



*Caracterización del Material Presente en la Mina de la Comunidad Sucre como Material Alternativo para la Fabricación de Bloques Tipo Ladrillo con Pet*

*Characterization of the Material Present in the Sucre Community Mine as an Alternative Material for the Manufacture of Brick-Type Blocks with Pet*

*Caracterização do Material Presente na Mina Comunitária de Sucre como Material Alternativo para Fabricação de Blocos Tipo Tijolo com Pet*

Diego Fernando Mayorga-Pérez<sup>I</sup>  
[diego.mayorga@esPOCH.edu.ec](mailto:diego.mayorga@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2727-942X>

José Luis Pérez-Rojas<sup>II</sup>  
[jose.perezl@esPOCH.edu.ec](mailto:jose.perezl@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8958-5556>

Isidoro Enrique Tapia-Segarra<sup>III</sup>  
[itapia@esPOCH.edu.ec](mailto:itapia@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-5569-7146>

Juan José Flores-Fiallos<sup>IV</sup>  
[juan.flores@unach.edu.ec](mailto:juan.flores@unach.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0977-8869>

Gloria Esthefanía Miranda-Torres<sup>V</sup>  
[stefatorres\\_96@hotmail.com](mailto:stefatorres_96@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-2397-4794>

Alex Darío Sánchez-Paredes<sup>VI</sup>  
[alexdariosanchez1447@outlook.com](mailto:alexdariosanchez1447@outlook.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-2512-0159>

**Correspondencia:** [diego.mayorga@esPOCH.edu.ec](mailto:diego.mayorga@esPOCH.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 02 de enero de 2022 \***Aceptado:** 22 de enero de 2022 \* **Publicado:** 16 de febrero de 2022

- I. Ingeniero Mecánico, Magister en Seguridad y Prevención de riesgos del Trabajo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- II. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Master Universitario en Ingeniería Matemática y Computación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- III. Ingeniero Mecánico, Magister en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos Laborales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Ingeniero Mecánico, Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- V. Investigador Independiente, Ecuador.
- VI. Investigador Independiente, Ecuador.

## Resumen

Los aluminosilicatos son uno de los componentes más abundantes de la superficie terrestre, contienen varios constituyentes formados por la erosión de rocas y sedimentos, sus usos y propiedades dependen de su estructura y composición. Son de gran interés, para distintas aplicaciones que van desde la parte cosmética, fabricación de bloques hasta el uso como nanomateriales para la remoción de contaminantes. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el material presente en la mina Sucre perteneciente a la provincia de Tungurahua y aplicarlo para la fabricación de bloques con pet. Se tomó una muestra puntual, el material fue tratado para la eliminación de materia orgánica, posteriormente la muestra tratada fue analizada por difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de energía dispersiva de rayos X y fluorescencia de rayos X. El análisis por difracción de rayos X mostró la presencia en mayor porcentaje de: cuarzo (33.7%), illita (31,74%) y dolomita (19.69%) además de otros componentes en pequeños porcentajes: puzolana amorfa, calcita, flogopita, andesina, hematita y hornblenda.

De acuerdo a diversos estudios realizados sobre las propiedades físicas y mecánicas de materiales de construcción reforzados con plásticos reciclados, se ha determinado que la adición de estos residuos le confiere mejoras en ciertas propiedades importantes; por ejemplo: Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima.

Debido a que estos residuos son malos conductores del calor, proveen una excelente aislación térmica, superior a la de otros cerramientos. Tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente antisísmica. Poseen buena resistencia al fuego y presentan una resistencia acústica superior a los ladrillos y bloques comunes.

**Palabras claves:** Caracterización; Tungurahua (provincia); bloques de construcción; Flexión; compresión; Pet.

## Abstract

Aluminosilicates are one of the most abundant components of the earth's surface, they contain several constituents formed by the erosion of rocks and sediments, their uses and properties depend on their structure and composition. They are of great interest, for different applications ranging

from the cosmetic part to the use as nanomaterials for the elimination of contaminants. The objective of this research was to identify the material present in the and apply it for the manufacture of blocks with pet. A punctual sample was taken, the material was treated for the elimination of organic matter, subsequently the treated sample was analyzed by X-ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM), X-ray energy dispersive spectroscopy and X-ray fluorescence. X-ray diffraction analysis showed the presence in a higher percentage of: quartz (33.7%), illite (31.74%) and dolomite (19.69%) as well as other components in small percentages: amorphous pozzolan, calcite, phlogopite, andesine, hematite and hornblende.

According to various studies carried out on the physical and mechanical properties of construction materials reinforced with recycled plastics, it has been determined that the addition of these residues confers improvements in certain important properties; for example: Bricks, blocks and plates made with recycled plastics are light due to the low specific weight of the raw material.

Because these residues are poor conductors of heat, they provide excellent thermal insulation, superior to that of other enclosures. They have a lower resistance than other traditional construction elements, but enough to be used as enclosures for houses with an independent anti-seismic structure. They have good fire resistance and have superior acoustic resistance to common bricks and blocks.

**Keywords:** Characterization; Tungurahua (province); building blocks; bending; compression; Pet.

## Resumo

Os aluminossilicatos são um dos componentes mais abundantes da superfície terrestre, contêm vários constituintes formados pela erosão de rochas e sedimentos, seus usos e propriedades dependem de sua estrutura e composição. São de grande interesse para diversas aplicações que vão desde cosméticos, fabricação de blocos até o uso como nanomateriais para remoção de contaminantes. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o material presente na mina de Sucre pertencente à província de Tungurahua e aplicá-lo para a fabricação de blocos com pet. Uma amostra pontual foi coletada, o material foi tratado para remoção de matéria orgânica, então a amostra tratada foi analisada por difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia dispersiva de energia de raios X e fluorescência de raios X. a análise de difração mostrou a presença em maior porcentagem de: quartzo (33,7%), ilita (31,74%) e dolomita

(19,69%) além de outros componentes em pequenas porcentagens: pozolana amorfa, calcita, flogopita, andesina, hematita e hornblenda.

De acordo com vários estudos realizados sobre as propriedades físicas e mecânicas dos materiais de construção reforçados com plásticos reciclados, foi determinado que a adição destes resíduos confere melhorias em algumas propriedades importantes; por exemplo: Tijolos, blocos e placas feitos com plástico reciclado são leves devido ao baixo peso específico da matéria-prima.

Por serem maus condutores de calor, esses resíduos proporcionam um excelente isolamento térmico, superior ao de outros invólucros. Têm uma resistência inferior a outros elementos construtivos tradicionais, mas suficiente para serem utilizados como invólucros de habitações com estrutura anti-sísmica independente. Possuem boa resistência ao fogo e resistência acústica superior aos tijolos e blocos comuns.

**Palavras-chave:** Caracterização; Tungurahua (província); blocos de construção; Flexão; compressão; Bicho de estimação.

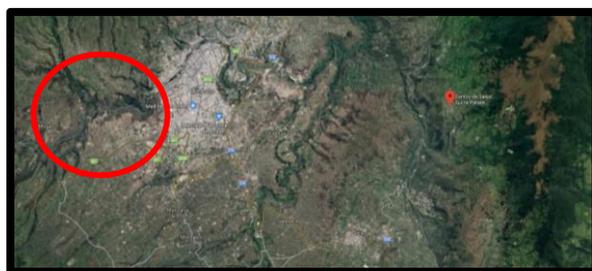
## Introducción

Los aluminosilicatos son materiales que conforman las rocas de la corteza terrestre, están formados por óxidos de silicio, aluminio y otros compuestos de oxígeno como carbonatos en cantidades mínimas, al ser abundantes son baratos y constituyen la base del gran porcentaje de productos en la industria, debido a sus propiedades como hidratación, buena capacidad de adsorción, intercambio iónico entre otros.

En esta investigación se plantea caracterizar el material presente, se podrá determinar el mineral que está presente en la mina, el cual beneficiará a la comunidad perteneciente a la zona antes mencionada, ya que la población del sector tendrá conocimiento del tipo de material que ellos poseen, y podrán darle una aplicación; esto generará beneficios económicos y creará fuentes de trabajo, mediante la aplicación de este recurso y su explotación del yacimiento.

Además de la fabricación de ladrillos conformados por este material y Polietileno Teraftalato (PET) tiene muchas aplicaciones ya que los plásticos pueden ser empleados en la fabricación de una gran variedad de productos gracias a sus excelentes propiedades: baja densidad que permite la fabricación de objetos ligeros, fácil moldeo para adquirir formas variadas rígidas o flexibles, gran resistencia a la corrosión y degradación, reducción de conductividad térmica y eléctrica, entre otros.

Para llegar a una resistencia óptima la mezcla se debe secar lentamente ya que tiene una pequeña parte de Cemento. Por ello se etiquetó todos los bloques de acuerdo a las distintas proporciones de material que contiene la mezcla para ello se utilizó la nomenclatura explicada anteriormente. Luego de transcurrir un día se retiró los moldes con mucho cuidado ya que los bloques aún no estaban secos completamente pero ya mantenían la forma dada por el molde, además se requirió regar agua todos los días para que el secado sea lento y el bloque obtenga la máxima resistencia. El material es obtenido de la Comunidad Sucre del cantón Patate, provincia de Tungurahua, Ecuador.



**Figura 1.** Mapa Georeferencial.

La extracción se la realiza a mano con instrumentos como palas picos es un material que se encuentra en la montaña y es de fácil acceso para las personas de la comunidad.



**Figura 2.** Recolección de Muestras

## Marco Teórico Referencial

### ZEOLITAS

Las Zeolitas o Ceolitas son minerales aluminosilicatos microporosos. Destacan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse de un modo reversible. Hasta octubre de 2012 se han identificado 206 tipos de zeolitas según su estructura, de los que más de 40 son naturales; los restantes son sintéticos. Las zeolitas naturales se encuentran, tanto en rocas sedimentarias como en volcánicas y metamórficas.

Los átomos de aluminio y silicio que forman la estructura de las zeolitas tienen una coordinación tetraédrica entre ellos, a través de átomos de oxígeno compartidos por ambos.

Las zeolitas tienen una composición similar a la de las arcillas, que también son aluminosilicatos porosos, pero existe una gran diferencia en su estructura cristalina, ya que las arcillas presentan una estructura basada en el apilamiento de planos de iones, oxígeno e hidroxilos, en la que los grupos tetraédricos se unen, compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita, que constituyen la unidad fundamental.

#### ZEOLITAS NATRALES Y SINTETICAS

Existen en la naturaleza numerosos tipos de zeolitas. Se han contabilizado más de 60 clases distintas que han surgido de manera natural. Pero en los laboratorios se han sintetizado muchas más clases a lo largo del tiempo que se llevan estudiando estos cristales. Hoy en día se siguen descubriendo zeolitas de origen natural, y a la vez se sigue trabajando en los laboratorios para sintetizar nuevas zeolitas acordes a las nuevas necesidades que puedan surgir a los químicos alrededor del mundo.

Todas y cada una de ellas, naturales o sintéticas, tienen una estructura única. En este sentido es muy importante conocer qué características posee cada zeolita para poder elegir las adecuadas para determinadas necesidades. Una de las diferencias entre las zeolitas originadas naturalmente y las zeolitas sintéticas es que éstas son sintetizadas a partir de reactivos químicos consumiendo energía, mientras que las naturales se originan a partir de la deposición de cuerpos minerales de origen volcánico en lagos cuyas aguas tuvieran contenido alcalino otra diferencia es que las zeolitas sintéticas se descomponen en un medio ligeramente ácido, mientras que las zeolitas naturales tienen más resistencia a medios ácidos.

#### ALUMINOSILICATO

Son compuestos minerales constituidos principalmente por óxidos de silicio y aluminio con cationes como calcio, potasio, sodio, etc. Su estructura consiste en un ordenamiento tridimensional de tetraedros  $MO_4$  (M puede ser Al o Si), se unen compartiendo átomos de oxígeno hasta formar una red tridimensional, pueden ser de origen natural o artificial y su composición química es variable.

Los aluminosilicatos son complejos de los filosilicatos hidratados como aluminio que presentan plasticidad al humedecerse, en su estructura a nivel químico les otorga elevada área superficial y alta capacidad de adsorción e intercambio de iones características ideales para tratamientos sostenibles y económicos.

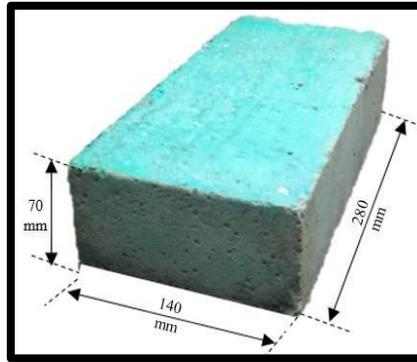
### FABRICACIÓN DE LADRILLOS COMUNES

Los ladrillos cocidos son componentes artificiales que se obtienen exponiéndolos a la acción del fuego directo, una vez hechos y secados a la sombra. Su color rojo es debido al óxido de hierro en el suelo que se usa para su fabricación.

La tierra mezcla con aserrín o tamo de trigo, cebada o arroz, (paja y polvo que queda después de la trilla), después de obtener una mezcla homogénea se agrega agua, al ser artesanal se lo realiza a mano entre varias personas, caballos o de manera más automatizada con máquinas. Al tener una pasta de consistencia homogénea, se inicia el moldeo de los mimos, en moldes tipo cajón sin fondo de 8\*2 espacios rectangulares (ladrillos) llamados adoberas, este trabajo se realiza generalmente a mano, rara vez con máquinas apropiadas. Se estima que pueden realizar 2500 ladrillos por día.

Al sacarlos de los moldes, se disponen en hileras, en la sombra, para secarlos durante 3 días antes de llevarlos a hornos improvisados (hechos con los mismos ladrillos crudos) al aire libre en forma de pirámides truncadas con espacio para el combustible, durante 1 o 2 días a fuego vivo, cuando este termina se deja enfriar los ladrillos durante 15 días dentro de los mismos hornos. Este tiempo varía según las condiciones ambientales.

Los moldes por lo general se utilizan de 28\*14\*7 cm, pero las medidas generalmente de los ladrillos al salir del horno son de aproximadamente 26\*11\*6 cm debido a la reducción del meterla (alrededor del 20% al 30%) al someterlo al calor constante.



**Figura 3.** Diseño de Ladrillo

La operación de la cocción se hace también en hornos circulares de fuego continuo, sistema Hoffman, los que permiten hacer la cocción sin interrupción, y descargar un compartimento, mientras que los demás funcionan. El tamaño de los ladrillos comunes, que se fabrican en el país, es de 26,5 a 27 cm. de largo por 11 a 13 cm. de ancho 5 a 5,5 cm. de espesor.

### **Metodología**

La muestra tomada en el trabajo de campo, se aplicaron las diferentes técnicas de análisis, eliminando contenido de humedad, carbonatos y materia orgánica, se determinó el tamaño de partícula mediante tamizaje y granulometría por hidrómetro. La identificación del aluminosilicato a través de la difracción de rayos X, la obtención de imagen de la muestra y la composición química de la fracción del mineral a través del microscopio electrónico de barrido, a más de esto mediante el equipo fluorescencia de rayos X se obtuvo la composición en función de óxidos en la muestra, los resultados de todos estos análisis son presentados en secuencia de acuerdo a su realización.

### **Toma de Muestra**

Para la toma y recolección de muestra de los aluminosilicatos de la mina Sucre, se tomó como referencia de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695:2010 del Apéndice X Exploración de Fuentes Potenciales de Áridos.

### **Secado**

Se realizó mediante el método ASTM D4959, el cual cubre los procedimientos para determinar el contenido de agua de los suelos mediante el secado con calor directo como el uso de una placa calefactora, estufa, soplete, etc.

### **Eliminación de Agentes Cementantes**

Debido a los factores que influyen en la identificación de los aluminosilicatos la muestra es sometida a tratamientos previos para eliminar agentes cementantes y componentes amorfos, el cual incluye eliminación de humedad, carbonatos y materia orgánica. La eliminación de estos agentes es importante ya que evitan una dispersión adecuada, reducen la intensidad de las líneas de difracción de los minerales, evitan una orientación adecuada de los minerales laminares cuando se preparan agregados orientados, incrementan la difusión de los rayos X en la muestra analizada y disminuyen la intensidad del haz primario.

### **Proceso de Elaboración de los Bloques**

#### *Elaboración de la Mezcla*

Se realizaron mezclas hasta obtener un bloque que visualmente se vea bien en consistencia y posterior mente que resista a pruebas de resistencia aplicando un método empírico, para así seguir descartando posibilidades de mezcla.

Para iniciar la mezcla se procedió a cernir la arena con un tamiz fino, esto para que la mezcla sea homogénea y no exista grumos gruesos de arena o quizá piedras. Posterior mente se utilizó la tarrina como unidad de medida y de acuerdo con la mezcla que se deseaba obtener se colocó la cantidad en número de tarrinas tanto de arena, cemento y PET.

Posteriormente se realizó la mezcla de los materiales sin agregar agua, esto para obtener una muestra completamente homogénea y sin grumos del mismo material, ya una vez que se haya mezclado muy bien los materiales en seco se procedieron a agregar agua hasta llegar a una consistencia viscosa-húmeda, ya que no se debe agregar mucha agua.



**Figura 4.** Mezcla de bloques

### *Compactación de los bloques*

Para compactar los bloques con la mezcla se utilizó moldes de madera con las medidas ya establecidas anteriormente según la norma. Se inició poniendo aceite quemado en las paredes de los moldes que van a tener contacto con el material, el aceite quemado sirve como un antiadherente de la mezcla con la del material de los moldes, en este caso madera.

Posteriormente se procedió a colocar el material ya en los moldes, y se los compactaba con ayuda de un mortero improvisado para que no existan porosidades dentro del bloque y para que el material llene completamente el molde de esquina a esquina.



**Figura 5.** Compactación de bloques

Finalmente se utilizó una regleta para igualar el material y que no exista sobrantes en la parte superior, llegando así a una homogeneidad visual.

### *Etiquetado y secado de los lotes de bloques.*

Para llegar a una resistencia óptima la mezcla se debe secar lentamente ya que tiene una pequeña parte de Cemento. Por ello se etiquetó todos los bloques de acuerdo a las distintas proporciones de material que contiene la mezcla para ello se utilizó la nomenclatura explicada anteriormente.

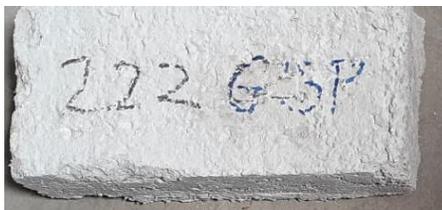
Luego de transcurrir un día se retiró los moldes con mucho cuidado ya que los bloques aún no estaban secos completamente pero ya mantenían la forma dada por el molde, además se requirió regar agua todos los días para que el secado sea lento y el bloque obtenga la máxima resistencia.



Figura 6. Bloques obtenidos

En el proceso de fabricación de bloques se hicieron.

2 tarrinas de material de color roja  
2 tarrinas de cemento  
2 tarrinas de PET triturado



2 tarrinas de material de color blanca  
2 tarrinas de cemento  
2 tarrinas de PET triturado



### Análisis de los Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de la muestra.

La siguiente técnica es de análisis de microscopía electrónica de barrido, los análisis fueron analizados en magnificación de X1500, X1900. Se evaluó las características morfológicas de la muestra, donde su tamaño de partícula oscila entre 4,53 a 4,97  $\mu\text{m}$  y en las cuales se puede apreciar

en la magnificación más amplia un aglomerado de partículas debido que durante el proceso de secado las partículas tienden a unirse nuevamente siendo este el motivo por el cual no se puede visualizar de mejor manera, sin embargo, se observa la superficie irregular y alisada de algunas partículas con terminaciones puntiagudas características del cuarzo (Fig. 1).

En la magnificación X1900 se puede observar a las illitas (Fig. 7), se presentan como hojuelas dispuestas al azar y no presentan apilamiento entre ellas.

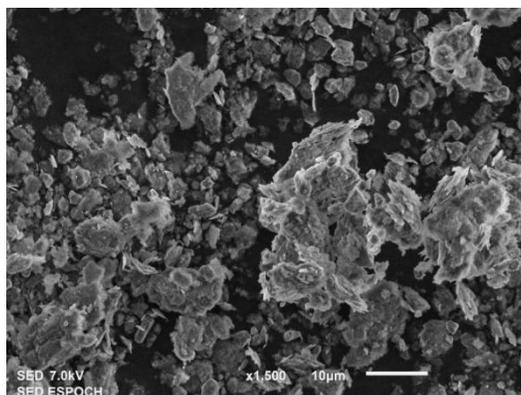


Figura 7: Micrografía de la muestra a magnificación de X1500

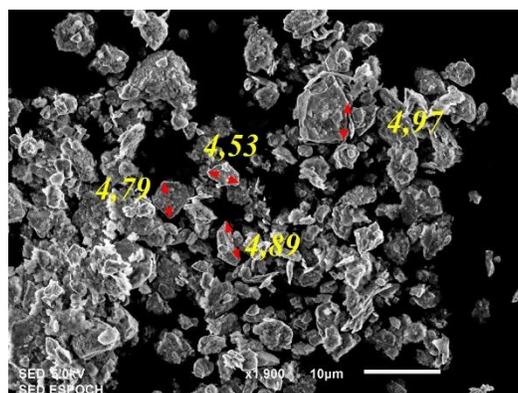
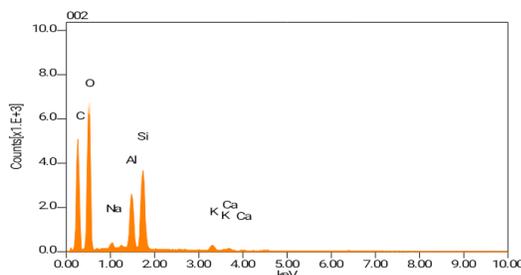


Figura 8: Micrografía de la muestra a magnificación X1900.

El microscopio electrónico de barrido tiene incorporado un detector de rayos X del tipo dispersivo en energía, el cual permitió identificar cuáles son las energías de los rayos X emitidos por la muestra, el análisis se lo realizó en 120 segundos, permitió ver los elementos químicos más representativos presentes en la muestra (Grafico 1). El pico de carbono presente en el espectro

proviene del recubrimiento de carbono en la muestra, el cual se le da para conferirle conductividad eléctrica. En los espectros de rayos X emitidos por SEM-EDS en conjunto con el equipo de fluorescencia de rayos x, se observa el predominio de silicio sobre aluminio en su composición, además de la presencia de otros elementos como: hierro, potasio, calcio, magnesio y sodio en menores concentraciones y titanio, magnesio y vanadio en concentraciones <1%.



**Figura 9:** Espectro de rayos X obtenidos por SEM-EDS

A través del análisis de interacción de los rayos X con el aluminosilicato y en base a una lista de compuestos minerales e inorgánicos con su respectivo patrón de difracción fue posible conocer los resultados de la identificación de los minerales y sus porcentajes presentes en la muestra. En la tabla 1. Presenta al cuarzo (tectosilicato) SiO<sub>2</sub> como el componente arcilloso dominante, seguido de la Illita y Dolomita como los componentes más representativos.

**Tabla 1:** Composición mineralógica del Aluminosilicato.

| Componentes     | %     |
|-----------------|-------|
| Cuarzo          | 33,77 |
| Illita          | 31,74 |
| Dolomita        | 19,69 |
| Puzolana amorfa | 8,5   |
| Calcita         | 2,56  |
| Flogopita       | 2,20  |
| Andesina        | 1,63  |
| Hematita        | 1,25  |
| Hornblenda      | 1,00  |
| Yeso            | 0,68  |
| Cristobalita    | 0,02  |
| Magnesita       | 0,02  |

El análisis químico de las muestras se realizó para conocer la composición química de los aluminosilicatos que están presentes en la muestra, los resultados de la Tabla 1. Muestra a los óxidos de silicio y aluminio presentes en mayores cantidades.

En las arcillas en el grupo de las micas se caracteriza por tener potasio entre las láminas tetraédricas y octaédricas en esta tabla se observa que la illita tiene una gran cantidad de potasio que es la característica principal de este grupo arcilloso.

### Compresión Ladrillo Comercial



**Figura 9:** Compresión de ladrillo comercial

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Longitud (m)           | 0.05      |
| Área (m <sup>2</sup> ) | 0.00112   |
| Esfuerzo Max (MPa)     | 6.1306887 |
|                        | 8         |



**Figura 10:** Compresión de ladrillo comercial

### Análisis de la Gráfica

Esta gráfica nos muestra el comportamiento de un ladrillo comercial frente a una fuerza de compresión, la prueba se lo realizo en tabla del ladrillo, dando una resistencia intermedia a nuestro prototipo propuesto en comparación con los demás bloques.

### Ensayos de Flexión

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Longitud (m)           | 0.07   |
| Área (m <sup>2</sup> ) | 0.0196 |
| Fuerza Max (N)         | 610    |



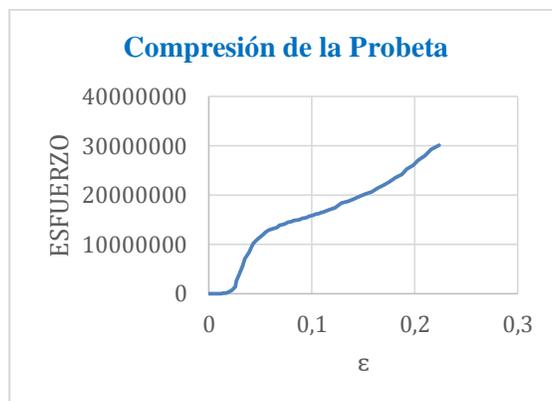
Figura 11: Ensayo de Flexión en el bloque.

### Análisis de la Gráfica

En la gráfica de flexión se puede observar que la ley no es lineal tiene un comportamiento de acomodación de las moléculas para soportar un mayor esfuerzo se diferencia 2 tramos claramente la primera zona con una inclinación de la curva bastante constante, en el segundo tramo los desplazamientos crecen mucho más rápido hasta llegar a la rotura de la probeta de concreto.

### Ensayos de Compresión

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Longitud (m)           | 0.07       |
| Área (m <sup>2</sup> ) | 0.0196     |
| Esfuerzo Max (MPa)     | 31.2353903 |
|                        | 6          |



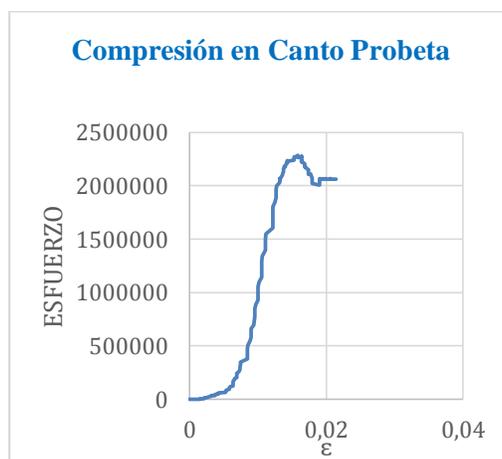
**Figura 12:** Ensayo de Compresión en el bloque.

### Análisis de la Gráfica

Esta gráfica nos muestra el comportamiento de compresión del bloque según la norma INEN 129 en la que nos guiamos. Se puede observar en la gráfica tiene un comportamiento elástico y cuando llega la parte plástica las moléculas de cemento arena y PET se reacomodan para poder resistir una fuerza mayor de esta forma no muestra una rotura.

### Compresión en Canto Probeta

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| Longitud (m)           | 0.14           |
| Área (m <sup>2</sup> ) | 0.0196         |
| Esfuerzo (MPa)         | Max 2.28487913 |
|                        | 3              |



**Figura 13:** Ensayo de Canto en el bloque.

### Análisis de la Gráfica

Esta gráfica nos muestra el comportamiento de compresión del bloque según la norma INEN 129. Se puede observar que la gráfica tiene un límite elástico y cuando llega a la zona plástica llega a la rotura de la probeta.

### Conclusiones

Mediante equipos de laboratorio se realizó la caracterización del aluminosilicato presente en la mina de la comunidad Sucre. Se identificó que se trata de un material arcilloso teniendo al cuarzo y a la illita como los componentes mayoritarios en la muestra

Se obtuvo bloques tipo ladrillo que está en los parámetros que exige la INEN129.

Es importante mencionar que tenemos la oportunidad de fabricar nuevos bloques ecológicos, optimizando los diseños experimentales para así obtener mejores resultados. Actualmente los bloques están en el proceso de las pruebas de medición de la resistencia a la compresión y otras que sean necesarias.

Realizado la prueba de compresión del ladrillo comercial, se puede verificar que el prototipo propuesto si cumple una resistencia cercana en canto y superior en tabla ya que se comparó los resultados de esfuerzos máximos.

Desde el punto de vista tecnológico, podemos decir que los nuevos elementos constructivos desarrollados utilizando PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de cerramientos para viviendas, más ecológicos, económicos, livianos y de mejor aislación térmica.

Se evitaría la quema de los materiales plásticos reciclados evitando focos de contaminación. Transformando el material, puesto que de "residuo" pasa a ser "materia prima" en este proceso.

Dado a que la fabricación de los ladrillos se realizó de manera artesanal, se considera en el futuro continuar con el estudio para mejorar los procesos planteados. Se espera de igual forma, concretar estudios en los que se observen otras propiedades físicas, mecánicas y térmicas.

### Referencias

- 1 ADAUTO, Anais. Evaluación de la Capacidad de Adsorción de las Arcillas Organofílicas para la Adsorción de Nitratos y Nitritos en Soluciones Acuosas (Trabajo de Titulación) (Magister). Pontificia Universidad Católica del Perú - Perú. 2017.

- 2 ALVARES, Ramón; et al. "Particle and surface characterization of a natural illite and study of its copper retention". *Journal Colloid and Interface Science*, vol. 285, (2005).
- 3 ASTM, D422-63. Standard Test Method for Particle- Size Analysis of Soils. West Conshohocken : ASTM International.
- 4 Carbonel Ramos, Dalia. Cadmium, Copper and Lead Adsorption on Natural and Modified Bentonite, Kaolin and Zeolite: A Review of Process Parameters, Isotherms and Kinetics: Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Perú. 2018.
- 5 Carbotecnia. Plomo. Carbotecnia. [En línea] 2020. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/plomo-en-el-agua/>.
- 6 DÁVILA, Gisela & BONILLA, Pablo. "Optimización del Proceso de Adsorción de Plomo con Quitosano Modificado para ser Utilizado en el Tratamiento de Aguas". *Química Central [en línea]*, 2011, (Ecuador) 2(1), pp. 19 - 24. [Consulta: 12 agosto 2020]. Disponible en : [10.29166/quimica.v2i1.542](https://doi.org/10.29166/quimica.v2i1.542)
- 7 DONAT, R. "Thermodynamics of Pb<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> adsorption onto natural bentonite from aqueous solutions". *Journal of Colloid and Interface Science*, vol 286, no 1, (2005), pp 43 - 52.
- 8 Gobierno de la Rioja. Salud y Metales Pesados [blog]. [Consulta: 26 septiembre 2020]. Disponible en : <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>
- 9 HAFNER, J; et al. "Acid-based catalysis in zeolites". *Top Catal [en línea]*, 2006, 37, pp. 41 - 54. [Consulta: 14 junio 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11244-006-0003-z>
- 10 HIERRO, Almunedá; et al. "Tratamiento de Aguas Contaminadas con Plomo (III) Mediante una Técnica en Continuo de Bioadsorción en Columna de Corcho". Bellatera, (2017).
- 11 HOYOS, Lina; et al. "Caracterización fisicoquímica de cuarzo en el municipio de La Playa de Belén, departamento de Norte de Santander". *Tecnura [en línea]*, 2015, (Colombia) 19(45). [Consulta: 16 marzo 2020]. Disponible en: [10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a03](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.3.a03)

- 12 HUGGETT, J. "Clays and Their Diagenesis". Elsevier [en línea], 2015, (Amsterdam), 5, pp. 61 - 69. [Consulta: 24 abril 2020] . Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B0-12-369396-9/00311-7>
- 13 HUGGINS, Maurice. "The Crystal Structure of Quartz". Elsevier [en línea], 2000 (California), 19. [Consulta: 14 marzo 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1103/PhysRev.19.363>
- 14 ICMUV. Difracción de DX. Instituto Universitario de Ciencia de los Materiales. Valencia : Universidad de Valencia, 2020.
- 15 IIGE. "Mapa de ocurrencias de minerales no metálicos escala 11,000.000". Instituto Energético de Investigación Geológico y Energético. (2011), (Ecuador).
- 16 INEN. "Áridos. Muestreo". Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011), (Ecuador).
- 17 INGLEZAKIS, Vassilis & Zorpas, Antonis A. Hanbook of Natural Zeolites. Potomac : s.n., 2012.
- 18 IPOHORSKI, Miguel y Bozzano, Patricia. "Microscopía Electrónica de Barrido en la Caracterización de Materiales". San Martín. (2013).
- 19 Servicio Geológico Mexicano. Servicio Geológico Mexicano. [En línea] 22 de Marzo de 2017. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Minerales/Los-minerales.html>.
- 20 UCO. Metales Tóxicos Pesados. [En línea] 2015. <http://www.uco.es/~iq2sagrl/QIMediambiente/TranspTema9-web.pdf>.
- 21 UNAM. Hoja de Seguridad XXIII Plomo y Sales de Plomo. 2016.
- 22 URIBE, Rafael. Investigaciones de Materias Primas Minerales No Metálicas en el Ecuador. 2015. pág. 39.
- 23 GAMBOA, Otto. "Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm<sup>2</sup>, caso específico fuerte-block máquinas #1 y #2", Guatemala, páginas: 3-5,2005
- 24 Curi, A., Granda, W. J. V., Lima, H. M., & Sousa, W. T. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. Información tecnológica, 17(6), 111-118
- 25 <https://doi.org/10.4067/S0718-076420060006000017>

26 Filtro de Zeolitas. (s. f.). Recuperado 3 de diciembre de 2019, de Induaqua website:  
<https://induaqua.co/portfolio/filtro-de-zeolitas/>

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.