

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**REDUCCIÓN DE ROTURAS EN LADRILLO MECANIZADO  
POR LA PRESENCIA DE CALIZA EN LAS ARCILLAS DE LA  
INDUSTRIA DE CERÁMICOS COMPACTO S.R.L. – JULIACA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JORGE FRANKLIN PONCE CRUZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PROMOCIÓN: 2014 - I**

**PUNO - PERÚ**

**2017**


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO****FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS****TESIS****REDUCCIÓN DE ROTURAS EN LADRILLO MECANIZADO POR LA  
PRESENCIA DE CALIZA EN LAS ARCILLAS DE LA INDUSTRIA DE  
CERÁMICOS COMPACTO S.R.L. – JULIACA****PRESENTADA POR:****JORGE FRANKLIN PONCE CRUZ**

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano como requisito para optar el título profesional de:

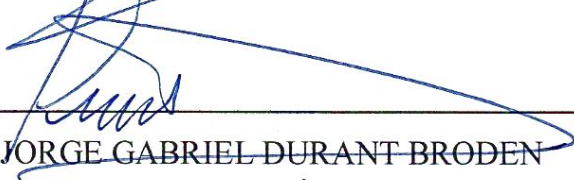
**INGENIERO DE MINAS:****FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 DE ENERO DEL 2017**

APROBADA POR LOS JURADOS:

**PRESIDENTE**

:   
Ing. DAVID VELASQUEZ MEDINA


**PRIMER MIEMBRO**

:   
M.Sc. JORGE GABRIEL DURANT BRODEN

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
M.Sc. ESTEBAN MARIN PAUCARA

**DIRECTOR DE TESIS**

:   
Ing. ESTEBAN AQUINO ALANO

**Área:** Ingeniería de Minas.**Tema:** Método de extracción de yacimientos minerales metálicos y no metálicos.PUNO - PERÚ  
2017

**DEDICATORIA**

*A Dios, por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerzas para poder vencer todo obstáculo y seguir adelante.*

*A mis queridos padres Jorge y Benita, por todo su apoyo incondicional para salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y es lo que impulsa a seguir adelante.*

*Gracias por estar pendiente todo este tiempo*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar doy gracias a Dios por ser la luz de todos los días al guiar mi camino a mis padres Jorge y Benita por enseñarme a ser fuerte, perseverancia, respeto hacia el prójimo y por tener siempre su apoyo incondicional.*

*A mis hermanos Yandy y Aldo por su apoyo incondicional. Agradecer todas las personas que me apoyaron en esta tesis con sus ideas y comentarios, gracias al gerente de Industrias de Cerámico Compacto S.R.L. el Ing. Favio Suaña Gómez*

*Que sin su enseñanza no hubiese sido posible el desarrollo de esta tesis.*

*Y finalmente, agradezco a mi Alma Mater a la Universidad Nacional de Altiplano y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por los conocimientos que me impartieron.*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema.....	12
1.2 Formulación del problema.....	13
1.2.1 Pregunta general .....	13
1.2.1 Preguntas específicas .....	13
1.3 Objetivos de la investigación.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	14
1.4 Justificación de la investigación.....	14

### CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación.....	16
2.2 Marco teórico.....	18
2.2.1 Características de los ladrillos .....	18
2.2.2 Propiedades de ladrillo.....	20
2.2.2.1 Propiedades físicas relacionadas a la estética del material:.....	20
2.2.2.2 Propiedades técnicas .....	20
2.2.3 Clasificación de los ladrillos.....	21
2.2.4 Materia prima.....	22
2.2.4.1 Origen de las arcillas.....	22
2.2.4.2 Composición de la arcilla .....	23
2.2.4.3 Características físicas de la arcilla .....	25
2.2.4.4 Propiedades de la arcilla .....	26
2.2.4.5 Clasificación de las arcillas.....	29
2.2.4.6 Arcillas para la fabricación de ladrillos .....	33
2.2.4.7 Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcilla.....	33
2.2.4.8 Efectos de la calidad de la materia prima con la calidad final de las unidades	36
2.3 Marco conceptual.....	37
2.3.1 Descripción del proceso productivo .....	38

2.3.2	Extracción de arcila .....	39
2.3.3	Preparación de la arcilla.....	39
2.3.4	Pre moldeo .....	40
2.3.4.1	Caja alimentadora .....	40
2.3.4.2	Desintegrador.....	40
2.3.4.3	Mezcladora.....	41
2.3.4.4	Laminadora .....	41
2.3.5	Moldeo .....	42
2.3.6	Secado.....	43
2.3.7	Carga al horno.....	44
2.3.8	Quemado o cocción .....	44
2.3.9	Descarga.....	46
2.4	Glosario de términos .....	46
2.5	Formulación de hipótesis .....	47
2.5.1	Hipótesis general.....	47
2.5.2	Hipótesis específica .....	48

### **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Diseño metodológico .....	49
3.2	Población y muestra.....	50
3.3	Operacionalización de variables .....	51
3.4	Técnicas de recolección de datos.....	52
3.4.1	Técnicas y procedimientos de recolección de datos .....	52
3.4.2	Instrumentos de recolección de datos .....	53
3.4.3	Unidad de observación.....	53
3.5	Técnica para el procesamiento de la información .....	53
3.6	Ámbito de estudio .....	54
3.6.1	Ubicación y acceso .....	54

### **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1	Recolección de datos .....	55
4.1.2	Tamaño de la caliza con pulverización deficiente en el ladrillo terminado.....	61
4.1.3	Tamaño de la caliza con pulverización eficiente en el ladrillo terminado.....	62
4.2	Factores dependientes de la máquina laminadora.....	63

4.3	Discusión técnica .....	64
4.4	Discusión económica .....	66
CONCLUSIONES .....		70
RECOMENDACIONES.....		71
BIBLIOGRAFÍA .....		72

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1: Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común (Rhodes, 1990).....	23
Cuadro 2.2: Flujo de proceso de elaboración de ladrillos.....	38
Cuadro 2.3: Insumos para 2000 ladrillos tipo king kong.....	39
Cuadro 3.1: Sistema de producción diaria de ladrillos king kong.....	51
Cuadro 3.2: Operacionalización de variables de la presente investigación .....	53
Cuadro 3.3: Técnicas e instrumentos.....	53
Cuadro 4.1: Datos de ladrillos desechados con pulverización deficiente de la caliza..	56
Cuadro 4.2: Datos de ladrillos desechados con pulverización eficiente de la caliza....	58
Cuadro 4.3: Datos del tamaño de la caliza en el ladrillo terminado .....	62
Cuadro 4.4: Datos del tamaño de la caliza en el ladrillo terminado .....	62
Cuadro 4.5: Datos técnicos de la pulverizadora.....	63
Cuadro 4.6: Dimensión de la laminadora pulverizadora .....	63
Cuadro 4.7: Resultados de la cantidad de ladrillos elaborados con pulverización deficiente de la caliza en la arcilla. ....	64
Cuadro 4.8: Resultados de la cantidad de ladrillos elaborados con pulverización eficiente de la caliza en la arcilla. ....	65
Cuadro 4.9: Análisis de gasto por etapa .....	68
Cuadro 4.10: Análisis de la pérdida de ladrillo y margen de costos por ladrillo .....	69



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Dimensiones de ladrillo king kong.....	19
Figura 2.2: Distribución esquemática de las partículas en una arcilla residual .....	29
Figura 2.3: Distribución esquemática de las partículas en una arcilla.....	31
Figura 2.4: Alimentador.....	40
Figura 2.5: Desintegrador .....	41
Figura 2.6: Mezcladora .....	41
Figura 2.7: Laminadora.....	42
Figura 2.8: Extrusora de vacío .....	43
Figura 2.9: Boquilla .....	43
Figura 2.10: Estante de secado .....	44
Figura 2.11: Ciclo de cocción .....	45
Figura 2.12: Flujo de máquinas de preparación y extrusión.....	47
Figura 4.1: Grafico de ladrillos desechados con pulverizacion deficiente de la caliza	57
Figura 4.2: Grafico de ladrillos desechados con pulverizacion eficiente de la caliza ..	59
Figura 4.3: Distancia de los rodillos a 1mm del laminador .....	61
Figura 4.4: Vistas de la laminadora pulverizadora .....	63
Figura 4.5: Porcentaje de ladrillos desechados con pulverización deficiente de caliza	65
Figura 4.6: Porcentaje de ladrillos desechados con pulverización eficiente de caliza..	66

## RESUMEN

La Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. está ubicada en el distrito de Juliaca, se fabrica ladrillos mecanizados como king kong, pandereta y ladrillo de techo; para la fabricación de ladrillos la materia prima es la arcilla, que en su mayoría presenta nódulos de caliza, los que son nocivos y perjudiciales para la industria ladrillera. Estos nódulos denotan sus inconvenientes en el ladrillo ya cocido, pues el carbonato de calcio se descompone durante la cocción y se convierte en cal viva y con humedad del ambiente tiende a aumentar de 2 a 3 veces su volumen; la consecuencia de la rotura del ladrillo genera grandes pérdidas económicas en la fabricación de los ladrillos y en la calidad del producto. A partir de la supervisión que se realizó en los meses de mayo, junio y julio en la etapa de carguío que se hace en la cantera, el objetivo principal del presente trabajo de investigación es reducir la rotura del ladrillo mecanizado por causa de la caliza, en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.; la metodología consistió en controlar todos los procesos de preparación de la arcilla, se hace el control del ingreso de la caliza en la materia prima y la selección de la caliza de forma manual antes de ingresar al área de producción, de esa manera se disminuye la cantidad de caliza en las arcillas, y posteriormente mediante el control y la supervisión de la distancia entre los rodillos de la laminadora a 1 mm se asegura la pulverización de la caliza de 5 mm a 1 mm, mediante la pulverización de la caliza en las arcillas se ha comprobado que las roturas en los ladrillos han disminuido de 63 % a 2 % de pérdida.

**Palabras clave:** Rotura, pulverización, laminadora, nódulos, cocción.

## ABSTRACT

The Ceramic Industry Compact S.R.L. Is located in the district of Juliaca, manufactures mechanized bricks like king kong, tambourine and ceiling brick; For the manufacture of bricks the raw material is clay, which mostly have limestone nodules that are harmful for the brick industry. These nodules denote their disadvantages in the already cooked brick, because the calcium carbonate decomposes during the cooking and turns into quicklime and with humidity of the environment tends to increase from 2 to 3 times its volume; The consequence of the brick breakage generates big economic losses in the manufacturing of the bricks and in the quality of the product. From the supervision that was carried out in the months of May, June and July in the load stage that is made in the quarry, objective of the present research is to reduce the breakage of the mechanized brick due to the limestone at Ceramic Industry Compacto SRL; The methodology consists in controlling all the processes of preparation of the clay, the control of the entrance of the limestone in the raw material, the selecting limestone manually before entering the production area, by this way the quantity of limestone in the clays is reduced, and subsequently by controlling and supervising the distance between the rollers of the mill to 1 mm ensures milling of limestone particles from 5 mm to 1 mm by milling the limestone in the clays. It has been found that breakages in the bricks have is reduced from 63 % to 2 % loss.

**Keywords:** Break, spray, laminating, nodules, cooking.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Descripción del problema

En la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. se fabrican ladrillos mecanizados como king kong, pandereta y ladrillo de techo. Para la fabricación de ladrillos la materia prima es la arcilla, la que presenta nódulos de caliza que son nocivos y perjudiciales para la industria ladrillera. Estos nódulos denotan sus inconvenientes en el ladrillo ya cocido, pues el carbonato de calcio se descompone durante la cocción y se convierte en cal viva. Esta se va hidratando después en el ladrillo con el agua contenida en el aire, esta hidratación da lugar a un notable desprendimiento de calor y a un crecimiento del orden de dos a tres veces más a su volumen original. Esto es en el proceso de cocción y la limpieza final del producto.

La consecuencia de la rotura del ladrillo genera grandes pérdidas económicas en la fabricación de los ladrillos y en la calidad del producto de la industria de la construcción.

Generalmente es aceptado entre los ladrilleros el uso de la palabra *caliza* existente en las arcillas y la expresión *roturas por caliza* producida por meteorización de los

ladrillos cocidos cuando éstos han sido fabricados con arcillas que contienen caliza.

El efecto de la rotura por el contenido de caliza en las arcillas es un defecto bastante frecuente en ladrillos de construcción, y la manifestación de la existencia de la caliza en las arcillas se nota como el afloramiento y se revela en muchos casos cuando el ladrillo se halla colocado en servicio.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Pregunta general**

- ¿Cómo se reducen las roturas en los ladrillos mecanizados, controlando la presencia de caliza y el proceso de pulverización de la arcilla en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. – Juliaca?

### **1.2.1 Preguntas específicas**

- ¿Cómo se reduce la presencia de caliza en las arcillas para la producción de ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. - Juliaca?
- ¿Cómo se reduce las roturas en los ladrillos mecanizados mediante el proceso de pulverización de la caliza en la arcilla en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. Juliaca?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Reducir las roturas en los ladrillos mecanizados controlando la presencia de la caliza y mediante el proceso de pulverización de la arcilla en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.- Juliaca.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la arcilla con poca presencia de caliza para la producción de ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. – Juliaca.
- Reducir las roturas en los ladrillos mecanizados mediante el proceso de pulverización de la caliza en la arcilla en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. - Juliaca

### 1.4 Justificación de la investigación

La Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. Juliaca, posee gran potencial de reservas de arcilla, 200 m<sup>3</sup> de reserva probada y 100 m<sup>3</sup> de reserva probable; como tal será de gran beneficio para la empresa ladrillera, reduciendo la rotura del ladrillo mecanizado, mejorando la rentabilidad de la empresa. También se beneficiará la industria de la construcción que favorecerá la durabilidad de ladrillo mecanizado.

Para lograrlo se necesita los orígenes de la producción, sus etapas y en que fluyen en la actualidad para esto se expondrá sus etapas para así lograr un mejor manejo del sistema y un mejoramiento del producto.

La industria ladrillera se encuentra directamente relacionada con la industria de la construcción, por ser proveedora de una de las materias primas fundamentales para su desarrollo, radicando aquí su importancia, y la necesidad de mejorar el producto que es el ladrillo sin rajaduras y afloramientos a causa de la caliza.

Por esta razón lo interesante de esta investigación es disminuir la rotura de ladrillo por causa de la caliza que se encuentra en la arcilla.

Se le puede considerar como un proyecto de investigación novedoso ya que es una buena alternativa para los ladrilleros de reducir las pérdidas de ladrillo a causa de la caliza.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

(Verduch.A, 1963), investigador científico elaboró un artículo sobre *Roturas de ladrillos por inclusiones de caliza*, donde se hace una amplia revisión del problema general de las roturas producidas en los ladrillos por inclusiones de caliza. Se estudia la descomposición térmica de la calcita y también las propiedades físicas del óxido de calcio formado en esa reacción. Se han recogido datos experimentales de la literatura para mostrar el efecto que sobre la tendencia a estas roturas tienen las variables tales como: tamaño de grano de la caliza, actividad del óxido de calcio libre, temperatura de cocción, atmósfera del horno, etc. Se revisan también los métodos prácticos sugeridos para inhibir las roturas de ladrillo por caliza. Las mejoras recomendadas con más frecuencia son: Molienda fina, aumento de la temperatura de cocción, atmósfera reductor a, adición a la arcilla de carbón finamente molido, adiciones de sal común en el agua de amasado y empapamiento en agua fría de los ladrillos recién cocidos.

(Carlos San Juan Fernández, 2016) elaboró un artículo donde formulan una pregunta ¿Que son los caliches? Y dice que en construcción llamamos caliche donde llamamos una pequeña fracción de caliza (nódulo) incrustado en la masa de un material cerámico,



pero vamos a ver que pequeñas pero importantes diferencias muestran los caliches y como pueden ser causantes de algunos daños.

En primer lugar hay que diferenciarlos por su naturaleza química. Estos caliches pueden ser de óxido de cal, comúnmente llamado cal viva ( $\text{CaO}$ ) o de hidróxido cálcico lo que denominamos cal apagada  $\text{Ca(OH)}_2$  observando la fórmula química ya advertimos que la cal apagada se forma por la reacción de cal viva con el agua, es decir, por hidratación. Esta reacción tiene dos características fundamentales: es exotérmica (desprende calor) y es expansiva (aumenta de volumen) por ello cuando un caliche de cal viva se presenta, por ejemplo, en un ladrillo cerámico, si esta recibe la suficiente humedad es capaz de ocasionar pequeñas roturas cuyas características dependen del tamaño del caliche y de lo cerca que se encuentra de la superficie. El tamaño y su posición son las otras características de influencia.

(Rosa Bustamante, 2007), en su artículo titulado *términos relacionados con la patología y restauración de fábricas de ladrillo* nos dice que el caliche son nódulos blanquecinos de óxido de calcio o magnesio presentes en la pieza cerámica después del proceso de cocción, y que se caracterizan por expandirse al hidratarse generando pequeños cráteres.

(Francisco Javier Manzano García, 2011), en su artículo *Ejecución de Fabricar a Cara Vista* nos dice que los caliches son pequeños granos de óxido de calcio existentes en las piezas cerámicas de arcilla cocida. La expansión de los mismos producida por su hidratación provoca el caliche. Los granos de óxido de calcio se forman durante la cocción y proceden de los granos de caliza, contenidos en la materia prima, que no han sido suficientemente triturados durante el proceso de molienda. Para tamaños menores a 0,5 mm, la actividad del caliche es muy baja, siendo muy poco probable que originen roturas.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Características de los ladrillos

El ladrillo está destinado principalmente a la construcción de muros, por lo que debe ser invulnerable a los efectos de la intemperie, y poseer suficiente resistencia a la compresión.

Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar (Besoain, 1985) (Del Busto, 1991) (Kohl, 1975) (Rhodes, 1990) (Clews, 1969) bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliza, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070 Albañilería) manifiesta que el ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. Además el ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia. No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo ver Figura 2.1.

Según la NTP 331.017, los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

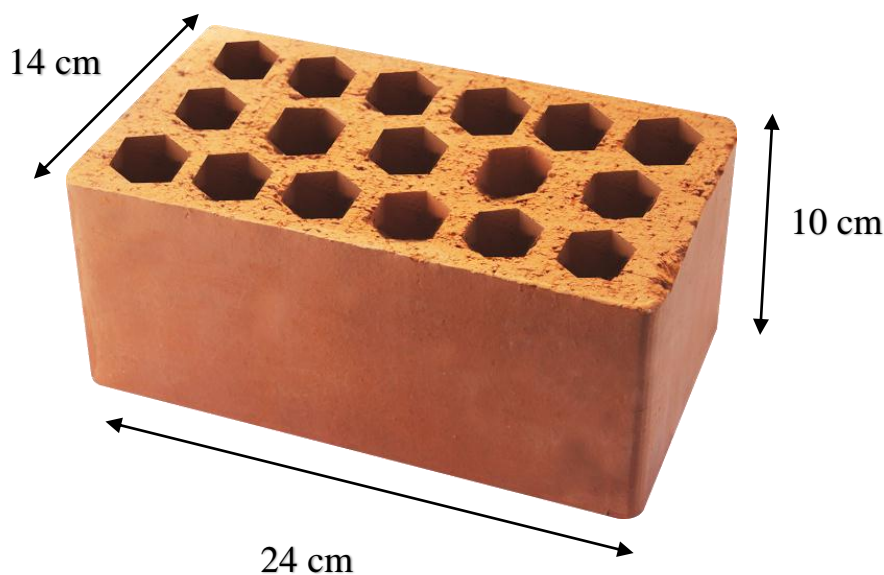


Figura 2.1: Dimensiones de ladrillo king kong

Fuente: Planta de cerámico compacto

### **2.2.2 Propiedades de ladrillo**

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería.

Se pueden dividir en dos categorías mayores:

#### **2.2.2.1 Propiedades físicas relacionadas a la estética del material:**

Color: Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.

Textura: Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración (Somayaji, 2001).

#### **2.2.2.2 Propiedades técnicas**

Algunas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos, 2005):

Relacionadas con la resistencia estructural:

- Resistencia a la compresión: Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión.
  - Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
  - Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies.
- Succión o velocidad inicial de absorción.

Relacionadas con la durabilidad:

- Absorción: Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.

- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

### 2.2.3 Clasificación de los ladrillos

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), clasifica al ladrillo en cinco tipos:

Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

Tipo 21: Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

#### **2.2.4 Materia prima**

##### **2.2.4.1 Origen de las arcillas**

El término arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. Desde el punto de vista de su origen, la arcilla no tiene significado unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de meteorización hidrotermal o ser el resultado de una síntesis. La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el geólogo, el edafólogo o el fabricante de ladrillos (Besoain, 1985).

Del Río (1975), define la arcilla como una roca terrosa, como un producto secundario proveniente de la destrucción de materiales antiguos silicatos y aluminosos.

Otros autores como Kohl (1975), precisan que las arcillas son producto de la erosión química de las rocas. De una manera más ambigua Del Busto (1991) considera que es una clase especial de tierra, formada por descomposición de rocas mediante la acción de agentes ambientales.

La definición más completa parece ser la propuesta por Rhodes (1990), que indica que la arcilla constituye un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se ha formado mediante la desintegración química de las rocas alúminas. Ésta ha sido obtenida por procesos geológicos de envejecimiento del planeta.

La gran mayoría de las rocas que conforman la corteza terrestre están formadas de feldespato ya que es el mineral más común de la tierra. A este tipo de rocas formadas por feldespato se le conoce como rocas feldespáticas. Debido a la descomposición de estas rocas es que se da origen a la formación de arcilla (Rhodes, 1990).

#### 2.2.4.2 Composición de la arcilla

La arcilla, en su estado natural, está compuesta de uno o, como es el caso general, varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas, y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales (Del Río, 1975).

Como ya se ha mencionado anteriormente, las arcillas se presentan en la naturaleza, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o eólicos (Gallegos, 2005). Es por eso que la composición química de la corteza terrestre y la de la mayoría de las arcillas es muy similar como se muestra en el Cuadro 2.1, donde los contenidos de sílice y de alúmina son los más altos dentro de la composición de los minerales (Rhodes, 1990).

**Cuadro 2.1**  
**Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común**

Composición	Corteza terrestre (%)	Arcilla roja común (%)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	59,14	57,02
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15,34	19,15
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	6,88	6,70
<b>MgO</b>	3,49	3,08
<b>CaO</b>	5,08	4,26
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,84	2,38
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3,13	2,03
<b>H<sub>2</sub>O</b>	1,15	3,45
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1,05	0,91

Fuente: Rhodes 1990

Algunos autores como Rhodes (1990) y Clews (1969) proponen la siguiente fórmula molecular de la arcilla  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Esta fórmula no incluye las impurezas que siempre están presentes. Por tal motivo la fórmula anterior hace referencia a una arcilla pura que recibe el nombre de caolín.

Las arcillas con un mayor grado de pureza son las que cuentan con un alto contenido de sílice y alúmina. El contenido de hierro y otras impurezas en este tipo de arcillas tiende a ser más bajo. El caolín y la arcilla plástica son un ejemplo de este tipo de arcillas. El contenido químico de los diferentes tipos de arcillas puede variar considerablemente. Este cambio es consecuencia de las condiciones con las cuales se formó la roca ígnea de la que proviene (Rhodes, 1990).

La composición y naturaleza de la arcilla, determinan el uso y el valor de ésta. Es así que algunos de sus componentes tienen influencia sobre algunas de sus propiedades.

El cuarzo disminuye la plasticidad y la retracción y contribuye a hacerla refractaria.

- La sílice en forma coloidal aumenta la plasticidad.
- La alúmina la hace refractaria.
- El óxido de hierro al igual que el feldespato, disminuye la temperatura de fusión, actúa como fundente y también es un poderoso agente colorante. Un poco de óxido de hierro colorea intensamente la arcilla tostada pero una gran cantidad la convierte en un producto rojo o blanco si tiene 5 % menos.
- Los filosilicatos de aluminio, manganeso y hierro le proporcionan a la arcilla cualidades plásticas y si bien es cierto que intervienen otros que tienen propiedades diferentes, contribuyen a darles cualidades que determinan su uso (Del Busto, 1991).



### 2.2.4.3 Características físicas de la arcilla

Es indudable que la caracterización de la arcilla depende de la complejidad y proporción de los componentes que la constituyen (Besoain, 1985).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los granos de arcilla puede variar mucho dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes, 1990).

Existen grandes cantidades de arcillas que cuentan con un porcentaje elevado de partículas cuyo diámetro es inferior a un micrón (0,001 mm). La forma de estas partículas es delgada, plana y alargada. La arcilla cuenta con un área superficial por unidad de volumen muy grande, producto de la combinación de tamaño de sus partículas y su forma. El tamaño extremadamente pequeño de las partículas de arcillas es producto de la desintegración de la roca por el choque entre las partículas de las rocas. Pero en combinación con los granos diminutos de algunas arcillas se encuentran mezclados fragmentos de mayor tamaño. Estos granos de mayor tamaño pueden ser feldespato inalterado, cuarzo u algún otro mineral que se ha unido a la arcilla producto del transporte o durante la sedimentación.

El tamaño típico de grano, de 4.75 mm a 0.075 mm de diámetro para arenas y menores de 0.075 mm de diámetro para arcillas.

La proporción de los minerales en una arcilla varía con el tamaño del gránulo, es decir, hay tendencia a que se concentren algunos minerales entre límites de determinado tamaño. Así, el cuarzo, y más aún el feldespato, se acumula preferentemente en la

fracción de la arcilla gruesa (2-0.2 micras). Por el contrario, los minerales propios de la arcilla son los más abundantes en las fracciones más finas. Por lo general, en tamaños menores a 0.2 micras, existen sólo minerales de arcilla y algunos óxidos. La determinación completa de una arcilla sólo puede lograrse efectuando las segregaciones o fraccionamientos de tamaño adecuados. Una correcta identificación debe preservar las características que exhiben los minerales en su estado natural (Besoain, 1985).

#### **2.2.4.4 Propiedades de la arcilla**

Las propiedades de las arcillas están determinadas por sus antecedentes geológicos, especialmente por el medio en que se ha formado el depósito (ONU, 1970).

Las propiedades, que dependen de su mineralogía, estado físico e historia geológica, pueden modificarse con relativa facilidad y sus amplios usos son función de sus propias características y de las que resultan al asociarse con otras sustancias (Sociedad Geológica Mexicana, 1964).

Con el fin de entender mejor el comportamiento de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos, a continuación se definen algunas de las principales propiedades de la arcilla.

#### **Plasticidad:**

La causa de que las partículas de arcilla se adhieran unas con otras ha sido motivo de muchos estudios, pero no ha sido completamente determinado aún. Hasta cierto punto la plasticidad se debe a que el grano, por su forma (delgada, plana y alargada) y encontrarse húmedo, forma una película alrededor del grano que produce tal efecto.

Otros factores que contribuyen a la plasticidad de la mezcla son: la atracción química y el contenido de carbón en las arcillas. Debido a que la plasticidad no ha sido comprendida en su totalidad la forma de medirla sigue siendo mediante el tacto, esto es pellizcando, estrujando, o haciendo una bola con la mezcla, y observando si permanece con la forma que se le dio.

Se encuentran plasticidades diferentes en las arcillas, la estructura interior no es la misma en todas las tierras y, además, los cuerpos extraños mezclados con la materia arcillosa modifican la plasticidad según su estado físico y su composición (Del Río, 1975).

### **Contracción:**

Propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones de lo que se esté moldeando al perder humedad. Al momento de realizar el moldeado, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía produciendo una reducción en el tamaño de la pieza moldeada.

Dos tipos de contracciones se llevan a cabo:

- a) Contracción por aire, que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.
- b) Contracción por fuego, que se produce durante el proceso de quemado.

Cualquiera de estos tipos de contracciones, si es excesivo, puede causar grietas y deformaciones en la unidad de albañilería (Schneider y Dickey, 1980).

**Refractariedad:**

Propiedad de las arcillas, que se refiere a la resistencia a los aumentos de temperatura. Todas las arcillas tienen esta propiedad, pero algunas presentan un mayor grado de refractariedad. La variación en el grado de refractariedad de una arcilla a otra se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Si la arcilla cuenta con un porcentaje alto de estos compuestos esta propiedad será mayor.

**Porosidad:**

La porosidad de las arcillas varía de un tipo a otro. Esta propiedad depende mucho del tamaño de grano que tenga la arcilla. Si la arcilla tiene un tamaño de grano grande la porosidad será mayor que la de una arcilla con un tamaño de grano pequeño. Al momento de moldear y compactar la mezcla que será utilizada en la fabricación de la unidad de albañilería, las arcillas con granos pequeños quedan más unidas unas con otras. Esto evita que se acumule tanta agua entre ellas y al momento de que se cueza la pieza, disminuyen las cavidades provocadas por la evaporación del agua.

**Color:**

Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero, en general, son más o menos grises, a veces azules o negras, y frecuentemente, amarillas, rojas o pardas (Del Río, 1975).

Los diversos matices dependen de su contenido químico pero en este caso no lo determina el contenido de sílice y alúmina, sino que los causantes de la coloración lo determinan las impurezas de origen tanto mineral como orgánico, principalmente: óxido de hierro, óxido de cobalto, óxido de cobre, pentóxido de vanadio, cobalto y el óxido de manganeso.

#### 2.2.4.5 Clasificación de las arcillas

Diversos autores establecen la clasificación de las arcillas teniendo en cuenta ciertos aspectos, como son su origen, su composición o su capacidad para absorber agua según su origen:

##### a) Arcillas primarias o residuales:

Los depósitos primarios de arcilla se han formado en el mismo lugar que sus rocas madres. Las arcillas derivan directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos (Gallegos, 2005). Es por ello que la arcilla originaria de estos depósitos suministra los productos más puros, pero se encuentran raramente (Del Río, 1975).

Estas arcillas que no han sido transportadas por el agua, el viento o el glaciar; son generalmente más puras. Esto se debe a que las partículas que contienen el mayor número de impurezas son aquellas arrastradas por el viento o el agua. En la mayoría de los depósitos de arcillas primarias se pueden encontrar pedazos de roca inalterada. Debido a que la arcilla no ha sido sometida al proceso de selección de granos mediante la suspensión en el agua, los granos grandes y pequeños se encuentran mezclados. Comúnmente los bancos de arcillas primarias tienden a tener granos gruesos ver Figura 2.2 y una plasticidad baja (Hamilton, 1989).

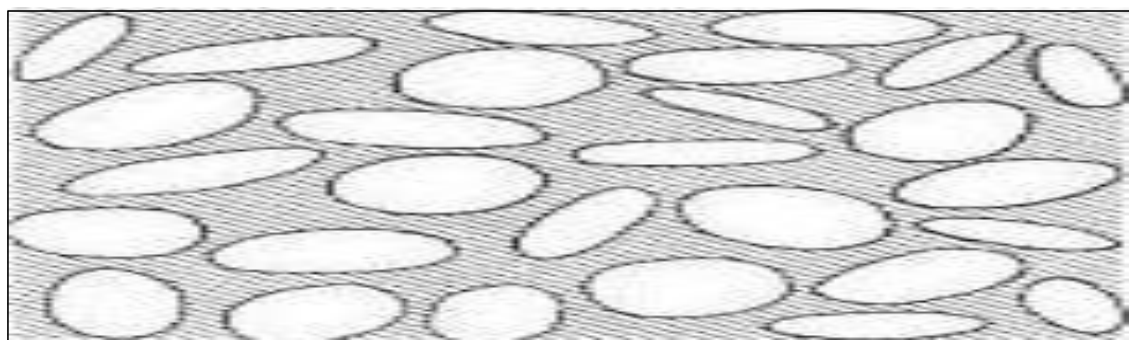


Figura 2.2: Distribución esquemática de las partículas en una arcilla residual primaria

Fuente: Hamilton 1989

A pesar de que las arcillas primarias generalmente tienden a estar libres de impurezas, no existen depósitos de arcilla en donde sea posible encontrar arcillas 100% puras. Esto se debe a que incluso las arcillas residuales contienen algunas impurezas, producto de la asociación de varios minerales de arcilla con otros minerales.

Las arcillas primarias se caracterizan por:

- Alto grado de refractariedad, ya que se funden a temperaturas apenas menores a los 1750 °C.
- Relativa pureza, ya que tienen altos porcentajes de sílice y alúmina, y bajo contenido de óxido de hierro y otras impurezas; en su composición química.
- Color blanco adquirido después de la cocción, producto de su bajo contenido de impurezas.
- Poca plasticidad al ser moldeadas, ya que no conservan la forma que se les da después del moldeo.

b) Arcillas secundarias o sedimentarias:

Los depósitos secundarios resultan del transporte de la arcilla por la acción del agua, viento o del hielo. La arcilla procedente de estos depósitos es la que más abunda en la Tierra (Del Río, 1975).

Las arcillas secundarias hacen referencia al tipo de arcilla que no se encuentra en el mismo lugar en donde se realizó la desintegración de su roca madre, y ha sido transportada a otro lugar. El medio más común en el que son transportadas las partículas de este tipo de arcillas es el agua, pero el viento y los glaciares también funcionan como medio de transporte para estas arcillas. Las arcillas transportadas por agua sufren dos procesos durante su transporte. Primero son disminuidas de tamaño debido al desgaste por rozamiento entre las partículas, y después, al llegar a aguas tranquilas pasan por un proceso de selección. En esta etapa de selección, las partículas más grandes se separan

por sedimentación de las partículas más pequeñas, las cuales continúan suspendidas en el agua.

La pureza de este tipo de arcillas es menor al de las arcillas primarias, ya que las arcillas secundarias son una mezcla de gran cantidad de arcillas producto de la erosión procedentes de diferentes lugares. Por ello es común encontrar, en el contenido químico de estas arcillas, porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas.

Es muy raro, pero no imposible encontrar arcillas secundarias con un nivel de pureza mayor al de la mayoría de este tipo de arcillas. A este tipo de arcillas se le conoce como *arcillas de bola*, y son muy útiles para mejorar la plasticidad de las arcillas primarias sin afectar su coloración blanca. Un ejemplo de este tipo de arcillas son los llamados *caolines secundarios*, los cuales tienen relativamente un bajo contenido de hierro.

Las principales características de las arcillas secundarias son:

- Alto grado de plasticidad, ya que tienen granos más pequeños ver Figura 2.3.
- Pueden adquirir diferentes coloraciones después del proceso de cocción, desde blanco hasta marrón oscuro, la razón es porque cuentan con un alto contenido de impurezas.
- Su punto de fusión generalmente se encuentra entre los 1150 °C y los 1500 °C

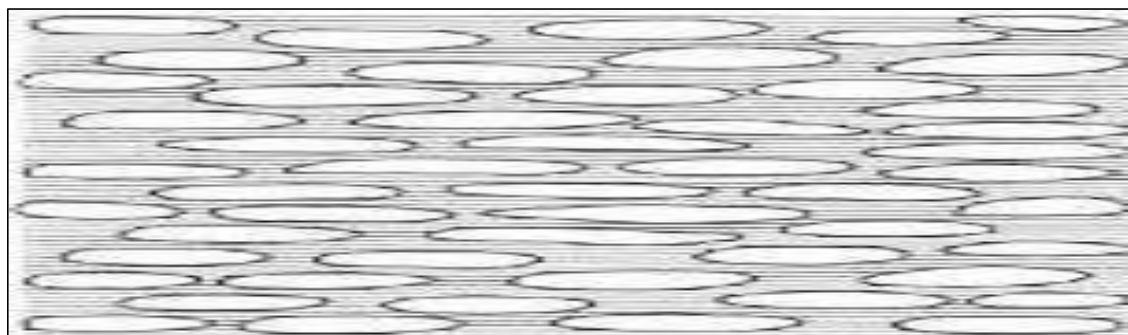


Figura 2.3: Distribución esquemática de las partículas en una arcilla sedimentaria o secundaria (Hamilton, 1989)

Fuente: Hamilton 1989

Según su composición:

Pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica (Gallegos, 2005):

- a) Calcáreas: Contienen alrededor de 15 % de carbonato de calcio. Producen ladrillos de color amarillento.
- b) No calcáreas: Compuestas de silicato de alúmina, tienen de 2 a 10 % de óxidos de hierro y feldespato y queman a un color rojizo o salmón.

Este tipo de arcillas son usadas para la elaboración de unidades de albañilería en las que la apariencia estética no es un factor (Huntington y Ellison, 1987).

#### **Según su capacidad de absorción de agua:**

Del Busto (1991) y Kohl (1975) coinciden en clasificar a las arcillas según su capacidad para absorber agua. Así, tenemos 2 clases:

**Grasas:** Son arcillas demasiado plásticas, incluso para pequeñas humedades. Presentan en su constitución una gran concentración de minerales arcillosos y una baja concentración en arenas silíceas. Además contienen gran cantidad de componentes en estado coloidal, pueden absorber mucha agua, al secarse sufren de contracciones demasiado considerables. Este tipo de arcillas se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el moldeo correcto del producto elaborado.

**Magras:** absorben poca agua y poseen una baja plasticidad. Al secarse no experimentan mucha contracción. Va acompañada de abundante arena.



#### **2.2.4.6 Arcillas para la fabricación de ladrillos**

Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte, en este caso para la elaboración de ladrillos (Gallegos, 2005).

- Los materiales utilizados en la fabricación de ladrillos son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o relativamente impura (casi siempre secundarias).
- Las arcillas usadas en la mezcla deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las máquinas extrusoras que moldean y dan la forma definitiva a las unidades de arcilla.
- Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del moldeo y ser capaces de unirse fundiéndose cuando se calientan a temperaturas elevadas.

De acuerdo a estas características, son las arcillas superficiales las que satisfacen estas condiciones para ser adecuadas para la fabricación de ladrillos. Este tipo de arcillas son las más fáciles de explotar porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto son las más empleadas. Sin embargo, al estar más expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia (Gallegos, 2005).

#### **2.2.4.7 Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcilla**

No hay arcilla perfectamente pura, sino que siempre va acompañada por más o menos cantidad de materias extrañas a ella que constituyen las llamadas impurezas. Estas

impurezas pueden encontrarse en ella a partir de su origen; pueden también hallarse accidentalmente o haber sido incorporadas mucho más tarde (Del Río, 1975).

a) Impurezas de origen:

Con frecuencia provienen de los residuos que han dejado las rocas cuando, en su desintegración, dan origen a la arcilla. El cuarzo y la mica son los que se encuentran más frecuentemente y en mayor cantidad. Por consiguiente, solamente deben considerarse como impurezas principales el cuarzo y la mica. A veces se podrá encontrar algo más, pero es tan poco y tan raras veces, que no tiene importancia tenerlo o no en cuenta.

b) Impurezas accidentales:

Aparecen en las arcillas que han sido desplazadas y arrastradas a lugares lejanos de los de su formación a causa de perturbaciones geológicas; por lo tanto no es sorprendente que en dichas arcillas se hayan depositado cuerpos extraños que han sido arrastrados en su desplazamiento. Tales son los carbonatos alcalinotérreos o terrosos (calcio, magnesio).

Las pirritas de hierro no aparecen extremadamente puras en las arcillas; por el contrario, a veces están completamente oxidadas. La arcilla que posea pirritas es porosa bajo la influencia del calor. Sometida a la acción de una llama reductora, la pirrita se transforma en sulfuro de hierro fácilmente reducible a polvo, lo cual puede producir hendiduras. Bajo fuego oxidante aparece la producción de óxido de hierro y compuestos oxigenados de azufre. Estas combinaciones sulfurosas pueden originar graves inconvenientes en la cocción de los ladrillos, puesto que éstos son alterados fácilmente por esa causa.

Las piezas elaboradas conteniendo sulfuro de hierro se mantienen húmedas durante un tiempo bastante largo y cada grano de sulfuro, al oxidarse, conduce indefectiblemente a una destrucción de la homogeneidad de la región arcillosa que lo envuelve, y esta falta de homogeneidad provoca una rotura.

La cal se encuentra especialmente en el estado de carbonato. Este carbonato se presenta a veces en trozos compactos; otros casos, y más a menudo, está íntimamente mezclado a la arcilla y únicamente por medio de un ensayo químico puede apreciarse su presencia. Una gran cantidad de carbonato cálcico es perjudicial en la arcilla, puesto que el producto se agrieta y pierde cohesión.

El sulfato de calcio, que puede ser anhidro (anhidrita) o hidratado (distintas variedades de yeso), en el caso de que la arcilla esté débilmente cocida, se deshidrata sencillamente y se vuelve a hidratar bajo la influencia del aire húmedo, taladrando la masa con una multitud de canales capilares que la convierten en una materia heladiza y, paralelamente, disminuyen su solidez (Del Río, 1975).

El carbono es una impureza común en las arcillas y se presenta en forma de raíces, de vetas de turba o en capas delgadas, como en el caso del carbón o disperso en partículas muy finas como en los esquistos carbonosos y bituminosos. Su presencia es útil cuando sirve de combustible o muy perjudicial sobre todo cuando hay variación de calidad y cantidad. En este último caso, es necesario alargar la duración de la cochura o bien oxidar completamente el carbono. De lo contrario, habrá que resignarse a obtener un producto ennegrecido por dentro o incluso “hinchado” (ONU, 1970).

#### **2.2.4.8 Efectos de la calidad de la materia prima con la calidad final de las unidades**

Las características y propiedades de las unidades de arcilla son afectadas por diversos factores, pero determinante es la composición química de la materia prima.

Aunque el proceso de moldeo y cocción también son relevantes, éstos se establecen en función de las características de la materia prima.

En la Tabla 2.1 se ha resumido los principales componentes mineralógicos de la materia prima de la arcilla y los efectos que producen en la fabricación de las unidades de albañilería.

Por ejemplo el color de las unidades se ve afectada por la presencia de hierro, que en una cantidad menor al 7 % proporciona una coloración rojiza, si se presenta un mayor porcentaje se presentará una coloración azul oscura. Además del hierro, el óxido de magnesio, en un porcentaje menor a uno, proporciona una coloración amarilla. El óxido de hierro produce unidades rojas o blancas con porcentajes menores al 5 %.

La presencia de carbono puede llegar a producir unidades ennegrecidas por dentro si no se ha tomado un adecuado control del proceso de cocción.

Asimismo la presencia de piritas de hierro en exceso puede ocasionar coloraciones indeseables. También puede llegar a alterar la textura de las unidades de albañilería por la aparición de cuarteaduras sobre el producto obtenido.

Existen algunos minerales tales como sílice, cal y feldespato que proporcionan compacidad a las unidades, de presentarse exceso de estos minerales, se perdería la cohesión y homogeneidad del material. Así, la sílice debe mantenerse en un rango de

50 % a 60 % y la cal debe encontrarse por debajo del 10 %. Estos valores límite también evitan el agrietamiento en el producto final.

Otros minerales como el cuarzo, disminuyen la retracción y contribuyen a la refractariedad. La alúmina en porcentajes mayores a cinco, proporciona el aumento de la refractariedad del material.

La presencia de cal, influye en el alabeo. Si se presenta un exceso de cal (mayor a 10 %), produciría deformaciones de las unidades. También la presencia de carbono durante el proceso de cocción, llevaría a unidades hinchadas.

Una característica importante en las unidades es que no debe presentar eflorescencia; para ello el porcentaje de álcalis y ácidos presentes en la materia prima debe permanecer por debajo del 0,2 %.

Otra de las propiedades a mencionar es la resistencia a la compresión. Entre los componentes que producen efectos sobre ella, está el sulfato de calcio que produciría una unidad quebradiza con poca resistencia si se lleva a cabo una cocción débil. El óxido de magnesio que produciría deterioro por expansión de la superficie si se presentan cantidades mayores a 1 %.

También se encuentra que el sulfuro de hierro al oxidarse, lleva a la destrucción de la homogeneidad, afectando la resistencia puesto que provoca rotura de la unidad.

### **2.3 Marco conceptual**

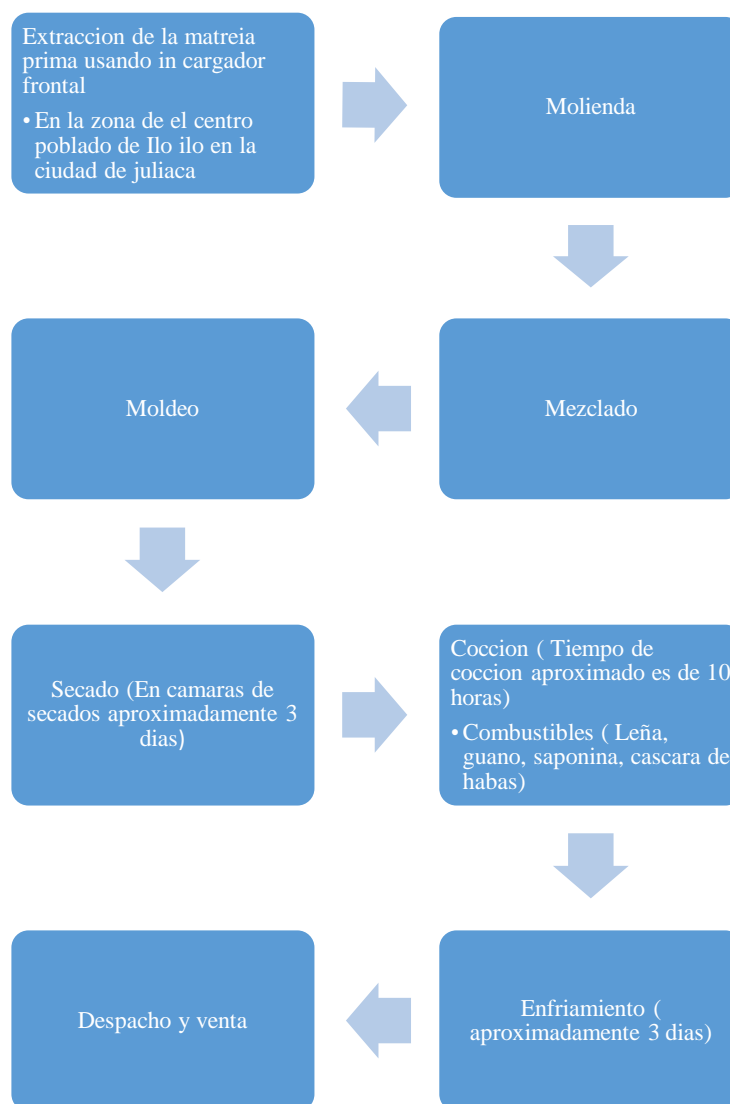
La explotación de las arcillas para el trabajo de fabricación del ladrillo se realiza a tajo abierto, es decir en canteras, en el que el tajo consta de un solo nivel de explotación (un solo banco), la misma que abarcaran en lo posible la potencia del estrato arcilloso,

con un promedio de 4 m. Es destacar que todas las fases del proceso productivo, se realizan con un cargador frontal y volquetas para el transporte del material a planta.

### 2.3.1 Descripción del proceso productivo

Para llegar al producto final se pasa por una serie de etapas en el procesamiento desde la extracción hasta su respectivo procesamiento ver Cuadro 2.2. Las principales etapas del proceso se puede asumir en:

**Cuadro 2.2**  
**Flujo de proceso de elaboración de ladrillos**



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Extracción de arcilla

Los depósitos de arcilla se encuentra al pie de colinas y en tierra agrícolas que se encuentra en el centro poblado de Ilo ilo en la ciudad de Juliaca.

Los criterios para seleccionar una localización adecuada son la calidad de la arcilla disponible a nivel superficial y cercanía de una carretera transitable para el transporte.

La materia prima a ser utilizada en la elaboración de ladrillos mecanizados, es extraída por medio de un cargador frontal y lleva a su lugar de almacenamiento mediante volquetes. Para una ladrillera de tipo semi industrial, la arcilla no se extrae diariamente sino que se almacenan cantidades para un periodo de seis meses, equivalente a mil cubos. La materia prima se trae del almacén el día que empiezan con la producción de los ladrillos para empezar el tratamiento.

La excavación se realiza con un cargador frontal de capacidad de cuchara de 3.8 m<sup>3</sup>a profundidad promedio de 4 m. el transporte se hace con volquetes volvo de 15 m<sup>3</sup>.

El transporte de la materia prima se hace con volquetes volvo de 15 m<sup>3</sup>.

Aproximadamente. Ver Anexo-01

### 2.3.3 Preparación de la Arcilla

El mezclado de la arcilla con la tierra común, ceniza, guano o saponina ver Cuadro 2.3:

**Cuadro 2.3:**  
**Insumos para 2 000 ladrillos tipo king kong**

Insumos utilizados	Cantidad requerida	Observaciones
Tierra corriente	436 kg	normal
Arcilla	6104 kg	normal
Ceniza	30 kg	normal
Guano de oveja	30 kg	normal

Fuente: Planta de cerámico compacto

### 2.3.4 Pre moldeo

Se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima.

En esta etapa una vez que esté preparado la arcilla pasa por las siguientes maquinas:

#### 2.3.4.1 Caja alimentadora

Diseñados para almacenar y dosificar el material en forma continua, uniforme y controlada ver Figura 2.4.

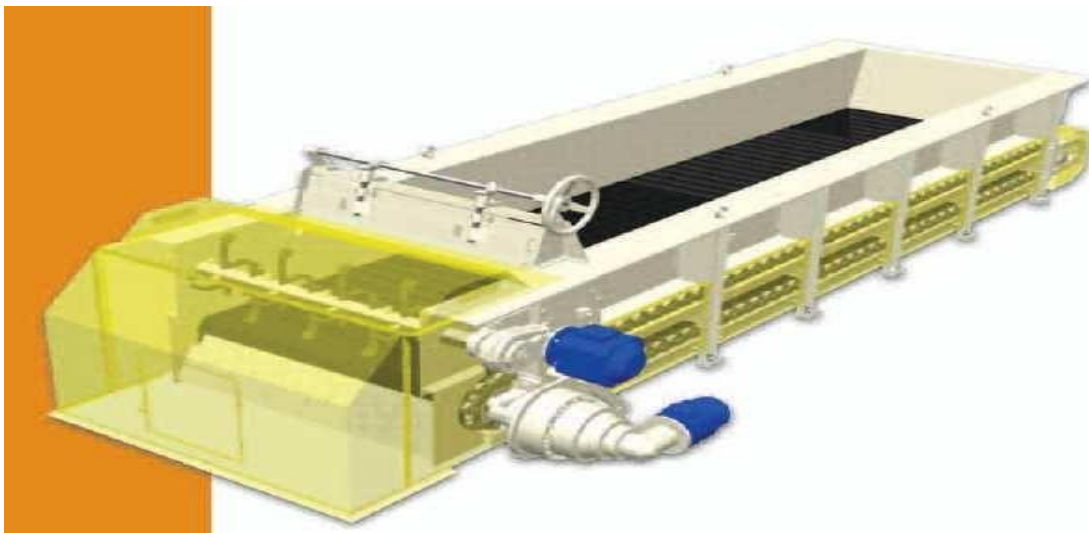


Figura 2.4: Alimentador

Fuente: Manuel Mola Pujó

#### 2.3.4.2 Desintegrador

Se incorpora para obtener una materia prima uniforme ya que cuando la arcilla se presenta en estado natural, presenta un bajo contenido de humedad y grumos duros.

El desintegrador separa en pequeños cuerpos estos grumos de arcilla, ya que al menos el paso entre los rodillos es solo 5 mm ver Figura 2.5.



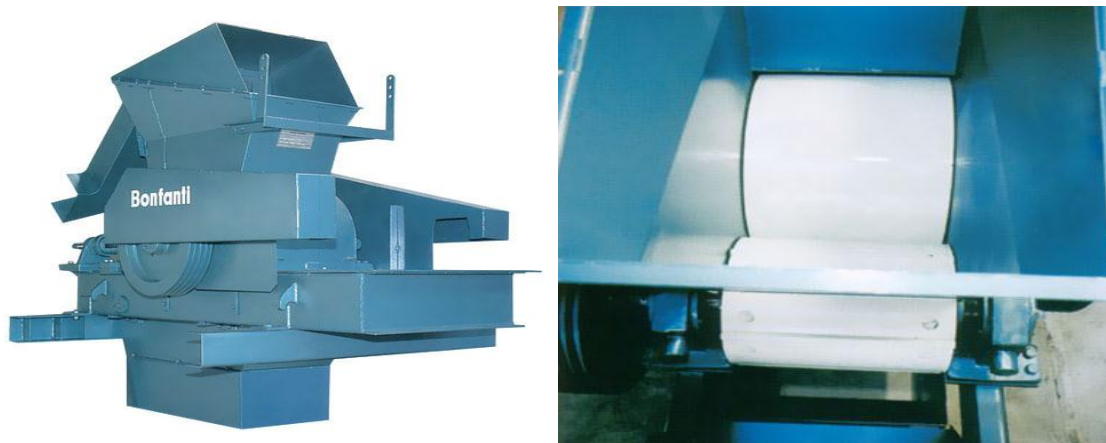


Figura 2.5: Desintegrador

Fuente: [www.bonfanti.com.br](http://www.bonfanti.com.br)

#### 2.3.4.3 Mezcladora

La función principal de esta máquina es mezclar eficientemente los diversos tipos de arcilla utilizada en la industria cerámica. Por este proceso se promueve también el humedecimiento y homogeneidad de la masa ver Figura 2.6.



Figura 2.6: Mezcladora

Fuente: [www.bonfanti.com.br](http://www.bonfanti.com.br)

#### 2.3.4.4 Laminadora

Es una maquina importante en el proceso de producción de ladrillo, disminuye la presencia de grano grueso de la arcilla, se coloca después del mezclador.

La laminadora pulveriza los grumos de la arcilla entre ellos la caliza, ya que al el paso entre los rodillos es solo 1mm.aproximadamente.

La trituración se realiza por la acción combinada de presión y el efecto de desgarro realizada por los rodillos contra- rotativos que giran con un bajo diferencial de velocidad ver Figura 2.7.

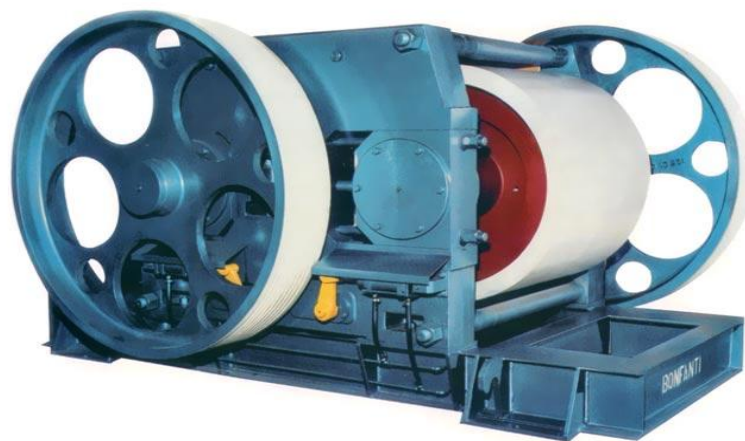


Figura 2.7: Laminadora

Fuente: [www.bonfanti.com.br](http://www.bonfanti.com.br)

### 2.3.5 Moldeo

En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. El proceso de moldeo es empleando máquinas como la extrusora.

Actualmente se usa extrusora de vacío, también conocidas como Prensas de Vacío, que tienen la ventaja de que al momento de realizar el moldeo consiguen una homogenización de la arcilla y eliminación del aire, como la que se muestra en la Figura 2.8.

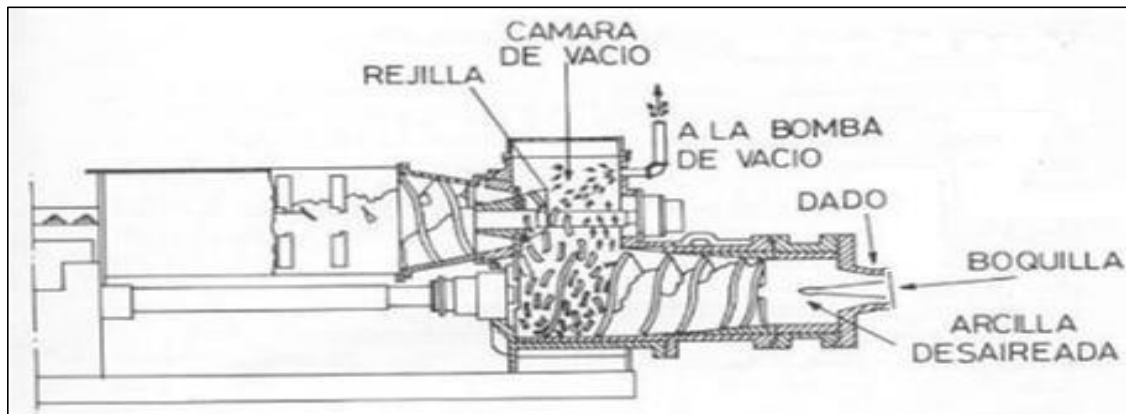


Figura 2.8: Extrusora de vacío

Fuente: (moreno, 1981)

La boquilla, cuya misión es darle forma al ladrillo, consiste en una pieza de metal sujeta con tornillos a una gruesa placa rectangular de fundición llamado porta boquillas ver Figura 2.9. El porta boquillas es el que recoge la arcilla y la hace compacta antes de llegar a la boquilla.

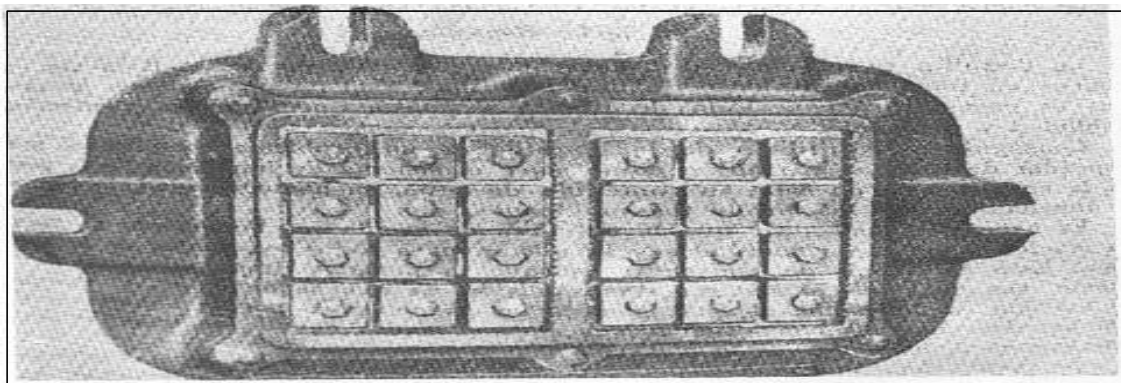


Figura 2.9: Boquilla

Fuente: (moreno, 1981)

### 2.3.6 Secado

El secado se realiza de forma natural por la acción de calor y el viento, el secado se hace en cámaras de secado, el cual también evita daños por acción de la lluvia.

El producto obtenido después del secado, que es semi acabado, se le conoce como ladrillo crudo ver Figura 2.10.



Figura 2.10: Estante de secado

Fuente: Planta de cerámico compacto

### **2.3.7 Carga al horno**

Consiste en la colocación del ladrillo crudo al horno, dispuestos en forma entrecruzada y espaciado adecuado.

Este proceso se realiza de forma manual, en esta etapa por la situación del manipuleo, se corre el riesgo de pérdida por caídas.

### **2.3.8 Quemado o cocción**

Es la etapa más importante, porque a través de ello se somete a la cocción.

En este proceso se efectúan 3 periodos

- Eliminación del agua,
- Reposo, donde el ladrillo almacena calor.
- Cocción.

La cocción es el que da lugar a la calidad del ladrillo a obtenerse, por lo que se observa los siguientes procesos termodinámicos.

De 0 °C a 100 °C, se observa la humedad residual del secado, debiendo este de ser lenta para no producir resquebrajamiento por efecto violento de gasificación interna.

A 125 °C, se evapora el agua del amasado.

A 350 °C, se tiene la calcinación y eliminación del agua.

De 500 °C a 700 °C se llega a observar un color rosado a rojo oscuro, representa un rango de preparación para la cocción.

De 900 °C a 1000 °C, ocurre la vitrificación. Es decir la fusión. Aquí es importante interrumpir el fuego, puesto que de persistir la temperatura, el ladrillo se funde, se deforma y pierde resistencia, inclusive se pegan entre ellos.

También cabe destacar, que los ladrillos tienen diferentes temperaturas de fusión, pero el color rojo intenso es general y representa un punto intenso, en donde ocurren las reacciones químicas alterando su propia constitución.

El tiempo de duración para esta etapa es variable, depende de los elementos que se use para el quemado; se estima un promedio de 9 horas aproximadamente.

Los elementos utilizados para el quemado, pueden ser, leña, guano de oveja, saponina, cascara de habas ver Figura 2.11.

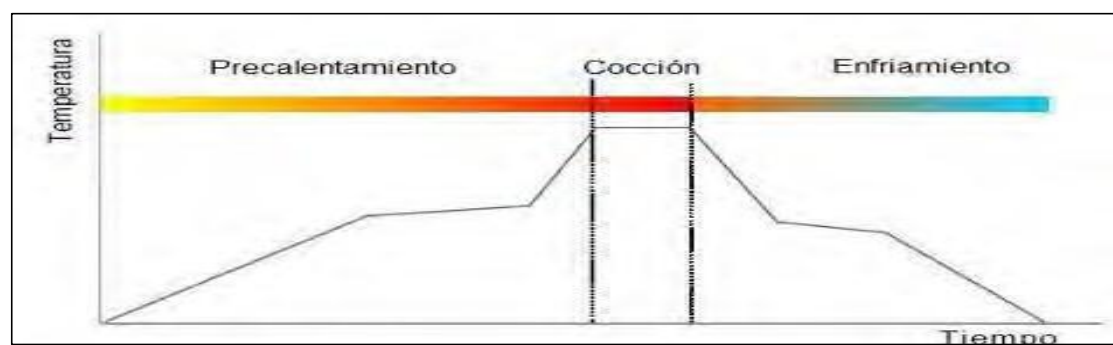


Figura 2.11: Ciclo de cocción

Fuente: Terán S. 2013

### 2.3.9 Descarga

El cual se realiza después de 3 días; consiste en extraer el ladrillo quemado que se encuentra en el horno, para su respectivo almacenamiento, es la última etapa y como resultado tenemos el producto acabado, listo para su comercialización.

### 2.4. Glosario de términos

Son aquellas que incorporan en todo su proceso productivo maquinarias, la cual permiten la adecuada compactación del ladrillo, determinado de la siguiente manera:

**Alimentador:** Se almacena y dosifica el material en forma continua, uniforme y controlada, esta máquina no solo regula el proceso de alimentación de arcilla.

**Desintegrador:** Proceso por el cual se muele la arcilla seca, para diseminar cualquier tipo de grumosidad o piedras que se encuentren en la arcilla.

**Amasadora:** Proceso por el cual la máquina mezcla y amasa la combinación de la arcilla, arena y agua.

**Laminadora:** Parte del Proceso, donde la máquina da forma a las paredes del ladrillo.

**Extruido:** Proceso por el cual se da forma al ladrillo, el cual a través de la bomba de vacío, hace que el ladrillo se le quite todo el aire, lo que le da mayor compactación, al igual que lo deshidrata, lo que permite, que el ladrillo salga casi seco.

**Secado:** Las ladrillera mecanizadas, cuentan con secaderos, donde se puede apilar los ladrillos en habitaciones cerradas a una temperatura ambiente, que ayudan al proceso de secado.

**Cocción:** Proceso por el cual se queman los ladrillos. La empresa tiene tres hornos con una capacidad de 7 mil ladrillos por y el diseño del horno más empleado, son los que ellos denominan: “tipo Hoffman” ver Figura 2.12.

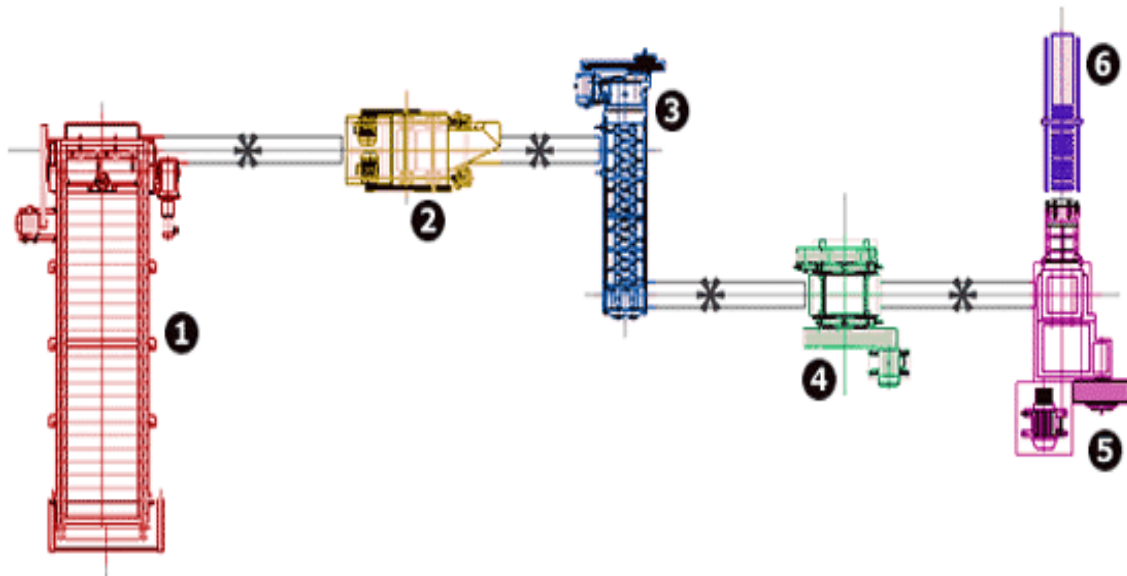


Figura 2.12: Flujo de máquinas de preparación y extrusión

Fuente: página web. [www.bonfanti.com.br](http://www.bonfanti.com.br)

1.- Caja alimentadora

2.-Desintegrador

3.-Amasadora

4.-Laminador

5.-Extrusora

6.-Cortador manual

\*.- Faja transportadora

## 2.5. Formulación de hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

Controlando la presencia de la caliza y la pulverización de la arcilla se reducirá las roturas en los ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.- Juliaca.

### 2.5.2. Hipótesis específico

- a) Mediante la selección de la arcilla separando la caliza se reducirá las roturas de ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. – Juliaca.
- b) Mediante el proceso de pulverización de la arcilla se reducirá las roturas de ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. – Juliaca.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Diseño metodológico

Para lograr los objetivos propuestos, el presente proyecto de investigación se desarrollara a las normas de los métodos científicos y de investigación, la metodología de esta investigación fue de acuerdo a los procesos de operaciones establecidas en la industria, se avisto por conveniente analizar y evaluar todo el paso que involucra esta operación, orientado a reducir la rotura de ladrillo por la presencia de la caliza con el proceso de pulverización.

La metodología consiste en controlar todos los procesos de preparación de la arcilla, se hace el control del ingreso de la caliza en la materia prima, la selección de la caliza de forma manual antes de ingresar al área de producción, de esa manera se disminuye la cantidad de caliza en las arcillas, y posteriormente mediante el control y la supervisión de la distancia entre los rodillos de la laminadora a 1 mm se asegura la pulverización de la caliza de 5 mm a 1 mm , mediante la pulverización de la caliza en las arcillas se ha comprobado que las roturas en los ladrillos ha disminuido de 63 % a 2 % de pérdida.

De acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación, por su nivel y las características de estudio es de tipo descriptiva.

Del mismo modo, el presente trabajo de investigación se realizó considerando las condiciones metodológicas de una investigación básica, en razón que se utilizaron los conocimientos de la ciencia relacionadas con la producción de ladrillos mecanizados, principalmente la rotura en el ladrillo por la presencia de caliza en las arcillas.

### **Tipo de investigación**

**Descriptiva**, nos permite hacer una selección y un control del ingreso y pulverización de la caliza, en comparación a la caliza no seleccionada ni pulverizada y de esa forma reducir la rotura de ladrillo.

### **3.2. Población y muestra**

#### **Población**

La población para el presente trabajo de investigación está constituido por la producción de ladrillos king kong, panderetas, y ladrillo de techo de la industria de cerámicos compacto S.R.L.- Juliaca.

#### **Muestra**

La muestra está constituido por 2 000 unidades de ladrillo king kong de la industria de cerámicos compacto S.R.L. Juliaca ver Cuadro 3.1.

$q$  = probabilidad de no ocurrencia de ladrillo con rotura 50 % - 0,5

$n$  = número de ladrillos como muestras

$Z^2$  = Nivel de confiabilidad 95 % 1,96

$p$  = probabilidad de ocurrencia de ladrillo sin rotura 50 % - 0,5

$E$  = Error máximo admisible 8 % 0,08

$N =$  Producción de ladrillo por día, Población 2 000

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

$$n = \frac{2000 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.08^2 * (2000 - 1) + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

$$n = 139.6 = 140$$

**Cuadro 3.14**  
**Sistema de producción diaria de ladrillos king Kong**

<b>Población</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Muestra</b>
2000 unidades	Producción de ladrillo king kong	140 unidades

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Operacionalización de variables

#### Identificación y clasificación de variables e indicadores

Se ha planteado conforme a los problemas, objetivos e hipótesis, para lo cual se indica las variables dependientes he independientes para la ejecución y el control de la caliza en las arcillas para la fabricación de ladrillos mecanizados en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. – Juliaca ver Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2**  
**Operacionalización de variables de la presente investigación.**

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>
<b>Variable independiente</b>  Presencia de la caliza en las arcillas para la elaboración de ladrillos mecanizado de la Empresa de Cerámicos Compacto SRL Juliaca.	Tamaño de la caliza en la arcilla	Toneladas / día
<b>Variable dependiente</b>  Reducir la rotura en los ladrillos mecanizados a causa de la caliza en la Empresa de Cerámicos Compacto SRL Juliaca	Costos de producción de cada ladrillo  Producción diaria de ladrillo mecanizado  Cantidad de Ladrillo mecanizado que no presenta rotura  Cantidad de ladrillo mecanizado que presenta roturas.	Costo c/u  Millar/día  Millar/día  Millar/día

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Técnicas de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas y procedimientos de recolección de datos

Las técnicas que aplicaron fue el análisis del control del tamaño de caliza que ingresa al área de producción, el análisis estadístico diario, semanal y mensual de los resultados de la producción de ladrillo mecanizado.

Para conocer ciertas características de los ladrillos ya terminados, se ha tenido el apoyo de las NTP 331.017 para la determinación de las principales propiedades de los ladrillos.

### 3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Para el presente estudio, los instrumentos que se utilizó fue un escalímetro para la medición de la caliza en el ladrillo y la hoja de registros de la producción, reporte diario de producción, informes semanal y mensual y fotografías.

### 3.4.3 Unidad de observación

Se determinó tomar en cuenta el tamaño de la caliza (mm/ladrillo), la cantidad de producción diaria (ladrillo/día), rotura de ladrillo (%) y costo c/u.

En la investigación se tomaron en consideración técnicas e instrumentos ver Cuadro 3.3.

**Cuadro 3.3**  
**Técnicas e instrumentos**

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación directa	Pruebas de investigación Producción diaria de ladrillo
Observación estructurada	Reporte diario de producción
Medición	Escalímetro

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Técnica para el procesamiento de la información

Revisión crítica y analítica de la información recolectada en la investigación. Estudio estadístico de datos para la presentación de los resultados obtenidos.

Obtener la relación porcentual con respecto al total, con el resultado numérico y el porcentaje se estructura el cuadro de resultados que sirvan de base para la gráfica.

Graficar y representar los resultados mediante graficas estadísticas comparativas.

Estudio estadístico para datos para la presentación de resultados obtenidos.

Analizar e interpretar los resultados relacionar los datos con diferentes partes de la investigación especialmente con los objetivos y la hipótesis.

### **3.6 Ámbito de estudio**

#### **3.6.1 Ubicación y acceso**

El proyecto de investigación se realiza en la planta de la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L. en el distrito de Juliaca, el acceso hasta la zona en el cual se desarrolla las actividades de producción de ladrillo se puede realizar desde el centro de la ciudad de Juliaca, tomando las línea 2 o la línea 10 de transporte urbano que van en la dirección de la salida puno por donde se encuentra el antiguo servicio nacional de adiestramiento en trabajo industrial (SENATI), cuya dirección es Av. Circunvalación N° 3 000; Las coordenadas UTM son: Norte: 8 283 590, Este: 381 177, Altura: 3 840 msnm. Ver Anexo-02 15

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la empresa de cerámico compacto, en su afán de reducir las roturas de ladrillo a causa de los nódulos de caliza presentes en la arcilla, se ha propuesto a un ajuste de la distancia de los rodillos de la laminadora a 1mm que permite el paso de la arcilla y de los nódulos pequeños que se consideran inofensivos.

La empresa de cerámicos compacto, decide el control de la distancia de los rodillos de la laminadora, el tamaño de la caliza que ingresa al área de moldeo y el tamaño de caliza que se encuentra en el ladrillo ya terminado.

#### 4.1 Recolección de datos

La recolección de datos fue continua, donde se tomó un lote de 2 000 ladrillos king kong, y nuestro número de ladrillos de muestra es de 140 unidades, a fin de controlar el tamaño de la caliza que ingresa al área de producción. Las principales variables controladas fueron: selección de caliza en la arcilla, rajaduras por volteo de ladrillo, defectos de producción, tamaño de caliza en el ladrillo; rotura de ladrillo por caliza.

En el siguiente Cuadro 4.1, nos indica las diferentes causas de perdida y también por perdida de ladrillo producido con pulverización deficiente de la caliza.

**Cuadro 4.1**  
**Datos de ladrillos desechados sin pulverización de la caliza**

<b>Perdida de 2 000 ladrillos king kong (140 uní de muestra) con pulverización deficiente de la caliza</b>			
<b>Días</b>	<b>Quebrado por el volteo de ladrillo fresco</b>	<b>Defecto de producción</b>	<b>Quebrado por inclusión de caliza</b>
02/05/2016	10	5	125
03/05/2016	14	8	118
04/05/2016	12	6	122
05/05/2016	8	6	126
06/05/2016	10	4	126
07/05/2016	10	12	118
09/05/2016	6	10	124
10/05/2016	12	10	118
11/05/2016	14	16	110
12/05/2016	12	12	116
13/05/2016	18	13	109
14/05/2016	25	14	101
16/05/2016	16	12	112
17/05/2016	19	21	100
18/05/2016	14	18	108
19/05/2016	20	14	106
20/05/2016	10	19	111
21/05/2016	12	14	114
23/05/2016	13	10	117
24/05/2016	10	15	115
25/05/2016	8	18	114
26/05/2016	10	9	121
27/05/2016	12	6	122
28/05/2016	13	12	115
29/05/2016	11	14	115
31/05/2016	10	12	118

Fuente: Elaboración propia



En la siguiente Figura 4.1, nos indica las diferentes causas de pérdidas de ladrillos siendo mayor importancia la pérdida de ladrillos quebrados por la presencia de la caliza con pulverizar deficiente.

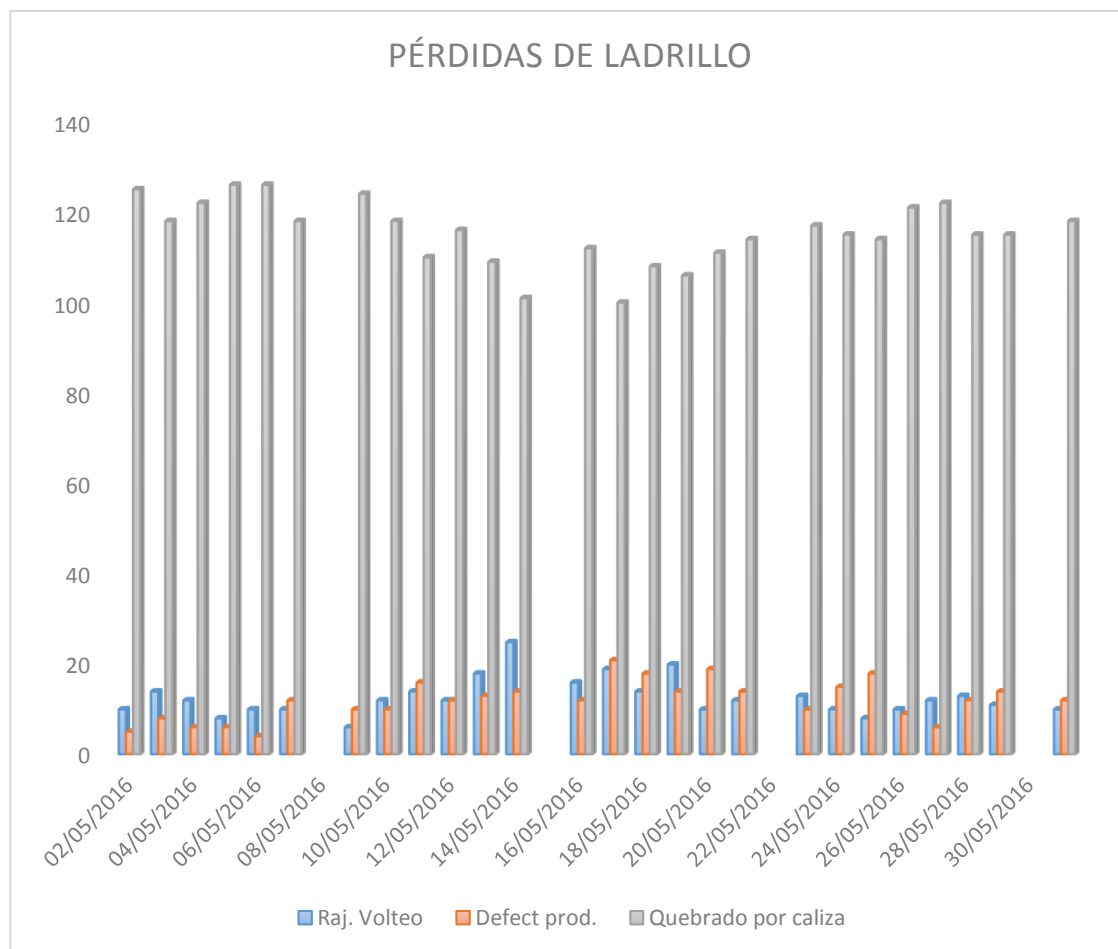


Figura 4.1: Gráfico de ladrillos desechados con pulverización deficiente de la caliza

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente Cuadro 4.2, nos indica las diferentes causas de pérdida y también por pérdida de ladrillo producido con la pulverización de la caliza que se genera por día, de 140 ladrillos king kong de muestra de un de un lote de 2 000 ladrillos king kong.

**Cuadro 4.2**  
**Datos de ladrillos desechados con pulverización eficiente de la caliza**

<b>Perdida de 2 000 ladrillos king kong (140 uní de muestra) con pulverización eficiente de la caliza</b>			
<b>Días</b>	<b>Quebrado por el volteo de ladrillo fresco</b>	<b>Defecto de producción</b>	<b>Quebrado por inclusión de caliza</b>
01/06/2016	8	3	5
02/06/2016	6	4	6
03/06/2016	10	6	6
04/06/2016	2	3	8
06/06/2016	3	6	7
07/06/2016	6	5	10
08/06/2016	10	5	6
09/06/2016	9	7	5
10/06/2016	2	5	5
11/06/2016	4	6	7
13/06/2016	5	3	8
14/06/2016	5	4	5
15/06/2016	8	7	5
16/06/2016	6	5	6
17/06/2016	3	3	8
18/06/2016	7	5	7
20/06/2016	6	4	3
21/06/2016	8	5	4
22/06/2016	6	5	3
23/06/2016	4	3	2
24/06/2016	5	12	3
25/06/2016	6	14	4
27/06/2016	8	3	2
28/06/2016	4	2	4
29/06/2016	5	4	3
30/06/2016	3	2	3

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Figura 4.2, nos indica las diferentes causas de pérdidas de ladrillos siendo mayor importancia la pérdida de ladrillos quebrados por la presencia de la caliza con pulverizar.

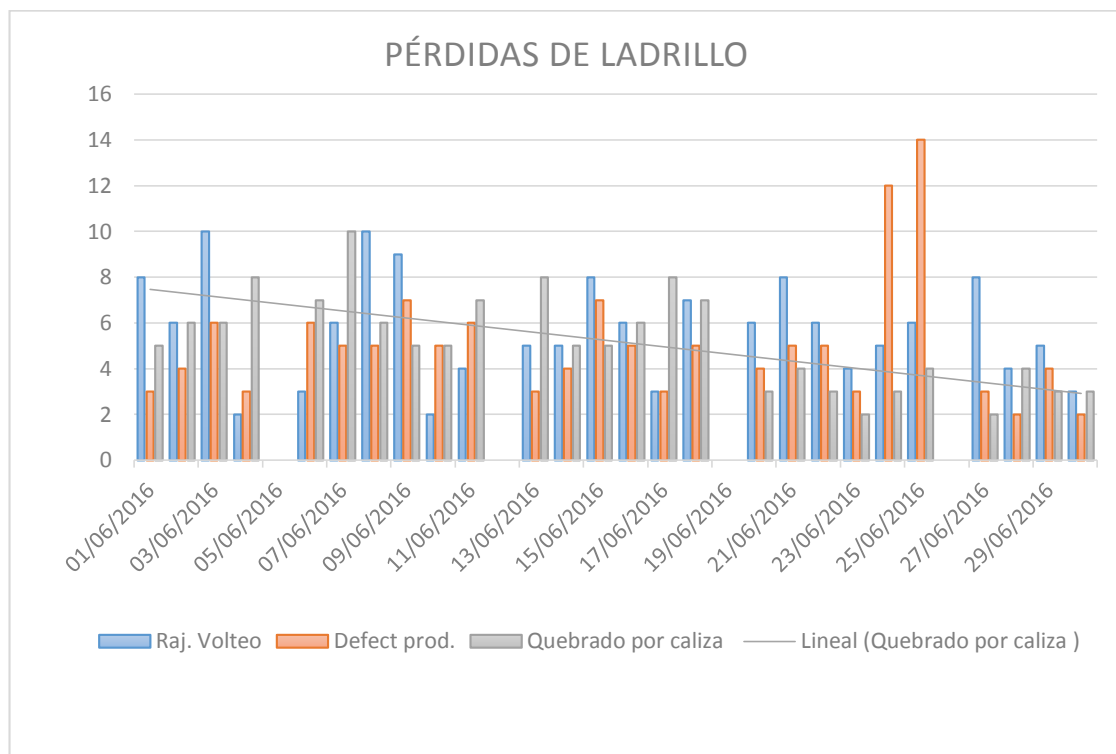


Figura 4.2: Gráfico de ladrillos desechados con pulverización eficiente de la caliza

Fuente: Elaboración propia

### Tamaño de caliza en la arcilla

La presencia de carbonato de calcio (caliza) en la arcilla puede llegar a ser de un orden de un 20 % a 25 %, y la arcilla puede aún ser utilizable para la fabricación de ladrillos siempre que la caliza está íntimamente mezclado con la arcilla. Pero también las cantidades menores de caliza pueden ser perjudiciales cuando se dan en forma de partículas o gránulos de 2 mm a 5 mm de tamaño, que, por la cocción se convierten en cal viva y rebajan notablemente la calidad de ladrillo. En este caso, es bien conocido que la partícula de cal viva se apaga cuando el ladrillo se somete a la simple acción del

aire húmedo o en contacto con el agua, produciéndose un aumento de volumen de la cal viva en su transformación en carbonato y agrietándose el ladrillo.

### **Controlar la extracción de arcilla en la cantera**

En la etapa de extracción del material in-situ, se debe de controlar el carguío de la arcilla con poca presencia de caliza de gran tamaño, de esa manera minimizamos el contenido de caliza en las arcillas, antes de cargar el material a los volquetes. Ver Anexo-03a 16

### **Seleccionar la caliza de gran tamaño en la etapa de pre moldeo**

En esta etapa la arcilla procedente de la cantera es almacenada en la planta, y luego usando caretillas se hace el llenado de la caja alimentadora.

En este proceso de llenado se escoge las piedras de caliza y es separada de forma manual para que no pueda ingresar a la caja alimentadora y posteriormente al área de pre moldeo.

### **Controlar la distancia entre los rodillos de la laminadora**

Esta máquina es muy importante en el área de pre moldeo ya que sirve para la trituración y preparación de la arcilla, se debe de hacer un mantenimiento diario de la máquina y un control de desgaste y la distancia que debe de haber entre los rodillos que debe de ser de 1 mm ver Figura 4.3.

Para el control de la distancia entre los rodillos, primero la maquina debe de estar inoperativa, posteriormente se usa una espátula de metal de 1mm de espesor, luego la espátula es ingresado en la abertura que hay entre los rodillos, si la espátula ingresa ajustadamente significa que la distancia entre los rodillos están a 1 mm, de esa forma se

hace el control de la distancia que hay entre los rodillos, de esa manera se asegura la pulverización de la caliza.

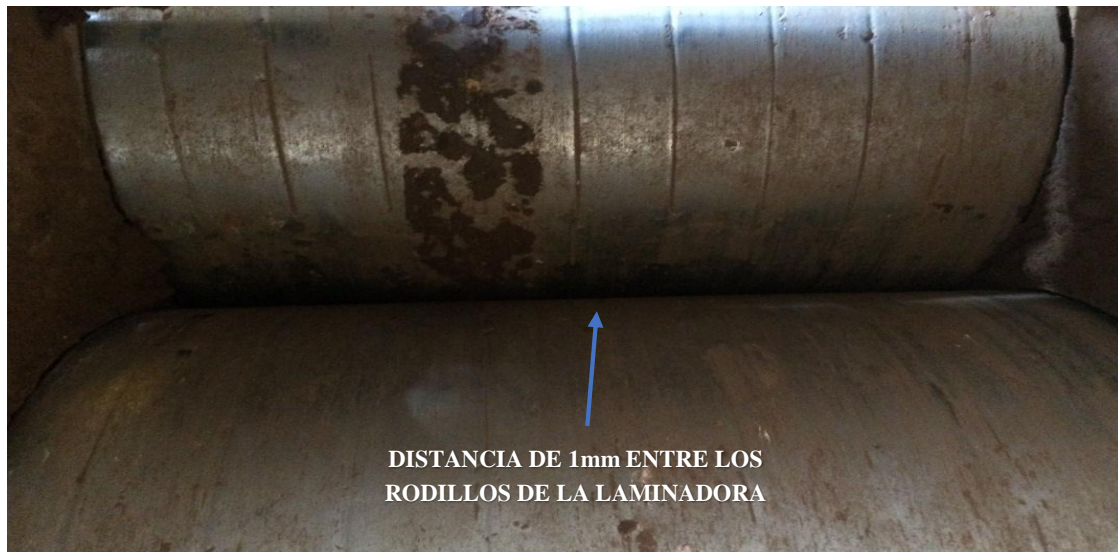


Figura 4.3: distancia de los rodillos a 1mm del laminador

Fuente: Laminadora de la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.

### **Controlar el tamaño de la caliza en el ladrillo ya terminado**

En esta etapa de control se hace la medición con una regla el afloramiento de la caliza en el ladrillo ya terminado, para poder determinar el tamaño de la caliza y la rotura que origina en el ladrillo. F18

#### **4.1.2 Tamaño de la caliza con pulverización deficiente en el ladrillo terminado**

Los datos en el Cuadro 4.3, que se observa hacemos la medida de la caliza sin pulverizar con un escalímetro que nos indica el tamaño de la caliza que se encuentra en el ladrillo ya terminado, se saca la muestra de 140 ladrillos king kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos king kong dentro de esta observación se saca los ladrillos que no presentan rotura y los ladrillos que presentan rotura a causa de la caliza. Ver Anexo-04.

**Cuadro 4.3**  
**Datos del tamaño de la caliza en el ladrillo terminado**

Tamaño de la caliza con pulverización deficiente en el ladrillo terminado					
140 unidades de muestra de un lote de 2000 ladrillos	Acciones a evaluar				
	Tamaño de caliza en el ladrillo			Unidades aceptadas	Unidades rechazadas
	Tamaño $\pm 3$ mm	Tamaño $\pm 4$ mm	Tamaño $\pm 5$ mm		
Lote 1	100	106	98	<b>40</b>	<b>100</b>
Lote 2	110	122	100	<b>55</b>	<b>85</b>
Lote 3	115	128	108	<b>60</b>	<b>80</b>

Fuente: Elaboración propia

**4.1.3 Tamaño de la caliza con pulverización eficiente en el ladrillo terminado**

Los datos en el Cuadro 4.4, que se observa hacemos la medida de la caliza con pulverización eficiente con un escalimetro que nos indica el tamaño de la caliza que se encuentra en el ladrillo ya terminado, se saca la muestra de 140 ladrillos King Kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos king kong dentro de esta observación se sacan los ladrillos que presentan y no presentan rotura por caliza. Ver Anexo-05.

**Cuadro 4.4**  
**Datos del tamaño de la caliza en el ladrillo terminado**

Tamaño de la caliza pulverización eficiente en el ladrillo terminado					
140 unidades de muestra de un lote de 2 000 ladrillos	Acciones a evaluar				
	Tamaño de caliza en el ladrillo			Unidades aceptadas	Unidades rechazadas
	Tamaño $\pm 3$ mm	Tamaño $\pm 4$ mm	Tamaño $\pm 5$ mm		
Lote 1	4	1	0	<b>136</b>	<b>4</b>
Lote 2	3	1	0	<b>137</b>	<b>3</b>
Lote 3	2	0	0	<b>138</b>	<b>2</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.2 Factores dependientes de la maquina laminadora

La laminadora da un proceso importante en el proceso de producción de ladrillos, evita la presencia de piedras, la presencia de grano grueso en las arcillas, y pulveriza los granos gruesos de la caliza, se coloca después del mezclador ver Figura 4.4

El siguiente cuadro se encuentra los datos técnicos de la maquina pulverizadora ver Cuadros 4.5 y 4.6.

**Cuadro 4.5**  
**Datos técnicos de la pulverizadora**

Producción	Diámetro de cilindros	Largo de cilindro	Rotación de los cilindros	peso
Toneladas/hora	mm	mm	Revolución por minuto	kg
4	500	700	240-170	2 000

Fuente: Elaborado en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.

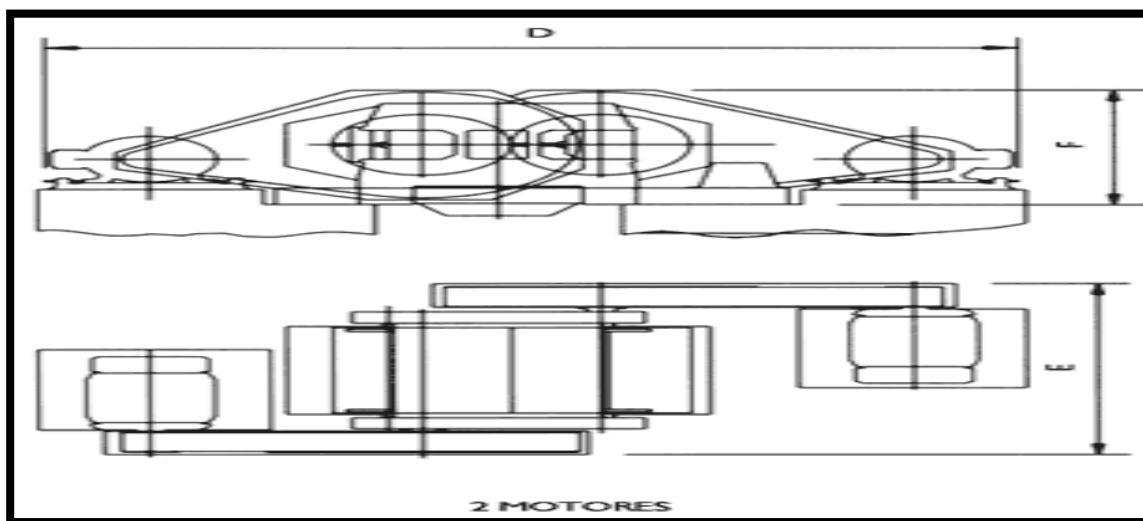


Figura 4.4: Vistas de la laminadora pulverizadora20

Fuente: [www.bonofati.com.br](http://www.bonofati.com.br)

**Cuadro 4.6**  
**Dimensión de la laminadora pulverizadora**

Dimensión en milímetros (mm) de la laminadora		
D	E	F
2 000 mm	1 000 mm	1 050 mm

Fuente: Elaborado en la Industria de Cerámicos Compacto S.R.L.

### 4.3 Discusión técnica

En la planta de producción se obtuvo las características del ladrillo elaborado con caliza pulverizada versus caliza no pulverizada.

En esta comparación nos permite realizar un estudio de calidad del producto, que consta con el tamaño de afloramiento de la caliza en el ladrillo que genera fisuras y resquebrajamiento del ladrillo ya elaborado.

En el Cuadro 4.7, indica la cantidad y su porcentaje de ladrillos aceptados y ladrillos desechados elaborados sin pulverización de la caliza de una muestra de 140 ladrillos king kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos king kong.

**Cuadro 4.7**  
**Resultados de la cantidad de ladrillos elaborados con pulverización deficiente de la caliza en la arcilla.**

Muestra 140 ladrillos de un lote de 2 000 ladrillos king kong	CANTIDAD (unidades)	
	Aceptado	Desechado
1	40	100
2	55	85
3	60	80
<b>total</b>	<b>155</b>	<b>265</b>
<b>porcentaje</b>	<b>37%</b>	<b>63%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, es un gráfico que muestra y el porcentaje de ladrillos desechados y ladrillos aceptados elaborados sin pulverización de la caliza de una muestra de 140 ladrillos king kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos king kong, donde los ladrillos desechados a causa de la caliza es de un 63 %, y un 37 % de ladrillos aceptado dando a conocer una gran pérdida de ladrillos king kong.



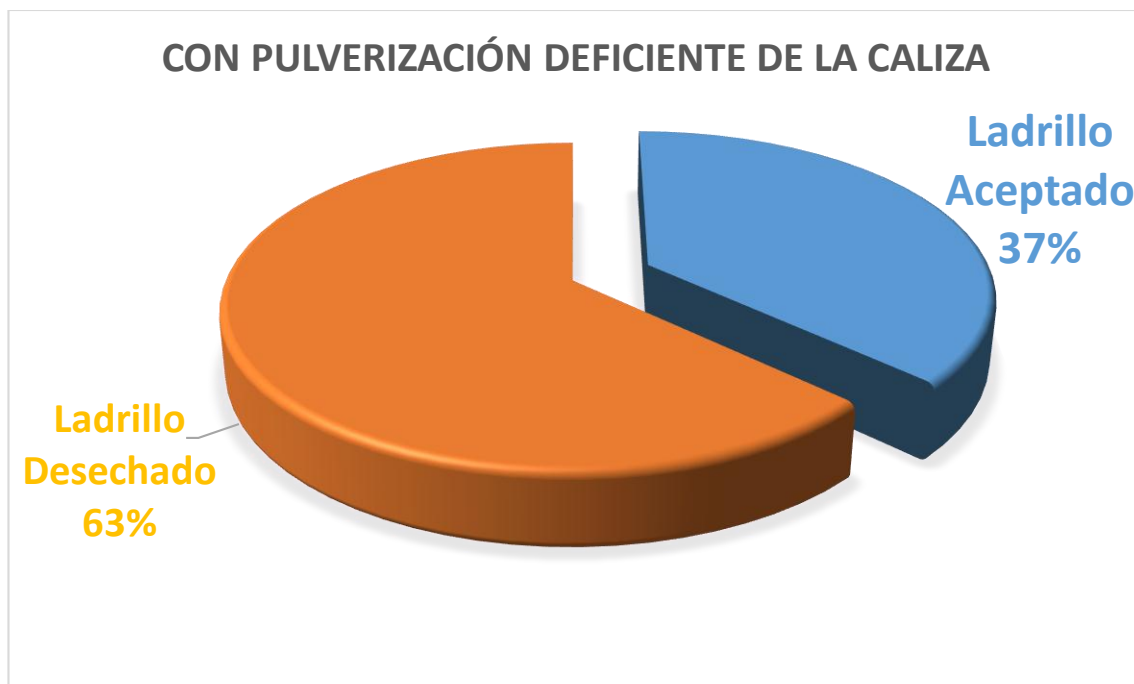


Figura 4.5: Porcentaje de ladrillos desechados con pulverización deficiente de la caliza

Fuente: Elaboración Propia

El Cuadro 4.8, nos indica la cantidad y su porcentaje de ladrillos aceptados y ladrillos desechados elaborados con pulverización de la caliza de una muestra de 140 ladrillos King Kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos king kong.

**Cuadro 4.8**  
**Resultados de la cantidad de ladrillos elaborados con pulverización eficiente de la caliza en la arcilla.**

Muestra 140 ladrillos de un lote de 2 000 ladrillos king kong	CANTIDAD unidades	
	Aceptado	Desechado
1	136	4
2	137	3
3	138	2
<b>total</b>	<b>411</b>	<b>9</b>
porcentaje	<b>98%</b>	<b>2%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, es un gráfico que muestra el porcentaje de ladrillos desechados y ladrillos aceptados elaborados con pulverización de la caliza de una muestra de 140 ladrillos King Kong sacados de un lote de 2 000 ladrillos King Kong, donde los ladrillos desechados a causa de la caliza es de un 2 %, y un 98 % de ladrillos aceptado dando a conocer una gran pérdida de ladrillos king kong.

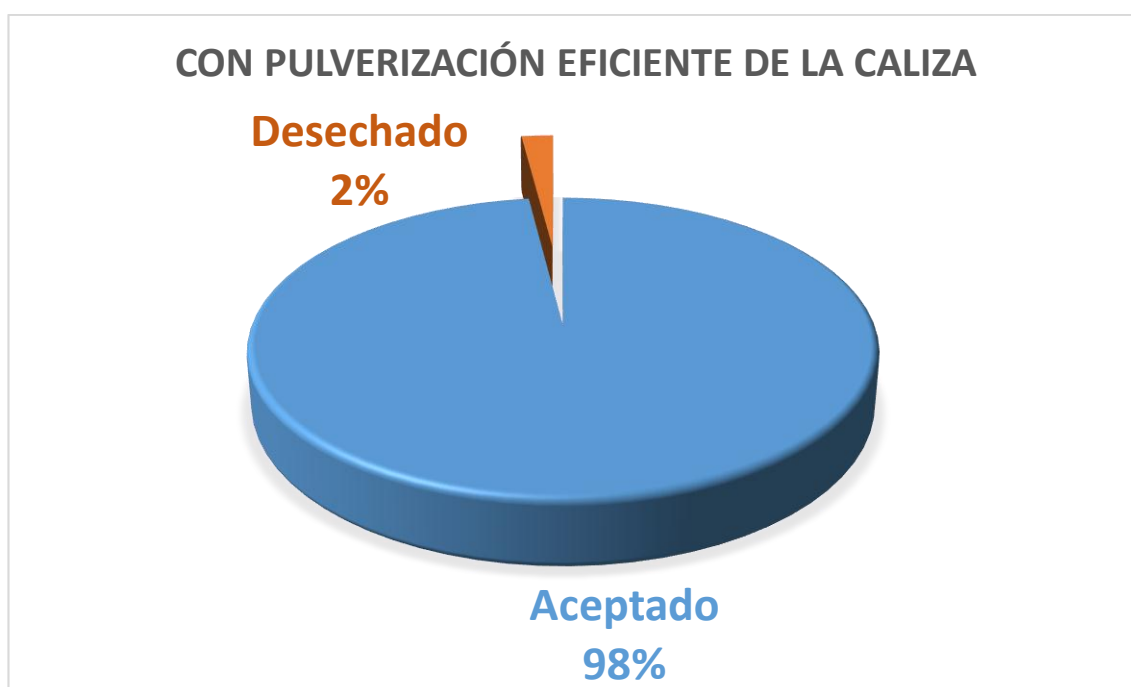


Figura 4.6: Porcentaje de Ladrillos desechados con pulverización eficiente de la caliza

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Discusión económica

La implementación de una supervisión adecuada en el proceso de producción y en el control de la caliza, disminuye considerablemente la rotura en el ladrillo por caliza, haciendo una comparación de cantidad y costos de 1 000 ladrillos producidos sin control ni pulverización se perdía aproximadamente 392 ladrillo con una pérdida

económica de S/192.00 soles, con control de la pulverización de la caliza la pérdida aproximadamente es de 22 ladrillos con una pérdida económica de S/ 11.00 soles.

La recuperación aproximadamente de 370 ladrillos con una utilidad de S/180.00 soles por millar.

Por lo cual se calculará el costo de energía que consume la laminadora, con el uso de dos motores uno de 10 amperios y el otro de 15 amperios, así se realizara la pulverización de la caliza para la producción de 1 000 ladrillos King Kong en un tiempo de 0,75 horas.

$$P = U \times I$$

Usaremos la siguiente formula:

P: Potencia en watts

U: Tensión en voltios

I: Corriente en amperios

$$P = 220V \times 25 \text{ Amperios}$$

$$P = 5\,500 \text{ watts} / 1\,000\text{watts} = 5,5 \text{ kW}$$

El tiempo de pulverización de la arcilla para la producción de 1 000 ladrillos es de 0.75 horas, de tal manera se calcula cuantos kilowatts hora consume la laminadora.

$$5,5 \text{ kW} \times 0,75 \text{ Horas} = 4,12 \text{ kW. Hora}$$

Para hallar el costo por kW. Hora nos basamos en el recibo de electro puno, siendo el costo en soles de S/ 0,5658 Kw. Hora.

$$4.12 \text{ kW. Hora} \times S/.0.5658 = S/. 2.33 \text{ kW. Hora}$$

En el Cuadro 4.9, indica el costo en soles para producir 1 000 ladrillos en cada etapa y el costo de combustible que se usa para su producción.

**Cuadro 4.9**  
**Análisis de gasto por etapa**

	<b>Con pulverización deficiente</b>	<b>Con pulverización eficiente</b>
<b>Gasto por cada 1 000</b>	<b>Precio en soles</b>	<b>Precio en soles</b>
materia prima	S/. 90.00	S/. 90.00
Costo aproximado de la laminadora de pulverización	S/ 2.30	S/ 2.33
pre moldeos	S/. 8.00	S/. 7.67
moldeo	S/. 25.00	S/. 25.00
carga	S/. 50.00	S/. 50.00
horneado	S/. 33.00	S/. 33.00
combustibles	S/. 100.00	S/. 100.00
mantenimiento	S/. 50.00	S/. 50.00
descargado	S/. 50.00	S/. 50.00
supervisión		<b>S/. 50.00</b>
gastos fijos	S/. 40.00	S/. 40.00
mano de obra	S/. 42.00	S/. 42.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 490.00</b>	<b>S/. 540.00</b>
precio c/u	<b>S/. 0.49</b>	<b>S/. 0.54</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 4.10, es un análisis de costos por ladrillo que presenta rotura sin pulverización de la caliza y los que no presenta rotura debido a la pulverización de la

caliza logrando reducir las roturas en el ladrillo pulverizando la caliza, de esa manera disminuye las pérdidas de ladrillo a causa de la caliza.

**Cuadro 4.10**  
**Análisis de la pérdida de ladrillo y margen de costos por ladrillo**

<b>CON PULVERIZACION DEFICIENTE DE LA CALIZA</b>		<b>CON PULVERIZACION EFICIENTE DE CALIZA</b>	
<b>ladrillo con rotura</b>	<b>costo c/u S/.0.49</b>	<b>ladrillo con rotura</b>	<b>costo c/u S/ 0.54</b>
<b>392</b>	<b>S/. 192.08</b>	<b>22</b>	<b>S/. 11.88</b>
<b>ladrillo sin rotura</b>	<b>costo c/u S/.0.49</b>	<b>ladrillo sin rotura</b>	<b>costo c/u S/ 0.54</b>
<b>608</b>	<b>S/. 297.92</b>	<b>978</b>	<b>S/. 528.12</b>

<b>RECUPERACION DE CADA 1 000 LADRILLO CON EL CONTROL Y LA PULVERIZACION DE LA CALIZA</b>	
<b>ladrillo sin rotura</b>	<b>utilidad</b>
<b>370</b>	<b>S/. 180.20</b>

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Mediante el control de nódulos de caliza y la pulverización de la caliza en el contenido de la arcilla se ha reducido la rotura del ladrillo a causa de la caliza de un promedio de 3 lotes de 2 000 ladrillos king kong donde cada lote se tomaron 120 muestras donde se concluye que la pérdida de ladrillos disminuye de 155 ladrillos a 9 ladrillos de pérdida.
- En la etapa de extracción de la arcilla se ha controlado la presencia de caliza de gran tamaño de esa manera se ha disminuido la cantidad de caliza en las arcillas, luego almacenado en planta se hace una selección de la caliza de forma manual durante la preparación de la materia prima para su producción, de esa manera se reduce la cantidad de caliza en la arcilla.
- Mediante la supervisión y el control en distancia entre los rodillos a 1 mm de la laminadora de esa manera se asegura la pulverización de la caliza en las arcillas por lo cual se reduce las roturas del ladrillo a causa de la caliza de 37 % a 2 % de pérdida.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda una supervisión en cada etapa de la producción y el control del ingreso de la caliza en las arcillas tanto en el carguío que se hace en cantera como en el llenado de caja alimentadora, para disminuir la presencia de caliza en las arcillas.
- Se recomienda un control y supervisión del espacio entre los rodillos de la laminadora y el desgaste, de esa manera se asegura la pulverización de la caliza que ingresa al área de moldeado del ladrillo, y de esa forma evitar las roturas que genera los nódulos mayores de 2 mm de caliza.
- Se sugiere continuar con este tipo de proyectos orientados a mejorar la industria no metálica del país con el fin de mejorar con la calidad de los productos cerámicos como el ladrillo mecanizado.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Besoain, E. (1985). *Mineralogía de arcillas de suelos*. Costa Rica: IICA.
- Bustamante, R. (2007). terminos relacionados con la patología y restauración de.  
*recopar* , 04.
- Clews, F. (1969). *Heavy clay technology*. New York: Academic Press.
- Del Busto, A. (1991). *La arcilla aplicada en la industria de la construcción para la  
fabricación de ladrillos y acabados cerámicos*. Lima: Colegio de Ingenieros del  
Perú.
- Del Rio, J. (1975). *Materiales de Construcción*. Barcelona : Juan Brugger.
- Fernandez, C. S. (2016). Que son los caliches? *patologia + rehabilitacion +  
construccion* , 01.
- Gallegos, H. (2005). *Albañilería estructural*. Peru: editorial PUCP.
- Garcia, F. J. (2011). Ejecucion de Fabricas a Cara Vista. *INNOVA* , 30.
- Hamilton, D. (1989). *Alfarería y Cerámica*. España: Ediciones CEAC.
- Huntington, E. (1987). *Building Construction: Materials and types of construction*.  
Australia : John Wiley & Sons.
- Industrial, O. d. (1970). *Establecimiento de industrias y ladrillos de ladrillos y tejas en  
los países en desarrollo*. New York: Naciones Unidas.
- Kohl, A. &. (1975). *Tratado moderno de albañilería*. Barcelona : Jose Monteso.
- mexicana, S. g. (1964). *Arcilla, clasificación, identificación usos y especificaciones  
industriales*. México.



- Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. España : Ediciones CEAC.
- Peruana, N. T. (2003). *Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. (NTP 331.017:2003)*. Lima: INDECOPI.
- Reberte, P. (1946). *la industria ladrillera*. barcelona: gustabo gili S.A.
- Rhodes, D. (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. España : Ediciones CEAC.
- Schneider, R. &. (1980). *Reinforced masonry design*. New York: Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series.
- Somayaji, S. (2001). *civil engineering materials*. New Jersey: Prentice Hall.
- VERDUSH, A. (1963). *Roturas de ladrillo por inclusion de caliza*. Barcelona.

## WEB GRAFÍA

[http:// www.bonfanti.com.br](http://www.bonfanti.com.br)

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10945/2.%20ESTUDIO%20PLANIFICACION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

<http://boletines.secv.es/upload/196302253.pdf>

<https://www.patologiasconstruccion.net/2016/04/que-son-los-caliches/>

[http://www.construmatica.com/construpedia/Patolog%C3%ADas\\_en\\_Ladrillos](http://www.construmatica.com/construpedia/Patolog%C3%ADas_en_Ladrillos)

## **ANEXOS**

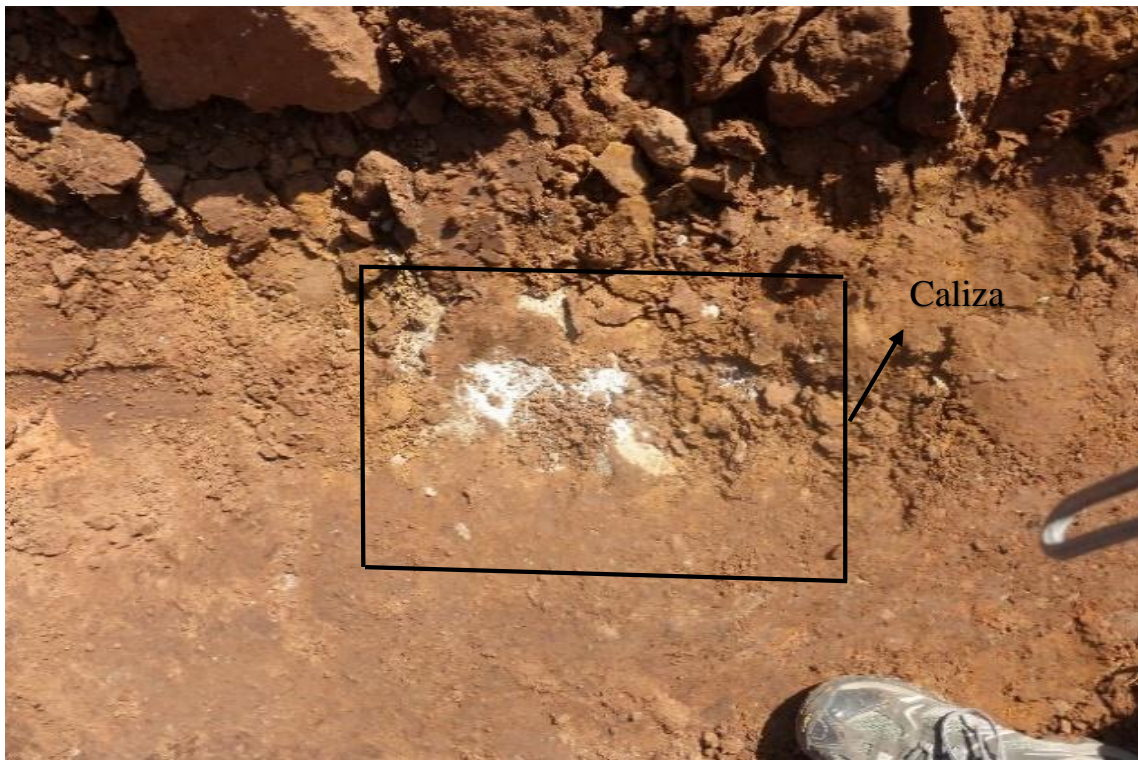
ANEXO-01: EXTRACCIÓN Y CARGUÍO DE LA ARCILLA



ANEXO 02: UBICACIÓN DE LA PLANTA DE CERÁMICOS COMPACTO S.R.L



ANEXO 03: AFLORAMIENTO DE LA CALIZA EN LA CANTERA ILO ILO



ANEXO 04: TAMAÑO DE LA CALIZA CON PULVERIZACIÓN DEFICIENTE EN EL LADRILLO TERMINADO



ANEXO 05: TAMAÑO DE LA CALIZA CON PULVERIZACIÓN EFICIENTE EN  
EL LADRILLO TERMINADO

