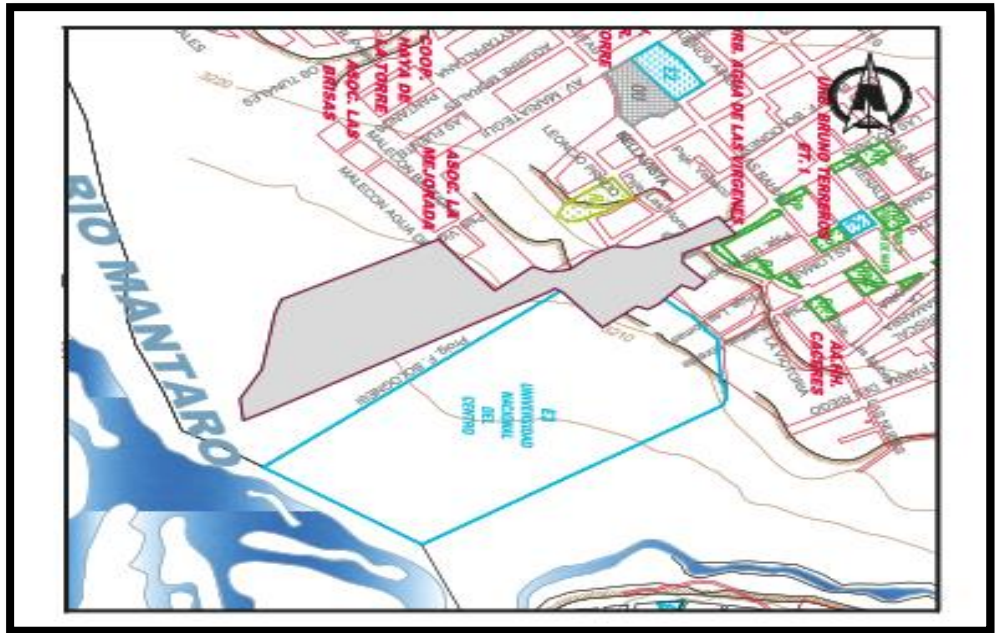


Figura 7: imagen de ubicación de zona afectada por relaves mineros, Revista Convicciones (2015 p30.).

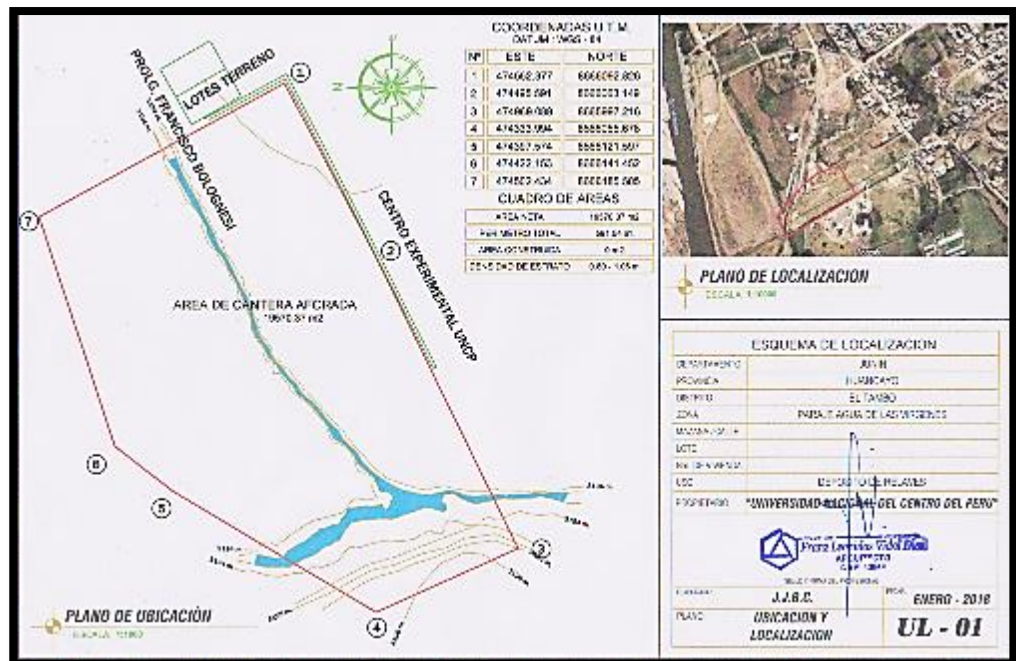


Figura 8: plano de ubicación y localización de cantera para delimitar el área superficial de la cantera en la actualidad.

En la sección anexos se adjunta un plano de ubicación y localización original, de la cantera a forar.



#### 4.1.2. Resultados de la caracterización y análisis mineralógico

Se recolectaron muestras según las especificaciones planteadas en el ISO 5667-15 “parte 15: guía para la preservación y manejo de muestras de lodos y sedimentos” esto con el fin de recolectar la muestra más idónea y representativa del lugar.



*Figura 9: identificación del espesor de estratos de aproximadamente 1 m; además la identificación de coloración de óxidos.*



*Figura 10: recolección de muestra alterada del lodo residual mineral, previa limpieza de materiales orgánicos de la superficie.*



*Figura 11: almacenamiento de la muestra para su envío a laboratorio de la muestra alterada de lodo residual mineral.*



*Figura 12: recolección y almacenamiento de la muestra inalterada en recipientes termo resistentes para su envío al laboratorio de los lodos residuales minerales*

Así, 2 muestras alteradas y 2 muestras inalteradas fueron enviadas al laboratorio de calidad de aguas de la “EPS Sedam Huancayo S.A.” ubicado dentro de la planta de tratamiento de aguas para el consumo humano de Vilcacoto.

Los resultados de la caracterización de los lodos se muestran en las Tablas 3 y 4, el certificado de donde fue extraída esta información fue anexada.

**Tabla 3: Resultados de los parámetros de caracterización.**

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN	UNIDADES	RESULTADO
pH	-	7,53
Humedad	%	41,50
Perdidas por volatilización	%	18,00

Fuente: Propia del autor

**Tabla 4: Resultados de composición de los lodos obtenidos de las muestras**

DENOMINACIÓN DEL ELEMENTO QUÍMICO	NOMENCLATURA QUÍMICA	UNIDADES (% DE PESO)
dióxido de silicio	SiO <sub>2</sub>	30.27
trióxido de dialuminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.31
trióxido de dihierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.67
el óxido de calcio	CaO	3.91
óxido de magnesio	MgO	1.2
monóxido de dipotasio	K <sub>2</sub> O	1.22
monóxido de disodio	Na <sub>2</sub> O	1.39
pentaóxido de difósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.91
dióxido de titanio	TiO <sub>2</sub>	6.97
el óxido de cinc	ZnO	1.18
arcillas y otros elementos		5.97

Fuente: Propia del autor

Los resultados de la Tabla 3 y 4, muestran que estos lodos efectivamente no sirven para actividades de compostaje o agricultura.

Los valores de pH 7,53 favorecen el proceso ya que no es necesario un lavado para neutralizar, disminuyendo el posible consumo de materias primas para su reutilización, también a este pH se facilita la manipulación y almacenamiento del lodo.

#### 4.1.2.1. Cantidad de lodos en las muestras

Se realizó el aforo de los lodos. Mediante el empleo de una probeta aforada de 1 000 ml, se midió el volumen que ocupaban los lodos.



Tras realizar el mismo procedimiento con las diferentes muestras y medir el volumen del sedimento se calcula el porcentaje de lodos por litro de agua, el lodo tomaba entre tres y cinco segundos en sedimentarse por completo. Estos resultados se encuentran en la **Tabla 5**.

**Tabla 5: Determinación de porcentaje de lodos por volumen de agua**

Numero de	Volumen de muestra	Volumen de lodo	Porcentaje del volumen (%)
1	1 000	450	45
2	1 000	380	38
3	1 000	410	41
4	1 000	450	45
5	1 000	480	48

Fuente: Propia del autor

Se toma el punto más alto que es un 45% de lodos, lo que significa que en la cantera retiene gran cantidad de agua.

## 4.2. Experimentación, producción de ladrillos

En la experimentación se elaboraron los ladrillos con lodo, donde se especificó porcentajes de adición de lodos residuales industriales, tiempos de secado, cocción y enfriamiento, se realizaron en las instalaciones más adecuadas, posterior a la aceptación de muestras serán evaluados mediante pruebas de laboratorio.

### 4.2.1. Equipos y condiciones de producción

Los ladrillos se fabricaron en las instalaciones de la fábrica de la empresa “Industria Cerámica Laroka E.I.R.L.” en la sucursal de Av. Ramiro Prieale, Nro S/N – Sapallanga – Huancayo. Con asesoría y supervisión del personal implicado en el proceso de producción de ladrillos tradicionales, esta experiencia ayudara a obtener un producto óptimo.



Figura 13: identificación de uno de los hornos de fabricación industrial tecnificado - Industria Cerámica Laroka E.I.R.L; aquí posteriormente se realizará la fabricación de nuestros ladrillos refractarios de alúmina.

En la fabricación se realizó técnicas industriales de producción de ladrillos refractarios que se describe a continuación:

- Extracción de arcilla
- Extracción de lodo aluminoso
- Tamizado
- Molienda
- Mezclado con el lodo residual
- Moldeado
- Secado
- Horneado
- Enfriamiento

Después de la molienda se realiza el mezclado; el lodo se vierte a la arcilla, se homogeniza la mezcla junto con agua antes de pasar al moldeado, lo que garantiza una mezcla uniforme evitando inconvenientes en el formado de ladrillos.

Para finalizar esta etapa de fabricación la masa resultante es moldeada para la obtención de un bloque con medidas estándar mediante el proceso de compresión.

Posteriormente se pasa al almacenamiento para secado de las muestras en ambientes donde no se encuentren expuestas a humedad, el secado común conlleva un tiempo de 5 a 10 días, dependiendo mucho de las condiciones climáticas de la zona, para tener, para mantener un correcto muestreo todas las muestras se elaboraron con diferencia de 01 día, y el secado de todas se realizarán en 9 días, esto con el fin de que todas las muestras mantengan la misma edad y calidad de secado previo a la cocción.

El proceso de horneado se realizó según los parámetros de la fábrica de ladrillos donde la temperatura varía durante 5 días subiendo y bajando gradualmente la temperatura, y llegando hasta los 1250°C aproximadamente.

Para finalizar el proceso de fabricación, se deja enfriar el horno por otros 5 días para la extracción de las muestras.

También estas instalaciones aportarán mediante el uso de sus equipos muestras homogéneas las cuales puedan ser evaluados sin prejuicios, generando así mayor confiabilidad de producción.

#### **4.2.2. Dosificación de mezclas**

Los lodos que se manejan no tienen un muy diferenciado contenido de alúmina, en comparación de los comunes ladrillos refractarios; para nuestro estudio se evaluarán las muestras, enfocados a la composición que podría aportar mejores características.

A continuación, en la tabla 6 se describe las dosificaciones de las mezclas al 30%, 50% y 70% de adición de lodos aluminosos

**Tabla 6: Mezclas con diferentes concentraciones de lodo húmedo por unidad de ladrillo**

<b>Nomenclatura</b>	<b>lodo húmedo</b>	<b>Peso lodo</b>	<b>Peso arcilla (kg.)</b>	<b>Peso total</b>
M30	30%	18.05	42.00	60.95
M50	50%	30.01	30.00	60.01
M70	70%	42.00	18.00	60.00

Fuente: Propia del autor

La mezcla se refiere a la composición aproximada de una unidad de mampostería de 2.9 y 3.0 kg, de masa teniendo las mezclas definidas en el Capítulo III.

Según los ensayos de mezclas expresados en la Tabla 6, se definieron tres pruebas de fabricación de ladrillos, se ilustran a continuación en la Tabla 7.

**Tabla 7: Definición de mezclas y cantidad de ladrillos por unidad**

<b>Muestra (mezcla)</b>	<b>Cantidad de lodo (% de peso)</b>	<b>Cantidad de arcilla (% de peso)</b>	<b>Unidades fabricadas</b>
M30	30%	70%	20
M50	50%	50%	20
M70	70%	30%	20

Fuente: Propia del autor

Con la Tabla 7, se definieron el porcentaje agregado de lodo de alúmina obtenido como muestra, en reemplazo parcial de la arcilla común para la fabricación de los ladrillos que se someterán a pruebas y ensayos posteriormente.

### 4.2.3. Comportamiento de las muestras

Realizado ya el proceso de fabricación se identificó ciertos cambios en el color y apariencia durante el tiempo de enfriamiento de las muestras

En la siguiente imagen se muestra la diferencia de coloración de las muestras en la etapa de secado, de ladrillo con lodo de alúmina contra los ladrillos tradicionales.



*Figura 14: evaluación física visual de ladrillos refractarios de alúmina, las muestras fabricadas están apiladas en la estantería para evitar el alabeo por presión vertical.*

Los ladrillos de nuestras pruebas son de color crema blanquecina a crema amarillenta, a continuación, se muestra el formato de evaluación de producción que se empleó durante la producción de las muestras.


 <b>LAROKA</b> <small>Industria Cerámica</small>		<b>CONTROL DE CALIDAD DE PROCESO DE PRODUCCION DE LADRILLOS</b>		<small>ficha de control Nro</small> <b>005-2013-HYO/LAROKA</b>		
<b>1. DATOS DE PRODUCCION</b>					<b>Fecha</b>	
Lote Nro.	003 - HY0 - 70%					
Cant. de Unid. por lote	20 Unid.					
Fecha de moldeado	21-02-18					
Insumos	Arcilla, Lodo alumina		Codigo de cantera		001-002	
tipo de ladrillo	70% lodo alumina					
Fecha de inicio de secado	21-02-18					
Fecha de culminacion de seca	27-02-18					
Dimensiones de diseño	23x13x9 cm.					
Fecha prevista de coccion	27-02-18					
Tiempo de coccion	01-03-18					
Tiempo de enfriamiento	2 días					
<b>2. CONTROL DE CALIDAD - ALABEO</b>					<b>Fecha</b>	
calidad A	calidad B	calidad C	calidad D			
minimo (1 - 5 mm)	moderado (5 - 10 mm)	exeso (10 - 20 mm.)	Resiclaje (20 mm a mas).			
<b>3. CONTROL DE CALIDAD POST COCCION.</b>					<b>Fecha</b>	
OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	PRESENCIA DE FISURAS	OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	DESFRAGMENTACION Y/O DESPOTILLAMIENTO			
Bueno (0-2%)		Bueno (0-3%)				
Regular (2-5%)		Regular (3-8%)				
Malo (5% a mas)	X	Malo (8% a mas)	X			
<b>4. CONTROL DE CALIDAD FINAL</b>					<b>Fecha</b>	
CALIDAD A	CALIDAD B	CALIDAD C				
		X				
CARGO	TEC. INSPECTOR	SUPERVISOR DE PRODUCCION	GERENTE DE PLANTA			
NOMBRE						
Control 1	A. Alvarado	[Firma]	[Firma]			

Figura 15: modelo de ficha de evaluación empleada para el control de calidad de las muestras durante su fabricación provistas por la planta de producción.

#### 4.2.3.1. Comportamiento de la mezcla M30

Son bloques de color uniforme, no se generaron fracturas durante los procesos de secado u horneado, tampoco se identificó desmoronamiento del material o algún otro problema físico que afecte la integridad o el desempeño de las muestras.

La muestra disminuyo en peso durante la etapa de secado después de 12 días.

#### **4.2.3.2. Comportamiento de la mezcla M50**

Son bloques de color uniforme, no se generaron fracturas durante los procesos de secado u horneado, tampoco se identificó desmoronamiento del material o algún otro problema físico que afecte la integridad o el desempeño de las muestras.

#### **4.2.3.3. Comportamiento de la mezcla m70**

Son bloques de color uniforme, se identificó fracturas durante los procesos de secado y un leve desmoronamiento posterior a la etapa de cocción, dejando muchas aristas resquebrajadas, sumados estos percances resulta un deterioro significativo de la muestra teniendo así solo 7 muestras aceptables las cuales en cantidad no alcanzan para realizar los ensayos mecánicos en laboratorio.

#### **4.2.4. Validación de muestras**

Mediante el uso de las fichas de “CONTROL DE CALIDAD DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS” provisto por “Industria Cerámica Laroka E.I.R.L.” y su personal competente, se determinó que las muestras M30 y M50 son las únicas aceptables, por lo tanto, se proseguirá la investigación con dichas muestras.

Las fichas evaluadas son tres (03), siendo una por cada grupo de muestras, dichas fichas aquí mencionadas serán adjuntadas en la sección de anexos para la validación de la información.

### **4.3. Caracterización de ladrillo**

Posterior a la fabricación y aceptación de los ladrillos se procede a la evaluación de sus propiedades según normas nacionales vigentes



teniendo en cuenta el paquete de normas mencionadas en el marco teórico.

Para caracterizar la parte experimental es pertinente tomar muestras de ladrillos producidos y realizar los análisis que requiere la “Norma Técnica Peruana NTP 399.613 – 2017 2da. Edición”, con esto se obtendrán datos que permitan identificar el comportamiento mecánico de los ladrillos con lodo aluminoso.

Se tomaron 20 muestras de la producción de ladrillos M30 y otras 20 muestras de la producción de ladrillos M50.

Se desestimó la muestra M70 por tener deficiencias durante la etapa de fabricación.

En adelante se presentarán los resultados obtenidos de ensayos mecánicos en laboratorio de las muestras validas, estos ensayos fueron realizados en el laboratorio “C.I.A.A. SANTA CRUZ S.R.L.”, los certificados de laboratorio serán anexados y los resultados serán presentados a continuación según las categorías de:

- Alabeo.
- Variación dimensional.
- Resistencia a la compresión.
- Porcentaje de absorción de agua.
- Resistencia al calor (pirómetro).

#### **4.3.1. Ensayos de alabeo**

No se muestran estos parámetros puesto que no se tubo alabeo durante el secado a temperatura ambiente de las muestras, esto gracias a las técnicas de producción aplicado, se anexa el certificado de control de calidad de producción como referencia.



#### 4.3.2. Ensayos de variación dimensional

Se inicia con las pruebas y ensayos para caracterizar los ladrillos refractarios con lodo aluminoso entre 30% y 50%, aquí se muestra los datos de variación dimensional.

**Tabla 8: Pruebas de variación dimensional en frio de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.**

Muestra	Largo (mm.)	Prom. Largo (mm.)	Alto (mm.)	Prom. Alto (mm.)	Ancho (mm.)	Prom. Ancho (mm.)
M30-6	232.00		130.00		90.00	
M30-7	230.00		130.00		90.00	
M30-8	231.00	<b>231.20</b>	129.00	<b>129.60</b>	91.00	<b>90.20</b>
M30-9	231.00		129.00		91.00	
M30-10	232.00		130.00		89.00	

Fuente: Propia del autor.

**Tabla 9: Pruebas de variación dimensional en frio de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.**

Muestra	Largo (mm.)	Prom. Largo (mm.)	Alto (mm.)	Prom. Alto (mm.)	Ancho (mm.)	Prom. Ancho (mm.)
M50-6	229.00		130.00		89.00	
M50-7	230.00		128.00		89.50	
M50-8	229.00	<b>229.60</b>	130.00	<b>129.40</b>	89.50	<b>89.20</b>
M50-9	230.00		129.00		89.00	
M50-10	230.00		130.00		89.00	

Fuente: Propia del autor.

#### 4.3.3. Ensayos de resistencia a la compresión

Se procedió con los ensayos de acuerdo con la normativa antes mencionada, sometiendo 05 muestras de ladrillos con lodo aluminoso de 30% y 50%, a fuerzas de compresión, tomando los datos, promediándolos y reflejándolos en la Tabla 10.

**Tabla 10: Resistencia a la compresión de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.**

Muestra	Unidad f'b MPA(Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencia f'b MPA(Kg/cm <sup>2</sup> )
M30-1	5.12 (52.30)	<b>4.99 (50.98)</b>
M30-2	4.81 (49.15)	
M30-3	4.82 (49.22)	
M30-4	5.07 (51.75)	
M30-5	5.14 (52.50)	

Fuente: Propia del autor.

**Tabla 11: Resistencia a la compresión de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.**

Muestra	Unidad f'b MPA(Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de resistencia f'b MPA(Kg/cm <sup>2</sup> )
M50-1	4.18 (42.60)	<b>4.26 (43.25)</b>
M50-2	4.42 (45.10)	
M50-3	4.17 (42.55)	
M50-4	4.24 (43.22)	
M50-5	4.30 (43.80)	

Fuente: Propia del autor.

En este caso el valor de “f'b” o la resistencia a la compresión será el dato “obtenido más bajo”, por factores de seguridad.

### 3.1.1 Ensayos de porcentaje de absorción de agua

Tras someter los ladrillos a la absorción de agua, durante el periodo de 24 horas y pesados después de 5 min de retirado del agua, se obtuvieron los siguientes datos reflejados en siguiente tabla.

**Tabla 12: Porcentaje de absorción de agua de muestras de ladrillo de 30% de lodo aluminoso.**

Muestra	Peso seco (kg.)	Peso humedo (kg.)	Absorción (%)	Prom. De absorción de Agua (%)
M30-11	2.62	2.89	10.31	10.12
M30-12	2.54	2.77	9.06	
M30-13	2.59	2.85	10.04	
M30-14	2.58	2.86	10.85	
M30-15	2.61	2.88	10.34	

Fuente: Propia del autor.

**Tabla 13: Porcentaje de absorción de agua de muestras de ladrillo de 50% de lodo aluminoso.**

Muestra	Peso seco (kg.)	Peso húmedo (kg.)	Absorción (%)	Prom. De absorción de Agua (%)
M50-11	2.55	2.81	10.20	10.67
M50-12	2.55	2.80	9.80	
M50-13	2.51	2.80	11.55	
M50-14	2.49	2.78	11.65	
M50-15	2.56	2.82	10.16	

Fuente: Propia del autor.

#### 4.3.4. Pruebas de resistencia al calor (pirometria)

Según las normas nacionales se debe emplear un Horno con bandejas removibles, para monitorear en desgaste del elemento refractario, esto con el fin de ver tu trabajabilidad y durabilidad si fuese empleado en la fabricación de Hornos, considerando que el insumo a evaluar tiene el fin de ser utilizados en muros de edificaciones, no guardaría relación, puesto que toda estructura posterior a un incendio debe ser evaluada en su totalidad para identificar el reusó o demolición definitiva parcial o total.

Otro punto que se debe de tener en claro que la norma por ser de 1978 menciona que el control de temperatura debe de ser con un cono paramétrico equivalente, esto hace referencia a un método de control de temperatura antigua el cual no permitiría monitorear y controlar la temperatura continuamente, se usará la equivalencia actual de los conos pirometricos (CPE) como referencia, pero su uso no será absoluto por lo presentado en la Tabla 01.

Según estudios la temperatura media de un incendio en zonas urbanas, un incendio que envuelva completamente un cuarto llega hasta los 1100 Grados Fahrenheit (593.33 °Centigrados) esto según estudios realizados por la “Agencia Federal Para El Manejo De Emergencias” o más conocido por sus siglas en ingles “FEMA” (MANUAL DEL PARTICIPANTE - CAPACITACIÓN BÁSICA CERT, pagina 01 - 2011), de aquí se tomara como temperatura base para los ensayos los 700 grados centígrados, una técnica para alcanzar al temperatura será el uso de carbón mineral y aplicación de ventilación continua para alcanzar la temperatura deseada, el control de temperatura se realizara con un multímetro con sensor de contacto.



*Figura 16: uso de carbón mineral para alcanzar y mantener la temperatura deseada en los ensayos de pirometria,*

Se realizó este ensayo mediante la fabricación de un horno rudimentario para poder monitorear la temperatura en todo momento, ya que las normas técnicas peruanas son muy ambiguas se procederá a realizar el ensayo de la mejor manera posible y además se buscará la forma de presentar los resultados de la manera más entendible y teniendo en cuenta parámetros de seguridad necesarios.



*Figura 17: equipos de control y equipos de seguridad empleados para la elaboración del ensayo rudimentario de Pirometría al cual se someterán las muestras.*

El ensayo se realizó en horas nocturna para evitar la variación de temperatura exterior y la cronometría inicio desde que el horno alcanzo la temperatura estipulada y continuo hasta el final del ensayo, se presenta los resultados según muestran en los siguientes cuadros, el ensayo durara desde que le horno supere la temperatura de 700 °C, se mantendrá dicha temperatura hasta el final del ensayo que durara 180 minutos, que es determinada por la Norma A130.

**Tabla 14: Datos de resistencia al calor de ladrillo con 30% de lodo aluminoso (Temperatura ambiental exterior 12.0°C).**

<b>Muestra</b>	<b>Temp. Interior (°C) Minuto 00</b>	<b>Temp. Interior (°C) Minuto 180</b>	<b>Temp. Exterior (°C) Minuto 00</b>	<b>Temp. Exterior (°C) Minuto 180</b>
<b>M30-16</b>	713.0	767.0	<b>22.0</b>	<b>50.0</b>
<b>M30-17</b>	713.0	767.0	<b>23.0</b>	<b>54.0</b>
<b>M30-18</b>	713.0	767.0	<b>25.0</b>	<b>49.0</b>
<b>M30-19</b>	713.0	767.0	<b>19.0</b>	<b>57.0</b>
<b>M30-20</b>	713.0	767.0	<b>20.0</b>	<b>56.0</b>

Fuente: Propia del autor.

A continuación, se realizará un cuadro de promedios de los datos del cuadro número 14, de esta manera los datos serán adaptadas para una mejor interpretación

**Tabla 15: Promedio de datos de resistencia al calor de ladrillo con 30% de lodo aluminoso**

<b>Muestra</b>	<b>Promedio temp. Interior (°C) Minuto 00</b>	<b>Promedio temp. Interior (°C) Minuto 180</b>	<b>Promedio temp. Exterior (°C) Minuto 00</b>	<b>Promedio temp. Exterior (°C) Minuto 180</b>
<b>M30</b>	713	767	21.8	53.2

Fuente: Propia del autor.

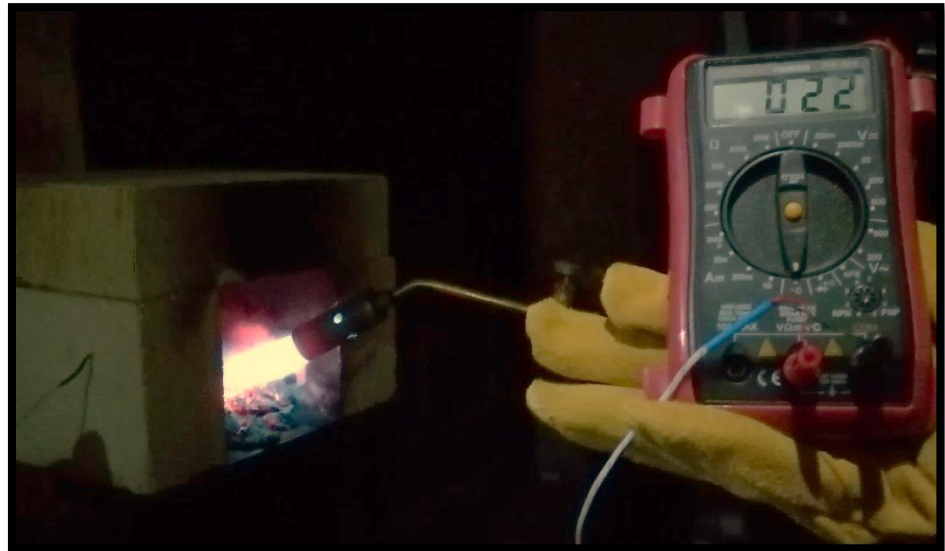


Figura 18: visualización del multímetro digital, donde se verifica la temperatura en grados centígrados (°C) exterior de las muestras.

**Tabla 16: Datos de resistencia al calor de ladrillo con 50% de lodo aluminoso (Temperatura ambiental exterior 21.0°C).**

Muestra	Temp. Interior (°C) Minuto 00	Temp. Interior (°C) Minuto 180	Temp. Exterior (°C) Minuto 00	Temp. Exterior (°C) Minuto 180
<b>M50-16</b>	709.0	779.0	<b>21.0</b>	<b>40.0</b>
<b>M50-17</b>	709.0	779.0	<b>19.0</b>	<b>42.0</b>
<b>M50-18</b>	709.0	779.0	<b>19.0</b>	<b>45.0</b>
<b>M50-19</b>	709.0	779.0	<b>20.0</b>	<b>45.0</b>
<b>M50-20</b>	709.0	779.0	<b>20.0</b>	<b>46.0</b>

Fuente: Propia del autor.

A continuación, se realizará un cuadro de promedios de los datos del cuadro número 16, de esta manera los datos serán adaptadas para una mejor interpretación.

**Tabla 17: Promedio de datos de resistencia al calor de ladrillo con 50% de lodo aluminoso**

Muestra	Promedio temp. Interior (°C) Minuto 00	Promedio temp. Interior (°C) Minuto 180	Promedio temp. Exterior (°C) Minuto 00	Promedio temp. Exterior (°C) Minuto 180
<b>M50</b>	709	779	19.8	43.6

Fuente: Propia del autor.



*Figura 19: visualización del multímetro digital, donde se verifica la temperatura en grados centígrados (°C) interior de las muestras, punto de muestro en la parte inferior del horno, en plancha de acero.*

Finalizado el ensayo, ninguna muestra termino deteriorada por la exposición continua a la alta temperatura.

#### **4.3.5. Precio de producción y precio de venta.**

Se realizo un presupuesto tentativo del costo de producción, teniendo en cuenta que la planta de producción viene trabajando con ladrillos convencionales, el presupuesto es verídico con relación a precios actuales, de adjunta en la sección de ANEXOS el análisis de costo unitario y Presupuesto



Presupuesto					
Presupuesto	0202157	COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 50% ALUMINA (LOTE 2.50 MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN			
Cliente	INDUSTRIAS CERAMICAS LAROKA EIRL			Costo al	
Lugar	JUNIN - HUANCAYO - ZAPALLANGA			30/09/2019	
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ACOPPIO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 20 KM.) Y FABRICACION				1208.29
01.01	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO	m3	42.10	12.41	522.46
01.02	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA	m3	42.70	29.09	619.04
01.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO m/		2.50	20.97	52.43
	COSTO DIRECTO				1183.92
	PERDIDA EN PROCESO PRODUCTIVO (18%)				119.39
	UTILIDAD (40%)				477.57
	SUB TOTAL				1798.88
	IGV(18%)				322.36
	TOTAL PRESUPUESTO				2113.24

Figura 20: resultado de la hoja de presupuesto de producción ladrillo con 50% de lodo aluminoso

Presupuesto					
Presupuesto	0202156	COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 30% ALUMINA (LOTE 2.50 MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN			
Cliente	INDUSTRIAS CERAMICAS LAROKA EIRL			Costo al	
Lugar	JUNIN - HUANCAYO - ZAPALLANGA			30/09/2019	
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ACOPPIO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 20 KM.) Y FABRICACION				1208.29
01.01	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO	m3	35.50	12.41	440.56
01.02	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA	m3	48.74	29.09	715.99
01.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO m/		2.50	20.97	52.43
	COSTO DIRECTO				1208.29
	PERDIDA EN PROCESO PRODUCTIVO (18%)				120.90
	UTILIDAD (40%)				483.59
	SUB TOTAL				1813.46
	IGV(18%)				326.42
	TOTAL PRESUPUESTO				2139.88

Figura 21: resultado de la hoja de presupuesto de producción ladrillo con 30% de lodo aluminoso

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Caracterización y/o clasificación de ladrillo de lodo residual mineral**

Para evidenciar el comportamiento de la dosificación del lodo en los ladrillos, se realizó una comparación de los parámetros de alabeo, resistencia a la compresión, porcentaje de absorción de agua y resistencia al calor, de los Ladrillos de lodo residual por cada lineamiento planteado, así de esta manera determinar la calidad de los ladrillos objeto de esta investigación, evaluando si se ve afectada la calidad del ladrillo o si es posible que el lodo mejore las propiedades.

##### **5.1.1. Discusión 01: Materia prima**

Mediante el análisis químico de muestras de lodo de identifico su gran contenido de alúmina de la cantera analizada, además con la fabricación y caracterización de los ladrillos se determina que, si se obtuvo un ladrillo refractario, por ende, la cantera de lodo de alúmina empleado es aceptable para la fabricación de este insumo de acuerdo a las dosificaciones de las muestras M30 y M50.

##### **5.1.2. Discusión 02: Producción de muestras**

Aquí se evaluó la forma de fabricación del ladrillo refractario, así como se menciona en el capítulo de Marco Teórico y en el capítulo de Resultados, además con la gran experiencia que se obtuvo del personal de la fábrica de ladrillos de la empresa

“Industria Cerámica Laroka E.I.R.L.” en la sucursal de Av. Ramiro Priale, Nro S/N – Sapallanga – Huancayo, no se tuvo ningún inconveniente durante el proceso de elaboración de las muestras, la fabricación fue óptima, esto validado por las fichas de “CONTROL DE CALIDAD DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS”.

El motivo de discusión serán las muestras de M30 y M50 en adelante puesto que estas dosificaciones mostraron tener menores desperfectos, las muestras de M70 fue desestimada denominándola **No Aceptable**, la dosificación empleada demostró no tener consistencia durante la elaboración de muestras.

### **5.1.3. Discusión 03: Caracterización de muestras**

#### **5.1.3.1. Por alabeo**

No se tuvo problemas con este factor puesto que se buscó un balance óptimo entre la mezcla y la proporción de agua que se le agregó para la etapa de moldeado a las diferentes dosificaciones.

Se denomina a las muestras M30 y M50 como óptimas y **aceptables** dentro de este parámetro.

#### **5.1.3.2. Por variación dimensional**

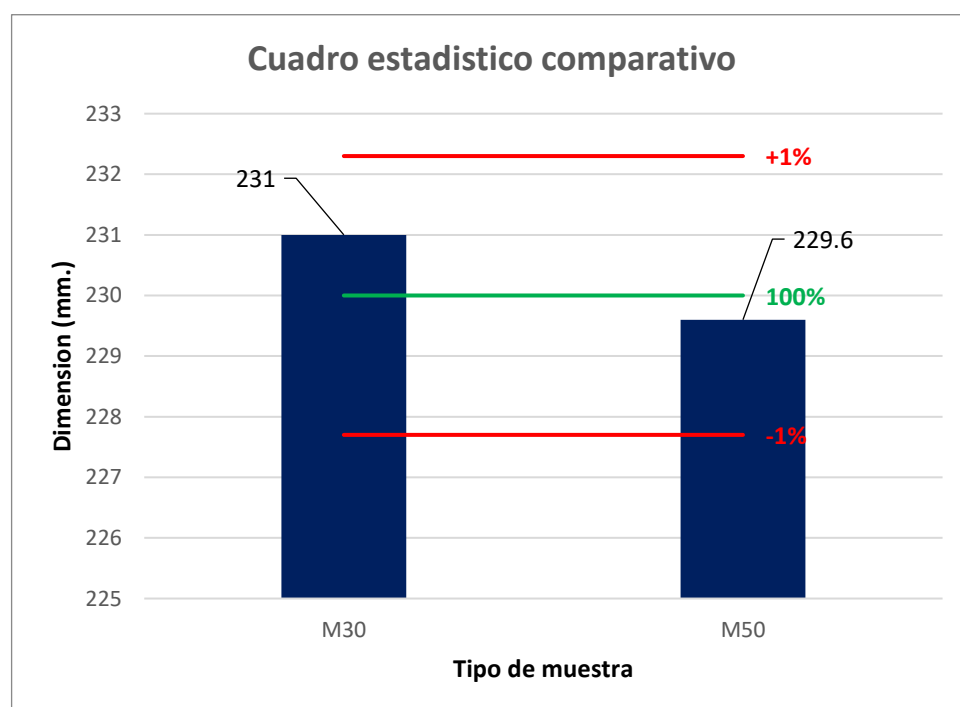
Las variaciones dimensionales fueron estuvieron por debajo del tope máximo que solicita el la Norma E.070 – Reglamento nacional de edificaciones.

Se compara ambas muestras de ladrillos fabricados con 30% y 50% de lodo aluminoso, con los porcentajes máximos permisibles del Ladrillo tipo V, por ser el más riguroso.

**Tabla 18: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070 “Largo o Soga”.**

Tipo	Prom. Largo real (mm.)	Largo propuesto (mm.)	Variación (%)	Variación max. Norma E.070 Más de 150 mm (%)	V°b°
M30	231.00	230.00	0.52	± 1	✓
M50	229.60	230.00	-0.17	± 1	✓

Fuente: Propia del autor



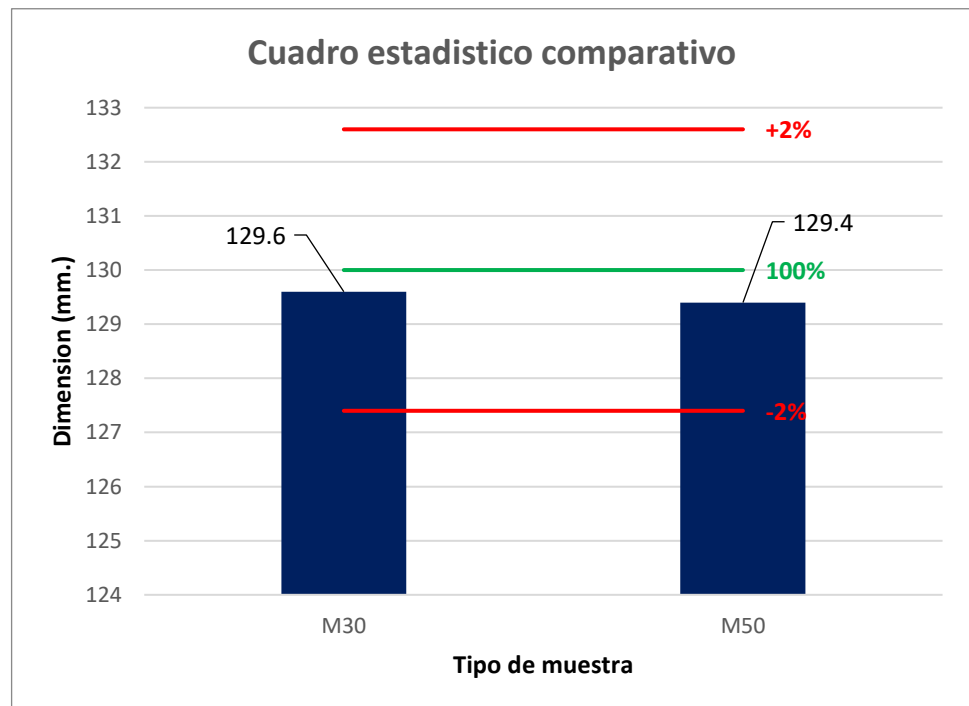
*Figura 22: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 18.*

De las tablas 18, se deduce que por dimensiones el ladrillo fácilmente califica para pertenecer a cualquiera de los cinco tipos de ladrillos comunes descritos en el reglamento nacional de Edificaciones, por lo tanto, se declara **aceptable** a las muestras M30 y M50.

**Tabla 19: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070 “Alto o tizón”.**

Tipo	Alto real (mm.)	Alto Propuesto (mm.)	Variación (%)	Variación max. Norma E.070 Hasta de 150 mm (%)	V°b°
<b>M30</b>	129.60	130.00	<b>-0.31</b>	± 2	✓
<b>M50</b>	129.40	130.00	<b>-0.46</b>	± 2	✓

Fuente: Propia del autor



*Figura 23: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 19.*

De las tablas 19, se deduce que por dimensiones el ladrillo fácilmente califica para pertenecer a cualquiera de los cinco tipos de ladrillos comunes descritos en el reglamento nacional de Edificaciones, por lo tanto, se declara **aceptable** a las muestras M30 y M50.

**Tabla 20: Evaluación ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070“Ancho o grueso”.**

Tipo	Ancho real (mm.)	Ancho Propuesto (mm.)	Variación (%)	Variación max. Norma E.070 Hasta de 100 mm (%)	V°b°
M30	90.20	90.00	0.52	± 3	✓
M50	89.20	90.00	0.87	± 3	✓

Fuente: Propia del autor.

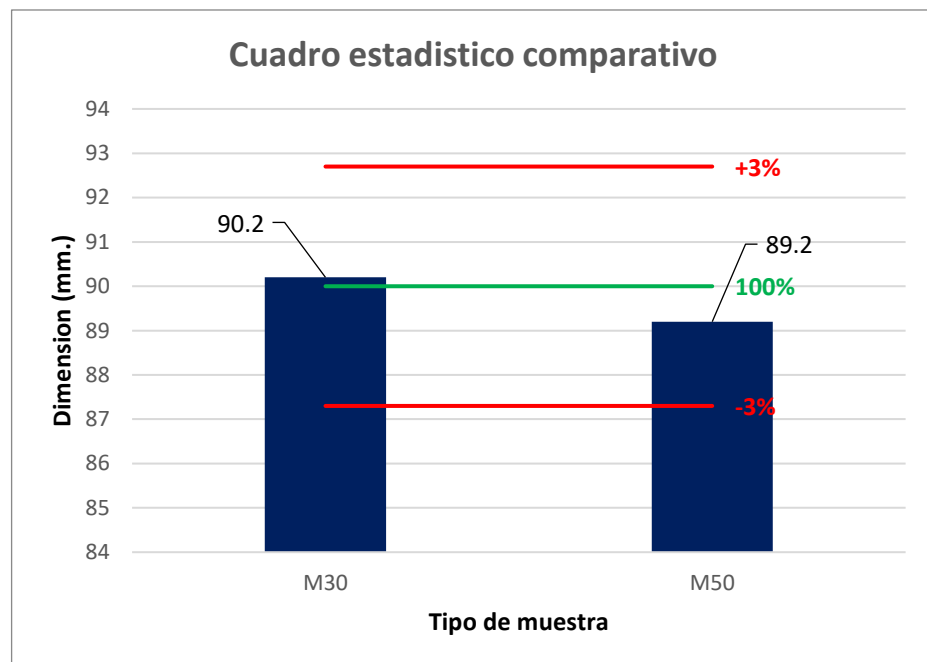


Figura 24: Cuadro estadístico comparativo para la evaluación dimensional respecto a la tabla 20.

De las tablas 20, se deduce que por dimensiones el ladrillo fácilmente califica para pertenecer a cualquiera de los cinco tipos de ladrillos comunes descritos en el reglamento nacional de Edificaciones, por lo tanto, se declara **aceptable** a las muestras M30 y M50.

### 5.1.3.3. Por resistencia a la compresión

De los ensayos antes realizados y plasmados en la **Tabla 10 y 11**, se procede a la comparación con la Norma E.070 y con la Norma Técnica Peruana NTP 331.008.

**Tabla 21: Clasificación del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según la resistencia a la compresión, Norma E.070.**

Tipo	Prom. Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga más cercana superada (kg/cm <sup>2</sup> ) Norma E.070	V°b°
M30	50.98	Bloque NP 20.00	✓
M50	43.25	Bloque NP 20.00	✓

Fuente: Propia del autor.

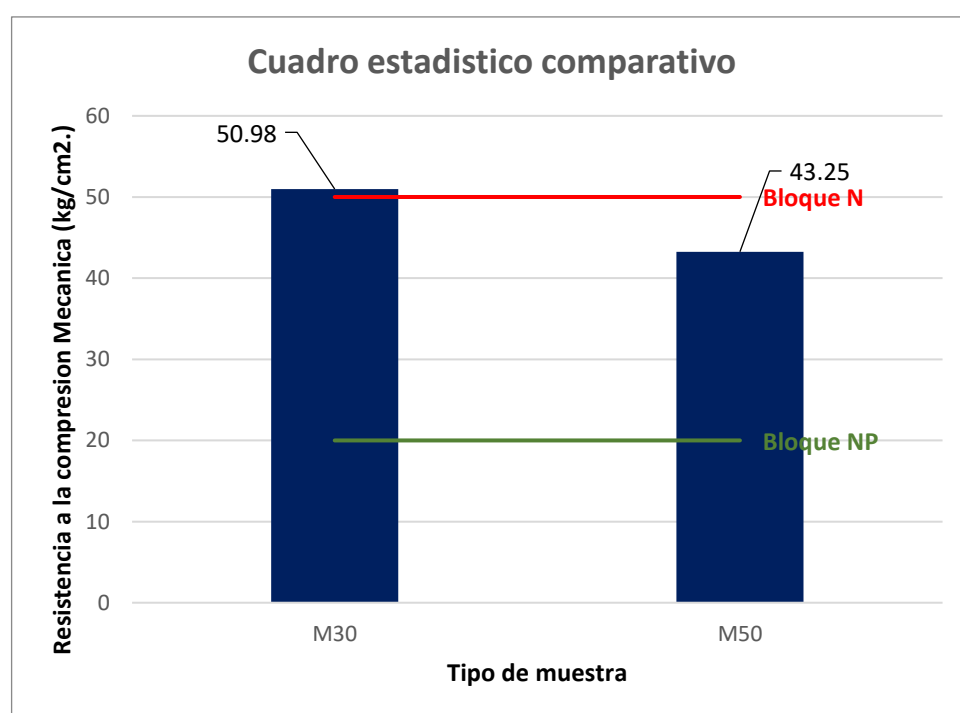


Figura 25: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según resistencia a la compresión respecto a la tabla 21.

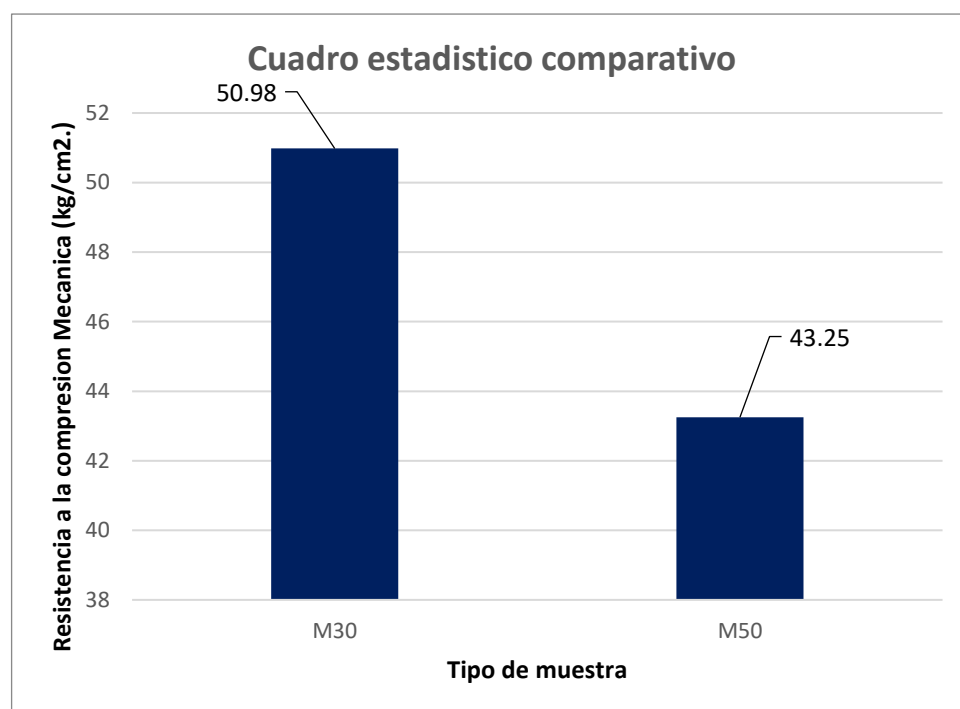
Se declara **aceptable** las muestras M30 y M50, además se designó la clase “**Bloque NP**” a ambos tipos

de muestras, puesto que se necesita ahondar en el análisis estructural de este ladrillo en conjunto con su mortero de asentamiento para definir indefectiblemente el uso en muros portantes.

**Tabla 22: Clasificación del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma Técnica Peruana 331.008.**

Tipo	Prom. Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga más cercana superada (kg/cm <sup>2</sup> ) NTP 331.008	V°b°
M30	50.98	-	✓
M50	43.25	-	✓

Fuente: Propia del autor



*Figura 26: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según resistencia a la compresión respecto a la tabla 22.*

En la Norma Técnica Peruana 331.008 no se tiene contemplado un parámetro de resistencia para este material por lo tanto se considera que es **aceptable** a la muestra M30 y M50.



#### 5.1.3.4. Por absorción de agua

Después de someter a los especímenes a la prueba de absorción y procesado los datos, procederemos a comparar el resultado con la normatividad vigente, donde se señala unidades de arcilla el porcentaje de absorción no pasara el 15%.

**Tabla 23: Evaluación de porcentaje de absorción de agua del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma E.070.**

Tipo	Absorción (%)	Absorción para el bloque NP (%) E.070	V°B°
M30	10.12	15.00	✓
M50	10.67	15.00	✓

Fuente: Propia del autor

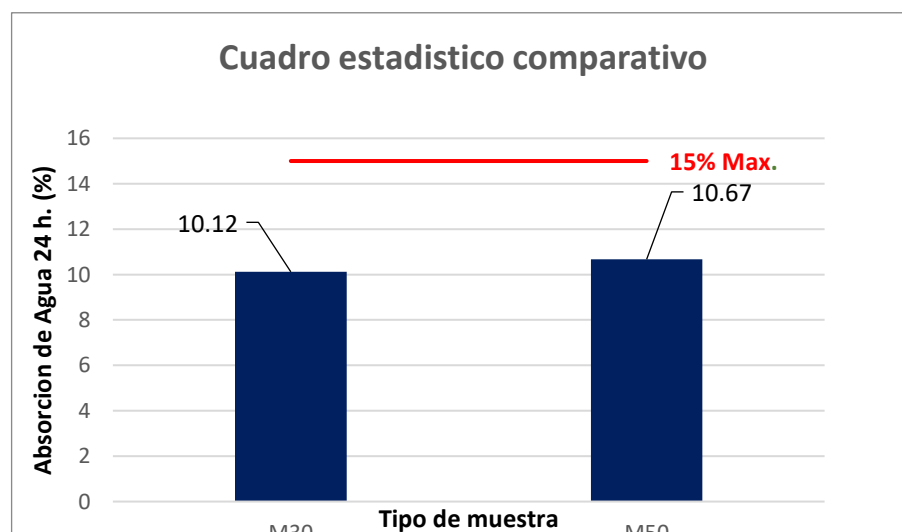


Figura 27: Cuadro estadístico comparativo para clasificación según resistencia a la compresión respecto a la tabla 23.

Puesto que el porcentaje de absorción de agua está dentro de los parámetros normados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, ambas muestras se denominan **aceptables** a la muestra M30 y M50.

### 5.1.3.5. Por resistencia al calor (pirometria)

Aquí se impuso un criterio por parte del investigador, puesto que habiendo poca bibliografía con la cual guiarse para la clasificación, se procedió a la evaluación final según la “NTP 331.008” y la “Norma A.130”.

**Tabla 24: Evaluación de la resistencia al calor del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma Técnica Peruana 331.008.**

Tipo	Temperatura interior continua (°C)	Temperatura exterior máxima (°C)	Otros parámetros	Tiempo de exposición (min) NTP 331.008	V°B°
M30	767	53.2	-	-	✓
M50	779	43.6	-	-	✓

Fuente: Propia del autor

**Tabla 25: Evaluación de la resistencia al calor del ladrillo con 30% y 50% de lodo aluminoso según Norma A.130**

Tipo	Temperatura interior continua (°C)	Temperatura exterior máxima (°C)	Tiempo de exposición (min)	Tiempo de exposición (min) Norma A.130	V°B°
M30	767	53.2	180	180	✓
M50	779	43.6	180	180	✓

Fuente: Propia del autor

Del cuadro se determina que, tras la exposición al fuego por 180 minutos, el ladrillo de refractario aquí evaluado cumple el requerimiento de resistencia pirométrica sin presentar una gran variación de

temperatura entre las caras del bloque, ya que no existe más tipos de evaluación a realizar, las muestras M30 y M50 son **Aceptables**.

### **5.1.3.6. Precio de producción y precio de venta**

#### **5.1.3.6.1. Precio de producción**

Como bien se mostró el costo de producción de **2500.00 unidades de ladrillo refractario**, mediante el software S10 (V.2005), es: **Ladrillo refractario con 30% de lodo aluminoso tubo un costo total de S/. 2139.88 soles**, mientras el **Ladrillo refractario con 50% de lodo aluminoso tubo un costo total de S/. 2113.24 soles**, incluido IGV, dando como resultado.

#### **5.1.3.6.2. Precio de venta**

Para proporcionar un precio de venta optimo se evitará el redondeo general y se el precio mostrado será el precio total del producto en puerta de la planta de producción, es decir no puesto en obra:

- El millar de **Ladrillos refractarios con 30% de lodo aluminoso cuesta S/. 855.95 soles, al mes de Octubre del 2019.**
- El millar de **Ladrillos refractarios con 30% de lodo aluminoso cuesta S/. 845.30 soles, al mes de Octubre del 2019.**

## **1.1. Resultado**

Para determinar el potencial uso del producto se debe tomar como parámetro principal la resistencia a la compresión.

Según la Tabla 20 clasificación del ladrillo de acuerdo con la norma, el promedio de la resistencia debe ser mínimo de 20 kg/cm<sup>2</sup>. Esto

comparado se observa que el “Ladrillo M30” se encuentra cómodamente en la categoría “Bloque NP”, el “Ladrillo M50” también se encuentra en la categoría “Bloque NP” con similares características, además considerando la situación de que se evaluó a las muestras más desfavorables este resultado es considerado el más certero. Estos insumos evaluados pueden ser empleado en la construcción en la elaboración de muros **no portantes** sin ningún problema, además se señala que existe una **relación** entre la dosificación de lodo aluminoso y la resistencia, puesto que se determinó que a mayor incorporación de lodo menor es la resistencia del ladrillo refractario de alúmina.

Por otra parte, otro factor relevante es que se ha superado los márgenes permisibles que otorga el reglamento, diferenciando así que este ladrillo está por debajo del porcentaje de absorción permitido, como también la variación dimensional propuesta se encuentra dentro de los márgenes, además gran parte de los resultados también son gracias a un buen proceso fabricación de las muestras y a un análisis correcto de los lodos aluminosos aplicados.

### **1.1.1. Validación de hipótesis**

Haciendo la consolidación de hipótesis mediante el uso del cuadro de operacionalización de variables, se tiene que:

1. Se evaluó el lodo logrando caracterizarlos, adjuntando en anexos el certificado de laboratorio químico, en el cual se refleja el alto contenido de lodo aluminoso considerándolo apto para su uso en la fabricación de ladrillos refractarios; así se considera la primera hipótesis específica “La aplicación de lodos residuales minerales de manera parcial en la arcilla de fabricación del ladrillo otorga mejores características” como verdadera.
2. Se realizó la Producción de ladrillos refractarios de alúmina utilizando correctas herramientas y procedimientos de fabricación, se consiguió un ladrillo lo más homogéneo posible entre todas las unidades con las mismas características físicas

solo diferenciados por los tipos de muestras; así se considera la segunda hipótesis específica “Se mejoró la fabricación de ladrillo refractario aluminoso mediante el control de dosificaciones de lodos residuales minerales” como verdadera.

3. La caracterización física de ladrillos refractario de alúmina, arrojó datos positivos de los ladrillos fabricados informando que las muestras M30 y M50 pueden ser fabricadas para uso en edificaciones; así se considera la tercera hipótesis específica “Se caracterizó el ladrillo refractario aluminoso obtenido identificándolo como un insumo adecuado para todo tipo de uso en la construcción de edificaciones” como verdadera.

Considerándose las tres hipótesis específicas como verdaderas, se intuye que la hipótesis general también es verdadera, por lo tanto, la presente investigación concluye satisfactoriamente.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la evaluación se logró diseñar ladrillos refractario de alúmina, con características favorables para su uso en la industria de la construcción mediante el uso de lodos residuales minerales, en la región Junín.
2. Tras la elaboración de las muestras de ladrillos refractarios de alúmina, se demostró que si es viable la aplicación o incorporación de este lodo residual mineral en reemplazo parcial en reemplazo parcial de la arcilla normalmente constituyente.
3. Se logró optimizar la condición de fabricación de ladrillos refractario mediante la utilización de lodos aluminosos al 30%, 50% y 70%, concluyendo que la dosificación de lodo debe variar solo entre el 30% y 50%.
4. Se obtuvo con la evaluación de las muestras, la calidad de ladrillo refractario de alúmina que cumpla con los requerimientos de servicio mínimo que hace referencia las normas peruanas vigentes a la fecha, clasificándose como un “Bloque NP”, bloque usado en la construcción de muros no portantes.
5. Por último, producto de toda la investigación se considera que se generó el insumo “Bloque NP - refractario”.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere la elaboración de ensayos respectivos para determinar la calidad de elementos refractarios de utilizar una cantera diferente de lodo de la que aquí se empleó.
2. Se recomienda balancear los porcentajes de arcilla, de acuerdo con la proporción en peso compactado y no en volumen, puesto que existe una variación por el traslado de materiales
3. Es recomendable el uso de maquinarias industriales para la fabricación los ladrillos refractarios con lodos aluminosos, y evitar la fabricación artesanal, puesto que se requerirá una homogeneidad en todo el lote de insumo a fabricar durante la etapa de cocción, esto para garantizar la calidad del producto
4. Se recomiendo no usar los ladrillos refractarios con lodo aluminosos de maneras diferentes a las aquí propuestas sin una previa evaluación técnica requerida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Bibliográficas**

1. Albañilería - Reglamento Nacional de Edificaciones - NORMA E.070.
2. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (2017). Norma Técnica Peruana NTP 399.613 - (2da. edición).
3. MATERIALES REFRACTARIOS. Método de determinación de la resistencia al choque térmico de ladrillos refractarios silico aluminosos, método Panel (1986, revisada el 2010). Norma Técnica Peruana NTP 331.064.
4. Standard Test Methods for Size, Dimensional Measurements, and Bulk Density of Refractory Brick and Insulating Firebrick (2016). ASTM C134 – 95.
5. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Refractory Materials at Room Temperature. ASTM C704 / C704M – 15.
6. Cerdeña del Castillo, F.J y Pérez Lorenzo, A. (2006). Viabilidad técnica de uso de lodos de Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAO) en fabricación de materiales cerámicos para la construcción. España: Conarquitectura No 30.
7. Espejel Ayala, F. (2007). Valoración de lodos generados en plantas de potabilizadoras para elaborar productos cerámicos. Tesis, Maestría en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería.
8. NOM-004-SEMARNAT-2002. Norma Oficial Mexicana. Protección Ambiental. Publicada en el Diario Oficial el 15 de agosto de 2003.
9. <https://www.usfa.fema.gov/prevention/>



## **ANEXOS**

## ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TITULO DE TESIS: LADRILLOS REFRACTARIO DE ALÚMINA A PARTIR DE LODOS RESIDUALES MINERALES EN LA REGIÓN JUNÍN

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo diseñar ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para su uso en la industria de la construcción mediante el uso de lodos residuales minerales?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Diseñar un ladrillos refractario de alúmina con características adecuadas para uso en la industria de la construcción, a partir de lodos residuales minerales</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>los ladrillos refractario de alúmina diseñados a partir de lodos residuales minerales, poseen características extraordinarias para uso en la industria de la construcción, en la región Junín.</p>	<p><b>Variable independiente</b> Lodos residuales minerales.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Ladrillo refractario de alúmina.</p>	<p><b>Método de investigación</b> Método científico</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Cuasi experimental</p> <p><b>Población y Muestra</b> dirigida - controlada</p> <p><b>60 ladrillos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>20 ladrillos</b> de 30% incorporación de lodo de lodo residual mineral</li> <li>• <b>20 ladrillos</b> de 50% incorporación de lodo de lodo residual mineral</li> <li>• <b>20 ladrillos</b> de 70% incorporación de lodo de lodo residual mineral</li> </ul>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Será posible analizar estos lodos residuales minerales para el uso como reemplazo parcial de la arcilla de fabricación del ladrillo?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Analizar los lodos residuales minerales como reemplazo parcial de la arcilla de fabricación del ladrillo.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La el análisis para la aplicación de lodos residuales minerales de manera parcial en la arcilla de fabricación del ladrillo otorga mejores características.</p>		
<p>¿Es posible describir y definir las condiciones de fabricación de ladrillo refractario de alúmina mediante la mezcla controlada lodos residuales minerales?</p>	<p>Describir y definir las condiciones de fabricación de ladrillo refractario de alúmina mediante la mezcla controlada lodos residuales minerales.</p>	<p>Se describió y se definió la mejor forma de fabricación de ladrillo refractario aluminoso mediante el control de dosificaciones de lodos residuales minerales.</p>		
<p>¿Puede calificarse al ladrillo refractario aluminoso con características adecuadas para uso en construcción de edificaciones?</p>	<p>Calificar al ladrillo refractario aluminoso obtenido identificando su uso adecuado para la construcción de edificaciones.</p>	<p>Se califico el ladrillo refractario aluminoso, obtenido identificándolo como un insumo adecuado para todo tipo de uso en la construcción de edificaciones.</p>		

**ANEXO 2**  
**PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION DE LA CANTERA DE**  
**LODO RESIDUAL MINERAL.**

COORDENADAS U.T.M.  
DATUM : WGS - 84

Nº	ESTE	NORTE
1	474552.377	8666092.826
2	474495.591	8666063.149
3	474969.088	8665997.216
4	474333.994	8666055.678
5	474397.574	8666121.597
6	474422.153	8666141.452
7	474502.434	8666185.505

CUADRO DE AREAS	
AREA NETA	19570.37 m <sup>2</sup> .
PERIMETRO TOTAL	591.54 ml.
AREA CONSTRUIDA	0 m <sup>2</sup> .
DENSIDAD DE ESTRATO	0.80 - 1.05 m.



PLANO DE UBICACION

ESCALA: 1:1000



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA: 1:10000

DEPARTAMENTO	JUNIN
PROVINCIA	HUANCAYO
DISTRITO	EL TAMBO
ZONA	PARAJE AGUA DE LAS VIRGENES
MAZANA / CALLE	-
LOTE	-
Nro. DE VIVIENDA	-
USO	DEPOSITO DE RELAVES
PROPIETARIO	"UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU"

ELABORADO:	J.J.B.C.	FECHA	ENERO - 2018
SELO Y FIRMA DEL PROFESIONAL			
PLANO :	UBICACION Y LOCALIZACION	UL - 01	

**ANEXO 3**  
**CERTIFICADOS DE ENSAYOS - LADRILLO REFRACTARIO CON**  
**ALUMINA.**



### ANÁLISIS DE ALÚMINA

Fecha: 19 de febrero del 2018.

#### A. CARACTERIZACION DE ALUMINA

El Óxido de alúmina ( $Al_2O_3$ ), también llamando alúmina, óxido aluminico o trióxido de aluminio, es un óxido metálico que se produce de la reacción entre un metal y el oxígeno. También se le conoce como óxido básico, por la facilidad de formar hidróxidos cuando reacciona con el agua.

INFORMACIÓN GENERAL	
NOMBRE GENERAL	Trióxido dialuminico
FORMULA MOLECULAR	$Al_2O_3$
NOMBRE CIENTÍFICO IUPAC	Oxido de aluminio
NUMERO CAS	1344-28-1
PROPIEDADES	
DENSIDAD	3961 g/cm <sup>3</sup>
MASA MOLAR	101.96 g/mol
PUNTO DE FUSIÓN	2 072 °c
PUNTO DE EBULLICIÓN	2 977 °c
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1.76 – 1.77
SOLUBILIDAD AL AGUA	Insoluble
RESISTENCIA QUÍMICA A ÁCIDOS	Buena
RESISTENCIA QUÍMICA A ALCALIS	Buena
RESISTENCIA A LOS METALES	Buena
RESISTENCIA QUÍMICA A LOS HALÓGENOS	Buena



#### Observaciones:

- Polvo amarillento, inodoro y no toxico
- Compuesto mineral corresponde al grupo de los hematites. es un material muy duro que tiene alta resistencia al desgaste.
- Conduce la electricidad fácilmente y también es buen conductor térmico.
- Resistente a las reacciones con ácidos y bases a altas temperaturas.

SEDE CENTRAL

Jr. Junin N° 987, Huancayo

TELÉFONOS:

064-233 631 / 064-239 002

**B. CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE LODO DE ALÚMINA**

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN (FISICO - QUIMICO)	UNIDADES	RESULTADO
Ph	-	7,53
Humedad	%	41,50
Perdidas por volatilización	%	18,00

**Observaciones:**

- NINGUNA.

**C. COMPOSICIÓN DE LODOS (MUESTRAS INALTERADAS)**

CONTROL QUÍMICO DE METALES	NOMENCLATURA QUÍMICA	UNIDADES (% DE PESO)
DIÓXIDO DE SILICIO	SiO <sub>2</sub>	30.27
TRIÓXIDO DE DIALUMINIO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.31
TRIÓXIDO DE DIHIERRO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.67
EL ÓXIDO DE CALCIO	CaO	3.91
ÓXIDO DE MAGNESIO	MgO	1.2
MONÓXIDO DE DIPOTASIO	K <sub>2</sub> O	1.22
MONÓXIDO DE DISODIO	Na <sub>2</sub> O	1.39
PENTAÓXIDO DE DIFÓSFORO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.91
DIÓXIDO DE TITANIO	TiO <sub>2</sub>	6.97
EL ÓXIDO DE CINC	ZnO	1.18
ARCILLAS Y OTROS ELEMENTOS		5.97

**Observaciones:**

- NINGUNA.



*Roxana F.R.*  
Ing. Roxana Amelia Flores Ramos  
ESP. CONTROL DE CALIDAD  
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.

SEDE CENTRAL

Jr. Junin N° 987, Huancayo

TELÉFONOS:

064-233 631 / 064-239 002



1. DATOS DE PRODUCCION				Fecha			
Lote Nro.	001-H40 - 30%						
Cant. de Unid. por lote	20 unid.						
Fecha de moldeado	21-02-18						
Insumos	Arcilla, agua, todo aluminio		Codigo de cantera	001-002-			
tipo de ladrillo	30% todo aluminio						
Fecha de inicio de secado	21-02-18						
Fecha de culminacion de seca	27-02-18						
Dimensiones de diseño	23 x 13 x 9 cm.						
Fecha prevista de coccion	27-02-18						
Tiempo de coccion	01-03-18						
Tiempo de enfriamiento	2 dias						
2. CONTROL DE CALIDAD - ALABEO				Fecha			
calidad A	<input checked="" type="checkbox"/>	calidad B	<input type="checkbox"/>	calidad C	<input type="checkbox"/>	calidad D	<input type="checkbox"/>
minimo (1 - 5 mm)		moderado (5 - 10 mm)		exeso (10 - 20 mm.)		Resiclaje (20 mm a mas).	
3. CONTROL DE CALIDAD POST COCCION.				Fecha			
OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	PRESENCIA DE FISURAS	OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	DESFRAGMENTACION Y/O DESPOTILLAMIENTO				
Bueno (0-2%)	<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno (0-3%)	<input checked="" type="checkbox"/>				
Regular (2-5%)		Regular (3-8%)					
Malo (5% a mas)		Malo (8% a mas)					
4. CONTROL DE CALIDAD FINAL.				Fecha			
CALIDAD A	<input checked="" type="checkbox"/>	CALIDAD B	<input type="checkbox"/>	CALIDAD C	<input type="checkbox"/>		

CARGO	TEC. INSPECTOR	SUPERVISOR DE PLANTA	GERENTE DE PLANTA
NOMBRE			
Control 1	<i>A. Abraham S.</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> <i>VP.</i>
Control 2	<i>A. Abraham S.</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> <i>VP.</i>
Control 3	<i>A. Abraham S.</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> <i>VP.</i>
Control 4	<i>A. Abraham S.</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> <i>VP.</i>

Nota: calidad A dispuesto para venta con certificacion de calidad  
calidad B: calidad de segunda, dispuesto a la venta sin certificacion de calidad  
calidad C: no comerciable, dispuesto para reciclaje





 <b>LAROKA</b> Green Industry E.I.R.L. Industria Cerámica	<b>CONTROL DE CALIDAD DE PROCESO DE PRODUCCION DE LADRILLOS</b>	ficha de control Nro 005-2013-
		HYO/LAROKA

1. DATOS DE PRODUCCION		Fecha
Lote Nro.	002-HYO - 50%	
Cant. de Unid. por lote	20 Unid.	
Fecha de moldeado	21-02-18	
Insumos	Agua, Ladrillo, Lodo alumina	Codigo de cantera
tipo de ladrillo	50% Lodo alumina	001-002
Fecha de inicio de secado	21-02-18	
Fecha de culminacion de seca	27-02-18	
Dimensiones de diseño	23x13x9 cm.	
Fecha prevista de coccion	27-02-18	
Tiempo de coccion	01-03-18	
Tiempo de enfriamiento	2 dias	

2. CONTROL DE CALIDAD - ALABEO				Fecha
calidad A	calidad B	calidad C	calidad D	
minimo (1 - 5 mm)	moderado (5 - 10 mm)	exeso (10 - 20 mm.)	Resiclaje (20 mm a mas).	

3. CONTROL DE CALIDAD POST COCCION.				Fecha
OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	PRESENCIA DE FISURAS	OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	DESFRAGMENTACION Y/O DESPOTILLAMIENTO	
Bueno (0-2%)	X	Bueno (0-3%)		
Regular (2-5%)		Regular (3-8%)	X	
Malo (5% a mas)		Malo (8% a mas)		

4. CONTROL DE CALIDAD FINAL.			Fecha
CALIDAD A	CALIDAD B	CALIDAD C	
X			

CARGO	TEC. INSPECTOR	SUPERVISOR DE PLANTA	GERENTE DE PLANTA
NOMBRE			
Control 1	AS Abuebas		 JB.
Control 2	AS Abuebas		 VP.
Control 3	AS Abuebasoto		 JB.
Control 4	AS Abuebasoto		 JB.

Nota: calidad A dispuesto para venta con certificacion de calidad  
 calidad B: calidad de segunda, dispuesto a la venta sin certificacion de calidad  
 calidad C: no comerciable, dispuesto para reciclaje

 <b>LAROKA</b> E.I.R.L. Green Industry Industria Cerámica	CONTROL DE CALIDAD DE PROCESO DE PRODUCCION DE LADRILLOS	ficha de control Nro 005-2013- HYO/LAROKA
---	--	---

1. DATOS DE PRODUCCION		Fecha
Lote Nro.	003 - HYO - 70%	
Cant. de Unid. por lote	20 Unid.	
Fecha de moldeado	21-02-18	
Insumos	Agua, Arcilla, Lodo aluminoso	Codigo de cantera
tipo de ladrillo	70% lodo aluminoso	001-002
Fecha de inicio de secado	21-02-18	
Fecha de culminacion de seca	27-02-18	
Dimensiones de diseño	23x13x9 cm.	
Fecha prevista de coccion	27-02-18	
Tiempo de coccion	01-03-18	
Tiempo de enfriamiento	2 dias	

2. CONTROL DE CALIDAD - ALABEO				Fecha
calidad A	calidad B	calidad C	calidad D	
mínimo (1 - 5 mm)	moderado (5 - 10 mm)	exeso (10 - 20 mm.)	Resiclaje (20 mm a mas).	

3. CONTROL DE CALIDAD POST COCCION.				Fecha
OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	PRESENCIA DE FISURAS	OSCILACION EN PORCENTAJE (%)	DESFRACTACION Y/O DESPOTILLAMIENTO	
Bueno (0-2%)		Bueno (0-3%)		
Regular (2-5%)		Regular (3-8%)		
Malo (5% a mas)	X	Malo (8% a mas)	X	

4. CONTROL DE CALIDAD FINAL			Fecha
CALIDAD A	CALIDAD B	CALIDAD C	
		X	

CARGO	TEC. INSPECTOR	SUPERVISOR DE PRODUCCION	GERENTE DE PLANTA
NOMBRE			
Control 1	AS. MORALES	[Signature]	[Signature]
Control 2	AS. MORALES	[Signature]	[Signature]
Control 3	AS. MORALES	[Signature]	[Signature]
Control 4	AS. MORALES	[Signature]	[Signature]

Nota: calidad A dispuesto para venta con certificacion de calidad  
 calidad B: calidad de segunda, dispuesto a la venta sin certificacion de calidad  
 calidad C: no comerciable, dispuesto para reciclaje



**INFORME DE ENSAYO 02-ASC-18  
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO MONOLITICO REFRACTARIO  
NORMA TECNICA PERUANA "NTP 399.613"**

Nombre del cliente : Abraham Soto C.  
 Obra : -  
 Fecha de recepción : 10 de abril del 2018.  
 Fecha de ensayo : 11 de abril del 2018.  
 Tipo de Muestra : Ladrillos de 30% de composición lodo aluminoso (M 30)

2. Reporte de ensayo "Dimensionamiento métrico"

Muestra	Dimensión			Promedio de dimensión		
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)
M30-6	23.20	13.00	9.00	23.12	12.96	9.02
M30-7	23.00	13.00	9.00			
M30-8	23.10	12.90	9.10			
M30-9	23.10	12.90	9.10			
M30-10	23.20	13.00	8.90			

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES  
  
 Bach. Ing. Civil Paola L. Santa Cruz Votiz  
 TECNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS

 José María Araya Araya  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 6000

**INFORME DE ENSAYO 03-ASC-18  
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO MONOLITICO REFRACTARIO  
NORMA TECNICA PERUANA "NTP 399.613"**

Nombre del cliente : Abraham Soto C.  
 Obra : -  
 Fecha de recepción : 10 de abril del 2018.  
 Fecha de ensayo : 10 y 11 de abril del 2018.  
 Tipo de Muestra : Ladrillos de 30% de composición lodo aluminoso (M 30)

3. Reporte de ensayo "Porcentaje de absorción de agua"

Muestra	Peso de masa seca (kg.)	Peso de masa húmeda 24h (kg.)	Absorción (%)	Absorción de Agua Promedio (%)
M50-11	2.55	2.81	10.2	10.67
M50-12	2.55	2.8	9.8	
M50-13	2.51	2.8	11.55	
M50-14	2.49	2.78	11.65	
M50-15	2.56	2.82	10.16	

LABORATORIO NACIONAL DE  
SUELOS Y FUNDACIONES  
Barridos, Pineda, Paredes, Salazar, Sotelo, Valdez  
TRABAJAN EN SUELOS Y FUNDACIONES



Jos. Kannel Pereyra Araujo  
INGENIERO CIVIL  
REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 11000



**INFORME DE ENSAYO 04-ASC-18**

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLO MONOLITICO REFRACTARIO**

**NORMA TECNICA PERUANA "NTP 399.613"**

Nombre del cliente : Abraham Soto C.  
 Obra : -  
 Fecha de recepción : 10 de abril del 2018.  
 Fecha de ensayo : 11 de abril del 2018.  
 Tipo de Muestra : Ladrillos de 50% de composición lodo aluminoso (M 50)

1. Reporte de ensayo "Resistencia a la compresión"

Muestra	Dimensión superior		Dimensión inferior		Resistencia a la compresión (kn)	Resistencia a la compresión (kf)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo/2 (cm)	Ancho (cm)	Largo/2 (cm)	Ancho (cm)			
M50-1	11.40	12.90	11.30	12.50	60.2	6141	42.60
M50-2	11.30	13.00	11.60	13.00	65.0	6625	45.10
M50-3	11.30	13.10	11.30	12.80	76.3	7779	52.55
M50-4	11.50	12.90	11.30	12.70	62.9	6412	43.22
M50-5	11.30	13.00	11.40	12.80	63.1	6434	43.80
<b>Resistencia Promedio</b>							<b>45.45</b>

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES  
 BACHILLER CIVIL PAOLA L. SANTA CRUZ VILLIZ  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES

INGENIERO CIVIL  
 REG. COLEGIO D INGENIEROS N° 10040

**ANEXO 4**  
**PROCESAMIENTO DE DATOS EN SOFTWARE IBM – SPSS**  
**VERSION 25.00**

**MÉTODO PRUEBA DE HIPOTESIS DE DOS POBLACIONES INDEPENDIENTES**  
**U DE WHITNEY**  
**LADRILLOS REFRACTARIO DE ALÚMINA A PARTIR DE LODOS RESIDUALES MINERALES EN LA**  
**REGION JUNIN**

HIPOTESIS ESTADISTICA: Las muestras M30 son más resistentes a la compresión que las muestras M50

**1. Prueba de normalidad**

<b>Pruebas de normalidad<sup>a</sup></b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	,277	5	,200*	,795	5	<b>,074</b>

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Numero de muestra = M30

b. Corrección de significación de Lilliefors

Las poblaciones de datos **siguen una distribución normal** ( $0.074 > \alpha=0.05$ , no rechazo Ho)

<b>Pruebas de normalidad<sup>a</sup></b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	,470	5	,001	,557	5	<b>,000</b>

a. Numero de muestra = M50

b. Corrección de significación de Lilliefors

Las poblaciones de datos **siguen una distribución normal** ( $0.000 > \alpha=0.05$ , rechazo Ho)

**RESULTADO:** POR TENER DATOS NORMALMENTE DISTRIBUIDOS SE PROCEDERA A UTILIZAR LA LAS FORMULAS DEL PROMEDIO ARITMETICO

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Informes  
Estadísticos descriptivos  
Estadísticas Bayesianas  
Tablas  
Comparar medias  
Modelo lineal general  
Modelos lineales generalizados  
Modelos mixtos  
Correlacionar  
Regresión  
Loglineal  
Redes neuronales  
Clasificar  
Reducción de dimensiones  
Escala  
Pruebas no paramétricas  
Predicciones  
Supervivencia  
Respuesta múltiple  
Análisis de valores perdidos...  
Imputación múltiple  
Muestras complejas  
Simulación...  
Control de calidad  
Curva COR...  
Modelado espacial y temporal...  
Marketing directo

Resistencia a la compresión  
CCION TECNICA

servado

Resistencia a la compresión  
CCION TECNICA

Una muestra...  
Muestras independientes...  
Muestras relacionadas...  
Cuadros de diálogo antiguos

Prueba de K-S  
Registro  
Pruebas NPar  
Título  
Notas  
Tipo de Agregación  
Prueba de  
Tipo de Agregación  
Título  
Prueba de  
Tipo de Agregación  
Registro  
Explorar  
Título  
Notas  
Tipo de Agregación  
Título  
Resumen  
Descriptivo  
Pruebas d  
Resistenci  
Título  
Histog  
Gráfico  
Gráfico  
Tipo de Agregación  
Título  
Resumen  
Descriptivo  
Pruebas d  
Resistenci  
Título  
Histog  
Gráfico  
Gráfico

Windows taskbar with icons for Start, File Explorer, Chrome, Word, PowerPoint, and other applications. System tray shows network, volume, and time (12:08).



**ANEXO 5**  
**REVISTA “CONVICCIONES”**  
**CAPITULO “RIESGO AMBIENTAL POR PASIVO DE RELAVES DE LA EX**  
**PLANTA METALURGICA DE YAURIS - HUANCAYO”**



**RIESGO AMBIENTAL POR PASIVO DE RELAVES  
DE LA EX PLANTA METALÚRGICA DE YURIS,  
HUANCAYO**

**ENVIRONMENTAL RISK BY PASSIVE TAILINGS  
OF THE FORMER METALLURGICAL PLANT  
YURIS, HUANCAYO**

**Edith Orellana Mendoza**  
Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente  
Universidad Nacional del Centro del Perú  
edithorellana1@hotmail.com

**Carlos Gómez Guillermo**  
carlos.gomez.miguel@gmail.com

## Resumen

En la actualidad, la situación de los pasivos ambientales es bastante preocupante, por considerarlos fuentes de contaminación del suelo, el agua, el aire, causada por los relaves de la actividad minera y metalúrgica, que al contacto con el agua y el suelo, alteran su composición natural, afectando la fauna, flora y población humana con riesgos a la salud. La investigación tuvo como propósito determinar el nivel de riesgo ambiental por el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo, se aplicó la metodología recomendada por el Ministerio del Ambiente. Se analizaron muestras de relave, suelo, agua y estudiaron a 21 familias expuestas a los relaves. Las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua exceden los estándares de calidad ambiental, sustancias tóxicas y peligrosas; con un volumen de residuos que sobrepasa las 500 toneladas. El nivel de riesgo ambiental promedio estimado para el pasivo de relaves es alto (78,0 %); el nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alto.

**Palabras clave:** riesgo ambiental, pasivo ambiental, contaminación.



### Abstract

At present, the situation is quite worrying environmental liabilities, considering sources of pollution of soil, water, air, caused by tailings from the mining and metallurgical activity; which in contact with water and soil, altering its natural composition, affecting the flora, fauna and human population health risks. The research was to determine the level of environmental risk from passive tailings of the former metallurgical plant Yauris, Huancayo, the methodology applied was recommended by the Ministry of Environment. Tailings samples, soil and water were analyzed and studied 21 families exposed to the tailings. Concentrations of lead, cadmium and chromium in soil and water exceed the environmental quality standards, toxic and hazardous substances; with a volume of waste that exceeds 500 tons. The level of environmental risk estimated average by passive tailings is high (78, 0 %); the estimated level of risk to the health of the population is moderate, environmental quality and safety of the population is high.

**Keywords:** environmental risk, environmental liability, pollution.

### Historial del artículo

Recibido: 04 de noviembre de 2015  
Aprobado: 27 de noviembre de 2015  
Disponible: 16 de diciembre de 2015

## INTRODUCCIÓN

La minería ha sido históricamente importante para la economía del país, sin embargo, el gran volumen de desechos generados por esta industria ha dejado un importante legado de depósitos de relaves distribuidos por toda la zona norte, sur y centro del país. El abandono inadecuado de estos depósitos los ha transformado en focos potenciales de contaminación del entorno, imponiendo diversos riesgos ambientales. El pasivo ambiental de la ex planta metalúrgica de Yauris, ubicado en el distrito de El Tambo – Huancayo, en la margen izquierda del río Mantaro, constituye un foco de contaminación del suelo, agua y aire, se desconoce el nivel de riesgo que viene afectando a la salud de la población, a la calidad del medio natural y la seguridad de la población circundante a los relaves.

Los riesgos no aluden a daños acontecidos, no equivalen a destrucción; el riesgo empieza donde la confianza en nuestra seguridad termina y deja de ser relevante cuando ocurre la potencial catástrofe. Por tanto el riesgo delimita un estado intermedio entre seguridad y destrucción; cuando los riesgos son considerados como reales, las instituciones políticas, científicas y la vida cotidiana entran en crisis, de acuerdo a esto, el concepto de riesgo considerado científicamente (riesgo= accidente x probabilidad) toma la forma de cálculo de probabilidades; debemos asumir que la negación de los riesgos hace que éstos crezcan sin medida ni control; los riesgos tan solo sugieren lo que no debería hacerse, no lo que debería hacerse (Beck, 1998). Los altos contenidos de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua pueden provocar problemas de toxicidad en plantas, animales y humanos; por otro lado, la transferencia a la cadena alimentaria y a los acuíferos supone una amenaza para la salud humana y la de los ecosistemas (Becerril et al., 2007).

La Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), consideran al plomo, al cadmio y al cromo (VI) sustancias tóxicas altamente peligrosas, y han determinado que probablemente sea carcinogénico en seres humanos.

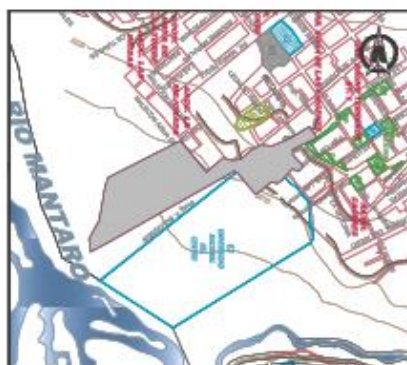
La probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas, por exposición a un peligro, ya sean físicos, químicos, biológicos y culturales se le considera como riesgo (Evans et al., 2003; Schinitman, 2011 y Zuck e Ize, 2010). La probabilidad de un riesgo se expresa en valores entre 0 y 1, como la posibilidad de ocurrencia del evento, si el valor es cerca de 1, existe certidumbre de que existe riesgo (Miller, 2002). La teoría de probabilidades desempeña un papel importante en la toma de decisiones, los eventos futuros no pueden predecirse con absoluta seguridad (Beck, 1998).

La presencia de plomo y mercurio en el agua de consumo con concentraciones dentro de los límites permisibles de la normatividad colombiana; determinó que el coeficiente de peligrosidad para Pb fue inferior a uno (1), representando un riesgo bajo (Hernández, 2012). El análisis de riesgo mediante la metodología RBCA (Risk Based Corrective Actions) determina que el riesgo acumulado por los contaminantes excede los límites tóxicos para elementos

carcinogénicos como el arsénico y elementos con efectos sistémicos como el cobre, plomo y zinc (Jozami, 2009). El índice de riesgo carcinogénico para As (1,8/10-1) indica que existe una exposición crítica a través del suelo, con posibilidad de 18 casos de cáncer por cada 100 receptores (Jozami, 2009). Aplicando la metodología recomendada por la Agencia de Protección Ambiental (1998), el índice de peligro estimado en la salud de la población de las localidades de Huamali, El Mantaro, San Lorenzo y Apata por ingesta de productos agrícolas con altas concentraciones de plomo fue bajo; y según el Ministerio del Ambiente (2011), el nivel de riesgo ambiental por acumulación de plomo en suelos y productos agrícolas irrigados con agua contaminada con metales pesados fue alto (Orellana, 2014).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ámbito de estudio corresponde al pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, ubicado próximo a la urbanización Pio Pata, en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, en la margen izquierda del río Mantaro, a una altitud de 3250 msnm, ver Mapa 1.



Se trata de un pasivo ambiental abandonado por la ex planta metalúrgica de Yauris de la UNCP, relaves que están afectando la calidad del suelo y del agua dentro de su área de influencia. El área afectada es de aproximadamente 7.44 ha. La zona afectada se localiza dentro de un área residencial con población circundante, de aproximadamente 116 personas.

La muestra elegida para determinar la concentración de metales en el suelo y agua, estuvo constituida por nueve muestras de suelo y tres muestras de agua; el muestreo de las unidades de análisis fue intencional. Se entrevistaron a 21 familias expuestas al pasivo ambiental, asentadas en la misma zona del relave y a la población circundante.

La metodología empleada para estimar el riesgo ambiental fue la modificada por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2010; 2011), según la norma española UNE 150008:2008.

En la **estimación del riesgo ambiental**, se consideró el siguiente procedimiento:

### Identificación de peligros

Se identificaron aquellos factores de riesgo derivados del pasivo de relaves mineros y metalúrgicos, se consideró los efectos sobre el entorno humano, entorno natural y sobre el entorno socioeconómico:

- ✓ Indicadores de calidad del medio (sobre el suelo y agua, sobre la flora y fauna, los cultivos y productos agrícolas).
- ✓ Indicadores del entorno humano (efectos relacionados con la salud de la población, población afectada del entorno).
- ✓ Indicadores de la seguridad de la población (acceso y protección en la zona afectada)

### Estimación de la probabilidad de ocurrencia

Se estimó la probabilidad de ocurrencia, asociada a las características del entorno y a las consecuencias que sobre él produzcan, y se estimó la probabilidad de ocurrencia sobre la salud de la población, la calidad del medio y la seguridad de la población. Previamente se seleccionó todos los posibles escenarios de riesgos. Se asignó una probabilidad de ocurrencia en función a los valores numéricos establecidos por el MINAM (2011).

### Estimación de la gravedad de las consecuencias

Consistió en estimar el posible daño o consecuencias que cada uno de los escenarios identificados causan sobre el entorno receptor. Para estimar la gravedad se aplicó la siguiente fórmula:

Gravedad entorno humano = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + población afectada

Gravedad entorno natural = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + calidad del medio

Gravedad entorno socioeconómico = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + seguridad de la población

## CONVICIONES

### Evaluación del riesgo ambiental

Estimadas las probabilidades de ocurrencia de los distintos escenarios identificados y las consecuencias derivadas sobre cada uno de los tres entornos se procedió a su estimación para cada caso. El riesgo ambiental se determinó en función al producto del valor dado a la probabilidad de ocurrencia por el valor de la consecuencia.

$$\text{Riesgo ambiental} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

## RESULTADOS

### a) Contaminación ambiental

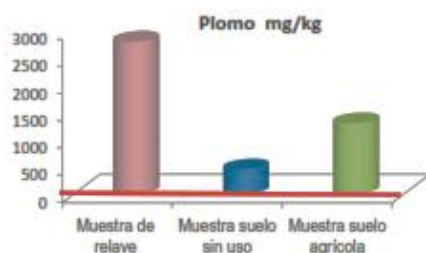


Figura 1. Concentración de plomo (mg/kg) en el suelo

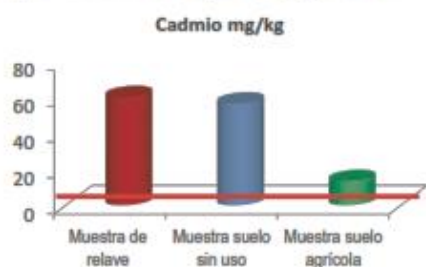


Figura 2. Concentración de cadmio (mg/kg) en el suelo

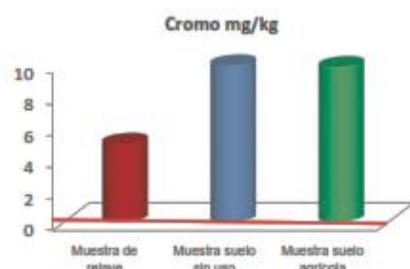


Figura 3. Concentración de cromo (mg/kg) en el suelo

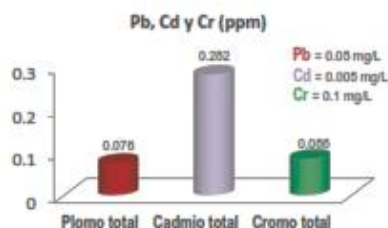


Figura 4. Concentración de Pb, Cd y Cr (ppm) en el agua

### b) Población expuesta

Tabla 1: Población expuesta al pasivo de relaves

Población	Número	Porcentaje (%)
Niños	27	23.3
Jóvenes	34	29.3
Adultos	43	37.1
Adultos mayores	12	10.3
Total	116	100.0

Tabla 2. Frecuencia de contacto de la población con el pasivo de relaves

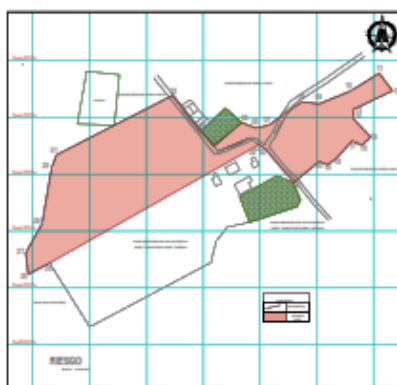
Población	Diaria	Una v/ semanas	Una v/ mes	Dos v/ año	Una v/ año	Total
Niños	3	9	4	4	3	23
Jóvenes	0	2	2	3	1	8
Adultos	3	6	2	2	2	15
Anclanos	2	0	0	0	2	4
Total	8	17	8	9	8	50

### c) Estimación del nivel de riesgo ambiental

Tabla 3. Estimación del nivel de riesgo en la salud de la población, calidad del medio y seguridad de la población

Escenario	Probabilidad	Gravedad	Participación	Nivel de riesgo
<b>Salud de la población</b>				
Pasivo de relaves (Pb, Cd y Cr suelo y agua)	3	5	15	Moderado
Pasivo de relaves (Pb, Cd y Cr aire)	3	4	12	Moderado
Nivel de riesgo salud de la población				54%
<b>Calidad del medio</b>				
Pasivo de relaves (Pb, Cd y Cr suelo, agua)	5	5	25	Alto
Pasivo de relaves	5	5	25	Alto
Nivel de riesgo calidad del medio				100%
<b>Seguridad de la población</b>				
Accesibilidad	4	5	20	Alto
Presencia de perros	4	5	20	Alto
Nivel de riesgo para seguridad de la población				80%
Nivel de riesgo ambiental promedio:				78%
				Riesgo alto





## DISCUSIÓN

### a) Contaminación ambiental

El pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, actualmente se encuentra abandonada, y viene afectando de manera perceptible elementos ambientales naturales como el suelo, agua, aire, flora, fauna, paisaje entre otros, con impactos negativos en la salud de la población. El depósito de residuos constituye un peligro permanente y potencial para la salud, seguridad de las personas, el ambiente, el ecosistema circundante y la propiedad (D.S. N° 033-2005-EM), debido a que no se implementó el plan de cierre del pasivo ambiental.

La presencia de enfermedades en la piel de niños que juegan en la zona de residuos abandonados, la dispersión del polvo con contaminantes en época de estiaje y vientos fuertes que ocasiona la irritación de los ojos de las personas que habitan próximo al relave, son evidencias de peligro que afectan la calidad de vida de los pobladores asentados sobre el depósito de relaves y circundantes a él.

Los residuos minero metalúrgicos depositados sin considerar los lineamientos mínimos de prevención y minimización de riesgos, además de causar daños al ecosistema, actualmente ha modificado el paisaje natural en una extensión de más de siete ha. (Mapa 01), área erizada con escasa presencia de vegetación y cinco parcelas de cultivos agrícolas. La población asentada en el lugar de riesgo no se encuentra organizada para encarar los problemas ambientales que los aquejan, siendo esta área de propiedad privada que actualmente están siendo lotizados para construcción de viviendas, y ya cuenta con servicio de agua potable.

La concentración de plomo en el depósito de relaves (Figura 1) excede 20 veces los estándares de calidad ambiental para suelo residencial (140 mg/kg), actualmente el uso del terreno es para edificación de sus viviendas con riesgo potencial para la salud de sus habitantes. La concentración de plomo en el suelo, destinado para cultivos agrícolas (choclo, papa, habas, pastos) excede seis veces por encima del nivel de la referencia teórica (70 mg/kg), por

lo que se encuentra contaminado y el consumo de alimentos contaminados incrementa el riesgo en la salud de los consumidores, con consecuencias a largo plazo del sistema nervioso, el hígado, los riñones, el cerebro y acumulación en el sistema óseo, tanto en niños como en adultos, incluso pueden ocasionar la muerte (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades [ATSDR], 2007).

Los valores de concentración de cadmio en el depósito de relaves (Figura 2), excede más de seis veces lo reglamentado, también se encuentra por encima de los estándares de calidad ambiental para suelo residencial (10 mg/kg). El contenido de cadmio en el suelo agrícola excede más de nueve veces el nivel de la referencia teórica (1.4 mg/kg). Cuando los seres humanos ingieren alimentos o toman agua con niveles de cadmio muy elevados, se presentan irritaciones severas en el estómago, dando lugar a vómitos y diarrea, y en ocasiones provocan la muerte (Hernández, 2012).

La presencia de cromo en el pasivo ambiental, excede entre 12 y 25 veces los niveles de la referencia teórica (0.4 mg/kg) para suelo residencial (Figura 3); y para suelo agrícola excede en 25 veces (0.4 mg/kg). La exposición oral al Cr (VI) en pequeñas dosis durante un largo periodo de tiempo puede generar la aparición de erosión y color amarillo de los dientes, irritación gastrointestinal, úlcera gastroduodenal, hepatitis y nefritis (Galvao y Corey, 1987). La IARC considera al Cr (VI) carcinogénico para los seres humanos cuando la exposición es por inhalación, y al Cr (III) y Cr (0) aun no pueden clasificarse respecto a su carcinogenicidad para los seres humanos (América y Palacios, 1997).

Los metales pesados, en pequeñas cantidades pueden ser beneficiosos hasta imprescindibles para los organismos vivos; sin embargo pasado cierto umbral pueden convertirse en elementos muy peligrosos, debido a que no pueden ser degradados y tienen una lenta y difícil eliminación; esta persistencia, acumulación progresiva y transferencia a la cadena alimentaria constituyen una amenaza para la salud humana y un peligro para los ecosistemas.

Los valores de concentración de plomo y cadmio en el agua del riachuelo (Figura 4), en el cual es depositado los lodos del relave, exceden los estándares de calidad ambiental para agua (DS N° 002-2008-MINAM), categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, los valores de cadmio en el agua exceden más de 50 veces el valor teórico (0.005 mg/L) y para plomo más de dos veces (0.05 mg/L). La presencia de cromo en el agua no excede los establecidos por la norma.

La ingesta de agua contaminada con metales pesados tóxicos por los animales domésticos (cerdos, aves de corral, vacas) constituye una amenaza para las personas que se alimentan con animales que han concentrado esas sustancias en sus cuerpos. Si un animal consume alimentos que contiene una sustancia tóxica día a día, bajo ciertas circunstancias esta sustancia se concentrará en el animal, a un nivel más alto que en el alimento, lo que puede conducir a niveles peligrosos de toxicidad por sustancias tóxicas en el alimento que los humanos ingieren Márquez (s/f).

**b) Población expuesta**

La población expuesta son los pobladores asentados y próximos al pasivo de relaves corresponde a niños, jóvenes, adultos y ancianos. Más de 30% del total de la población está representada por individuos adultos, el 10% de la población corresponde a los individuos ancianos; sin embargo este grupo y la población infantil (23%) son los más sensibles a los metales pesados (Tabla 1). La exposición a los metales se da por contacto dérmico en la población infantil, a través de los juegos de recreación (fútbol, trompo, canicas, bicicleta, skate, entre otros) de manera frecuente los fines de semana, algunos de ellos lo utilizan como lugar de descanso. Los jóvenes del lugar practican fútbol y vóley, los sábados y domingos (Tabla 2), y están en contacto directo con el material contaminado. Los adultos y ancianos se encuentran expuestos cuando cultivan sus productos agrícolas, cuando transitan por la zona del pasivo y próximos a este, sobre todo en época de estiaje y la presencia de vientos que dispersan partículas en suspensión mayormente de Suroeste a Noreste. En cinco familias la vía de exposición se da por ingesta directa de alimentos contaminados, por consumo de productos agrícolas (choclo, papa, habas) cultivados en el mismo lugar del relave.



**c) Estimación del nivel de riesgo ambiental**

El pasivo de relaves conteniendo altas concentraciones de metales pesados (plomo, cadmio y cromo) constituye el escenario de riesgo principal, para la salud de la población, la calidad del medio y la seguridad de la población; los metales pesados presentes en el suelo, agua, aire y su efecto en la población, en los animales domésticos son determinantes, tal como se muestran en las fotografías.

**Estimación de la probabilidad de ocurrencia en la salud de la población, la calidad del medio y la seguridad de la población**

Las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en las muestras de relave, suelo sin uso y suelo de uso agrícola exceden los estándares de calidad ambiental en los com-

ponentes suelo, agua. La vía de exposición de las personas es por contacto dérmico y por inhalación, se ha estimado una probabilidad de ocurrencia probable (3), por la frecuencia de contacto de la población con el relave (niños), con el suelo (adultos) y la ingesta de alimentos (cultivos agrícolas) y animales contaminados (aves de corral, cerdos, vacas). Por otro lado, las partículas en suspensión conteniendo elementos pesados vienen afectando la salud visual de las personas sobre todo en adultos mayores, del mismo modo se estimó una probabilidad probable (3).

Las personas se ven expuestas al plomo, cadmio y cromo por inhalación de estas partículas y la ingestión de polvo en épocas de estiaje, así como la ingestión de alimentos contaminados. El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. La OMS (2000) estima que en los niños, la exposición al plomo causa cada año 600 000 nuevos casos de discapacidad intelectual. Se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo.

El cadmio es un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos humanos. Cuando los seres humanos ingieren alimentos o toman agua con niveles de cadmio muy elevados, se presentan irritaciones severas en el estómago, dando lugar a vómitos y diarrea, y a veces la muerte. Ingerir niveles más bajos de cadmio durante un largo período de tiempo puede conducir a una acumulación de cadmio en los riñones; si los niveles son suficientemente altos se producen daños severos en los riñones. La exposición a bajos niveles de cadmio durante mucho tiempo también puede causar que los huesos se vuelvan frágiles y se rompan con facilidad (Hernández, 2012). El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado. El cadmio tiene dos vías de ingreso: inhalación e ingestión (Ramírez, 2002).

La población puede estar expuesta al cromo al respirar aire, tomar agua o comer alimentos que contienen cromo o a través de contacto de la piel con cromo o compuestos de cromo. Cuando se respira aire que contiene cromo, las partículas de cromo pueden depositarse en los pulmones; tragar pequeñas cantidades de cromo (VI) no causa problemas; sin embargo, tragar cantidades más altas ha producido malestar estomacal, úlceras, convulsiones, daño del hígado y el riñón y aún la muerte. Los niveles de cromo (VI) que produjeron estos efectos fueron mucho más altos que los que usted puede estar expuesto a través de los alimentos o el agua (ATSDR, 2002).

La exposición del suelo, agua, aire a contaminantes como el plomo, cadmio y cromo entre otros metales, viene afectando el ecosistema en general, de la zona de estudio; además pueden estar contaminando los niveles freáticos (acuíferos), por infiltración y percolación (Pineda, 2004). Considerando un volumen aproximado de 130 200 m<sup>3</sup> de relaves (calculado para 1.75 m de profundidad promedio),



además de la persistencia del relave en el lugar de estudio, y su efecto en el medio abiótico (suelo, agua y aire) y biótico expresado por la escasa presencia de vegetación y la ausencia de animales silvestres se ha estimado una probabilidad de ocurrencia de *muy probable* (5) (Tabla 3). Por otro lado el relave abandonado viene alterando el paisaje natural del lugar, observándose un área casi sin vegetación con producción de lixiviados en época de lluvias, y olores que emanan de manera diaria por lo que se estimó una probabilidad de ocurrencia de *muy probable* (5).

Los metales pesados, en pequeñas cantidades, pueden ser beneficiosos y hasta imprescindibles para los organismos vivos. Sin embargo, pasado cierto umbral pueden convertirse en elementos muy peligrosos, debido a que no pueden ser degradados y tienen una lenta y difícil eliminación. Esta persistencia, acumulación progresiva y/o transferencia a la cadena alimentaria constituye una amenaza para la salud humana y la de los ecosistemas. Durán (2010) ha observado que la permanencia del Cd en el suelo es de 75 a 380 años, del Hg de 300 a 1000 años y de los metales como: Ag, Cu, Ni, Pb, Se y Zn de 1000 a 3000 años.



Contaminación ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo.

No sólo envenenamos directamente a nuestra propia especie cuando se libera un tóxico al medio ambiente, sino el aumento de la concentración de ciertos tóxicos en la cadena alimenticia ecológica, amenaza la vida silvestre, pero también puede dañar seriamente a las personas que comen a los animales que han concentrado esas sustancias en sus cuerpos. Si un animal come alimentos que contiene una sustancia tóxica día a día, bajo ciertas circunstancias esta sustancia se concentrará en el animal a un nivel más alto que en el alimento. El animal que se encuentra en lo más alto de la cadena alimenticia, tiene más tendencia a tener un alto nivel de sustancias tóxicas bio acumuladas en sus tejidos. La base de toda cadena alimenticia son las plantas; la cantidad de sustancia tóxica que se mueve a través de la cadena alimenticia será

determinada en parte por las sustancias que residen en el suelo o el agua, porque es donde los procesos de bio acumulación comienzan.

El acceso al pasivo ambiental de relaves es libre, la zona cuenta con tres vías de acceso principales: por el norte con la calle afirmada Malecón de Agua de las Virgenes, por el Este con la calle asfaltada Prolongación Francisco Bolognesi, por el Sur con una carretera afirmada que tiene acceso a la Granja de Yauris de la Universidad Nacional del Centro (Mapa 01). La superficie afectada no está demarcada, ni cercada, no presentan señalizaciones, además no existe impedimento para el ingreso de las personas y animales domésticos al pasivo. Considerando el acceso libre a la zona de relaves de niños, jóvenes y adultos, se estimó una probabilidad de ocurrencia *altamente probable* (4). La población no se encuentra organizada para solucionar este problema ambiental, el área de estudio es de propiedad privada y actualmente se encuentra lotizada, por observar hitos de delimitación y con servicios de agua potable, algunos propietarios abandonaron la construcción de sus viviendas.

#### Estimación de la gravedad del daño en la salud de la población, en la calidad del medio y la seguridad de la población

La gravedad de los daños en la salud de la población por el pasivo de relaves según la metodología aplicada resultó *crítico* (Tabla 3), por la concentración de metales pesados en el suelo que sobrepasan en más de 20 veces el nivel de referencia teórica (plomo), seis veces para cadmio y 25 veces para cromo, la toxicidad del plomo, cadmio y cromo; más de siete ha de terreno expuestos con relaves (Mapa 01) y más de 100 habitantes potencialmente afectadas. La gravedad del *daño crítico* se explica, por los niveles altos de contaminantes en el suelo, que exceden los estándares de calidad ambiental. Por otro lado la gravedad del daño del pasivo por ingesta de polvos suspendidos en el aire y consumo de animales contaminados es grave.

Poco después de que el plomo entra al cuerpo, la sangre lo distribuye a órganos y tejidos (por ejemplo, el hígado, los riñones, los pulmones, el cerebro, el bazo, los músculos y el corazón); después de varias semanas, la mayor parte del plomo se moviliza hacia los huesos y los dientes. En adultos, aproximadamente 94% de la cantidad total de plomo en el cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes; en cambio en niños, aproximadamente 73% del plomo en el cuerpo se almacena en los huesos, cierta cantidad de plomo puede permanecer en los huesos durante décadas (ATSDR, 2007).

Asimismo, cuando los seres humanos ingieren alimentos o toman agua con niveles de cadmio muy elevados, se presentan irritaciones severas en el estómago, dando lugar a vómitos y diarrea, y a veces la muerte. Ingerir niveles más bajos de cadmio durante un largo periodo de tiempo puede conducir a una acumulación de cadmio en los riñones; si los niveles son suficientemente altos se producen daños severos en los riñones (Ramírez, 2002).

Igualmente, cuando se respira aire que contiene cromo,

## CONVICIONES

las partículas de cromo pueden depositarse en los pulmones; tragar cantidades más altas producen malestar estomacal, úlceras, convulsiones, daño del hígado y el riñón y aún la muerte. Los niveles de cromo que producen estos efectos son mucho más altos que estar expuesto a través de los alimentos o el agua (ATSDR, 2002).

El volumen del pasivo ambiental de relaves se encuentra afectando los componentes bióticos (inhibición del crecimiento de plantas e ingesta de agua contaminada por animales domésticos que ingresan al relave) y abióticos (tres componentes ambientales: el suelo, agua, aire). Según los resultados de concentración de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua exceden los estándares de calidad ambiental; la toxicidad de estos metales, la extensión afectada, se estimó que la gravedad del daño para la calidad del medio es crítico. Además el paisaje natural viene siendo alterado por montículos de relaves y desmontes, de toxicidad peligrosa, sin la presencia de cubierta vegetal y emanando olores desagradables en época de estiaje y época lluviosa, que afecta la calidad del entorno natural, se estimó una gravedad del daño crítico.

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo (Martín, 2000). El pH es un factor esencial, para que la mayoría de los metales tiendan a estar más disponibles en un pH ácido, la adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo y por tanto, también su biodisponibilidad de sus compuestos (Durán, 2010). Además, la textura favorece la entrada e infiltración de metales pesados en el suelo, por ejemplo los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

La facilidad de acceso de la población al pasivo de relaves, la toxicidad de los metales que lo contienen, más de siete HA de terreno expuesto, más de 100 personas potencialmente afectadas, no cuentan con señalización y cercado del pasivo, por lo cual el riesgo de causar daño a la población es alta, todo esto, han permitido estimar la gravedad del daño como crítico.

### Estimación del nivel de riesgo ambiental

Según la escala de evaluación de riesgo propuesto por el MINAM (2010; 2011), el nivel de riesgo promedio estimado para la salud de la población es alto (54.0 %), esto se explica por la frecuencia de exposición de la población a los relaves y las altas concentraciones de plomo, cadmio, cromo en el suelo y el agua, que exceden los niveles de referencia sugeridos, y que tienen efecto sobre la salud de las personas expuestas.

El nivel de riesgo para la calidad del medio promedio es alto (100%), correspondiéndole al escenario pasivo de relaves con plomo, cadmio y cromo un nivel de riesgo de 100% atribuido al volumen de relaves y las concen-

traciones de metales en el suelo y agua que exceden los estándares de calidad ambiental, así como la modificación del paisaje por montículos de relave y desmonte en el área de estudio.

De la Tabla 3, se aprecia que el pasivo de relaves registró un nivel de riesgo de 80%, por lo tanto se considera un pasivo ambiental con un nivel de riesgo alto para la seguridad de la población. La falta de señalización y cercado del pasivo, así como la facilidad de acceso al lugar ponen en riesgo la seguridad de las personas circundante al área de estudio.

El nivel de riesgo ambiental promedio general caracterizado para el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris es alto (78.0 %) (Mapa 03), se atribuye a la presencia y toxicidad de metales pesados del relave que afecta la salud de la población, la composición química del suelo, el deterioro de la función ecológica del suelo; la alteración de la calidad del agua, el aire, la modificación del paisaje natural.

## CONCLUSIONES

Los residuos mineros metalúrgicos depositados y abandonados con alto contenido de metales pesados viene ocasionando daños a la salud de la población infantil y adulto mayor por contacto dérmico, inhalación de polvos suspendidos, e irritación visual. Las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en el suelo y agua sobrepasan los estándares de calidad ambiental.

La probabilidad de ocurrencia de daños en la salud de la población circundante al pasivo ambiental es probable, en la calidad del medio es muy probable y en la seguridad de la población altamente probable.

La gravedad de los daños ocasionados a la salud de la población, a la calidad del ambiente y la seguridad de la población es crítico respectivamente.

El nivel de riesgo estimado para la salud de la población es moderado, para la calidad del medio y la seguridad de la población es alto, y el nivel de riesgo ambiental promedio general para el pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris es alto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR). (2002). *Resumen de salud pública cromo*. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Servicio de Salud Pública. CAS#: 7440-47-3.

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR). (2007). *Resumen de salud pública plomo*. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Servicio de Salud Pública. CAS#: 7439-92-1.

AMÉRICA, L. Y PALACIOS, A. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec, Mexico: CEPIS-OPS/OMS.



- BECERRIL, J., BARRUTIA, O., GARCIA, J., HERNANDEZ, A., OLANO, J. Y GARBISU, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos eco fisiológicos y su uso en fitoremediación. *Ecosistemas*, 16 (2), 50-55.
- BECK, U. (1998). *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós
- DURÁN, P. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Pre litoral Catalana*. (Tesis doctoral), Universidad de Barcelona. Barcelona, España.
- EVANS, J., FERNANDEZ, A., GAVILAN A., IZE, I., MARTINEZ, M., RAMIREZ, P. Y ZUCK, M. (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- GALVAO, L. Y COREY, G. (1987). *Orono*. Organización Panamericana de la Salud. Metepec, México: Organización Panamericana de la Salud.
- HERNANDEZ, L. (2012). *Evaluación del riesgo para la salud en una población de la zona rural de Bogotá D.C por la presencia de metales en aguas de consumo*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá, Colombia.
- IZE LEMA, I., ZUCK, M. Y ROJAS-BRACHO, L. (Eds). (2010). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. (2ª ed.). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- JOZAMI, M. V. (2009). *Análisis de riesgos de suelos agrícolas contaminados por metales pesados en minas de Tharsis (Huelva)*. Recuperado de [http://uhu.es/noticieros/master-ta/FILES/jozami\\_mirta\\_viviana\\_resumen\\_2008\\_2009.pdf](http://uhu.es/noticieros/master-ta/FILES/jozami_mirta_viviana_resumen_2008_2009.pdf)
- LUGO-MORIN, D.R. (2007). Evaluación del riesgo agroambiental de los suelos de las comunidades indígenas del estado Anzoátegui, Venezuela. *Ecosistemas*, XVI (1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54016109.pdf>
- MANZANARES, E., VEGA, H., ESCOBAR, M., LETECHIPIA DE LEÓN, C., GLIZMAN, L., HERNANDEZ, V. et al. (2005). *Evaluación de riesgos ambientales por plomo en la población de Vetagrande, Zacatecas*. Recuperado de: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/inf\\_vetagrande\\_final\\_1004\\_e\\_ine\\_final.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/inf_vetagrande_final_1004_e_ine_final.pdf)
- MARQUEZ, F. (s/f). *Introducción a la toxicología ambiental*. Chile: Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Concepción.
- MARTIN, C. (2000). *Heavy metals trends in floodplain sediments and valley fill*. *Catena* 39, 53-68.
- MILLER, T. (2002). *Introducción a la ciencia ambiental. Desarrollo sostenible de la tierra*. (5ª ed.). España: Thomson.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Lima, Perú.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2011). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Perú: Dirección General de Calidad Ambiental.
- NORMA UNE 150008:2008. *Análisis y evaluación de riesgo ambiental*. España: AENOR
- ORELLANA, E. (2014). *Riesgo ambiental por acumulación de plomo en suelos y productos agrícolas irrigados con agua del río Mantaro, Sector Jauja (Tesis Doctoral)* Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (2000). *Lead*. [aut. Libro] OMS. Regional Office of Europe. *En Air quality guidelines for Europe*. Copenhagen: OMS/CEPIS, 2000.
- RAMIREZ, A. (2002) Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. *Anales de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- RAMIREZ, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar la exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 63 (1), 51-64.
- RODRICKS, Y. Y TAYLOR, M.R. (1983). Applications of risk assessment to food safety decision making. *Reg. Toxicol. Pharmacol.* 3, 275-307.
- ROJAS, R. (2002). *Metales pesados en el agua destinada al consumo humano*. Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud.
- SALDIVAR, L., TOVAR, A. Y NAMIBIRA, D. (1997). Plomo. En: *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec, México: CEPIS-OPS/OMS.
- SCHINITMAN, N. (2011). *Riesgo ambiental*. Recuperado de: <http://www.revistavirtualpro.com/blog/FILES/Riesgo-Ambiental-Schinitman.pdf>.
- ZUCK, M. E IZE, I. (2010). El manejo del riesgo. En Ize Lema, I., Zuck, M. y Rojas-Bracho, L.(Eds). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. (2ª ed., pp. 149-164) México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**ANEXO 6**  
**ANALISIS DE COSTO UNITARIO Y PRESUPUESTO DE INSUMO**

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0202156	COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 30 % ALUMINA (LOTE 2.50 MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN					
Subpresupuesto	001	ACOPIO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 20 KM.) Y FABRICACION					30/09/2019
Partida	01.001	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : m3			12.41
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0076	25.39	0.20	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0235	14.44	0.34	
						<b>0.54</b>	
	<b>Equipos</b>						
010420060227	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 m3	hm	1.0000	0.0202	203.12	4.10	
010420060229	ZARANDEO ESTATICO	hm	1.0000	0.0020	120.06	0.24	
010420060231	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	0.5000	0.0230	269.79	3.33	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.54	2.70	
						<b>10.37</b>	
	<b>Subpartidas</b>						
010716010105	MATERIAL LODO ALUMINOSO	m3		1.2000	1.25	1.50	
						<b>1.50</b>	
Partida	01.002	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : m3			14.69
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0076	25.39	0.20	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0235	14.44	0.34	
						<b>0.54</b>	
	<b>Equipos</b>						
010420060227	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 m3	hm	1.0000	0.0202	203.12	4.10	
010420060229	ZARANDEO ESTATICO	hm	1.0000	0.0020	120.06	0.24	
010420060231	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	0.5000	0.0230	269.79	3.33	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.54	2.70	
						<b>10.37</b>	
	<b>Subpartidas</b>						
010716010105	MATERIAL ARCILLA	m3		1.2000	3.15	3.78	
						<b>3.78</b>	
010716010105	001.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO					
Rendimiento	mIL/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : mil			20.97
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0076	25.39	0.20	
0101010003	OFICIAL	hh	3.0000	0.0235	25.00	1.76	
0101010005	PEON	hh	10.0000	0.0235	14.44	3.39	
						<b>5.35</b>	
	<b>Equipos</b>						
010420060227	ZARANDEO ESTATICO Y DOSIFICADO	hm	1.0000	0.0276	150.44	4.15	
010420060229	MOTORCARGA 250 CC	hm	2.0000	0.0276	20.06	1.12	
010420060231	MAQUINA EXTRUSORA /SIN MOLDE 360V	hm	0.5000	0.0230	15.79	0.16	
010420060207	GRUPO ELECTROGENO 360V	hm	0.7500	0.0155	55.00	0.64	
010420060222	HORNO DE CARRIL 4*4*20M.	hm	1.0000	0.0160	12.20	0.22	
010420060290	MONTACARGA 3 TN.	hm	1.0000	0.1550	25.10	3.69	
010420060252	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		9.0000	0.35	3.15	
010420060206	EMBALADO PARA LA VENTA	%mo		1.0000	0.20	0.20	
						<b>13.58</b>	
	<b>Subpartidas</b>						
010102020103	AGUA PARA LA OBRA	m3		0.1200	20.87	2.04	
						<b>2.04</b>	

Fecha : 02/10/2019 09:32:26a.m.

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0202157 COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 50% ALUMINA (LOTE 2.50 MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN  
 Subpresupuesto 001 ACOPIO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 20 KM.) Y FABRICACION 30/09/2019

Partida	01.001	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : m3				12.41
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0078	25.39	0.20	
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0235	14.44	0.34	
<b>0.54</b>								
<b>Equipos</b>								
010420060227	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 m3		hm	1.0000	0.0202	203.12	4.10	
010420060229	ZARANDEO ESTATICO		hm	1.0000	0.0020	120.06	0.24	
010420060231	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	0.5000	0.0230	289.79	3.33	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.54	2.70	
<b>10.37</b>								
<b>Subpartidas</b>								
010716010105	MATERIAL LODO ALUMINOSO		m3		1.2000	1.25	1.50	
<b>1.50</b>								
Partida	01.002	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : m3				14.69
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0078	25.39	0.20	
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0235	14.44	0.34	
<b>0.54</b>								
<b>Equipos</b>								
010420060227	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 m3		hm	1.0000	0.0202	203.12	4.10	
010420060229	ZARANDEO ESTATICO		hm	1.0000	0.0020	120.06	0.24	
010420060231	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	0.5000	0.0230	289.79	3.33	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.54	2.70	
<b>10.37</b>								
<b>Subpartidas</b>								
010716010105	MATERIAL ARCILLA		m3		1.2000	3.15	3.78	
<b>3.78</b>								
010716010105	001.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO						
Rendimiento	mL/DIA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por : ml				20.97
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0078	25.39	0.20	
0101010003	OFICIAL		hh	3.0000	0.0235	25.00	1.76	
0101010005	PEON		hh	10.0000	0.0235	14.44	3.39	
<b>5.35</b>								
<b>Equipos</b>								
010420060227	ZARANDEO ESTATICO Y DOSIFICADO		hm	1.0000	0.0278	150.44	4.16	
010420060229	MOTORCARGA 250 CC		hm	2.0000	0.0278	20.06	1.12	
010420060231	MAQUINA EXTRUSORA /SIN MOLDE 300V		hm	0.5000	0.0230	15.79	0.16	
010420060207	GRUPO ELECTROGENO 380V		hm	0.7500	0.0155	55.00	0.64	
010420060222	HORNO DE CARRIL 4'4"20M.		hm	1.0000	0.0180	12.20	0.22	
010420060290	MONTACARGA 3 TN.		hm	1.0000	0.1550	25.10	3.89	
010420060252	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		9.0000	0.35	3.15	
010420060206	EMBALADO PARA LA VENTA		%mo		1.0000	0.20	0.20	
<b>13.58</b>								
<b>Subpartidas</b>								
010102020103	AGUA PARA LA OBRA		m3		0.1200	20.87	2.04	
<b>2.04</b>								

Fecha : 02/10/2019 09:52:26a.m.

## Presupuesto

Presupuesto 0202156 COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 30% ALUMINA (LOTE 2.50 MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN  
 Cliente INDUSTRIAS CERAMICAS LAROKA EIRL Costo al 30/09/2019  
 Lugar JUNIN - HUANCAYO - ZAPALLANGA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio Si.	Parcial Si.
01	ACOFIO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 20 KM.) Y FABRICACION				1208.29
01.01	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO	m3	35.50	12.41	440.56
01.02	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA	m3	48.74	29.09	715.99
01.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO m3		2.50	20.97	52.43
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1208.29</b>
	<b>PERDIDA EN PROCESO PRODUCTIVO (16%)</b>				<b>129.99</b>
	<b>UTILIDAD (49%)</b>				<b>453.59</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1813.46</b>
	<b>IGV(18%)</b>				<b>326.42</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>2139.88</b>

## Presupuesto

Presupuesto 0202157 COSTO DE PRODUCCION DE LADRILLOS REFRACTARIOS 50% ALUMINA (LOTE 2.50  
MILLARES) - HUANCAYO - JUNIN  
Cliente INDUSTRIAS CERAMICAS LAROKA EIRL Costo al 30/09/2019  
Lugar JUNIN - HUANCAYO - ZAPALLANGA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ACOPRO DE MATERIA PRIMA DE CANTERA HASTA PLANTA DE PRODUCCION (MAX 30 KM.) Y FABRICACION				1208.29
01.01	DESTAJE Y DESTERRONADO LODO ALUMINOSO	m3	42.10	12.41	522.46
01.02	DESTAJE Y DESTERRONADO ARCILLA	m3	42.70	20.09	819.04
01.03	PRODUCCION EN PLANTA, MOLDEADO, SECADO, HORNEADO, ENFRIADO Y ALMACENADO ml		2.50	20.97	52.43
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1193.92</b>
	<b>PERDIDA EN PROCESO PRODUCTIVO (18%)</b>				<b>119.39</b>
	<b>UTILIDAD (40%)</b>				<b>477.57</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1790.88</b>
	<b>IGV(18%)</b>				<b>322.36</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>2113.24</b>