

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO
ECOLÓGICO ELABORADO CON ARCILLAS DE LA CIUDAD DE JAÉN,
2022.**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. SALAS COTRINA LANDER ESNEIDER.

ASESOR:

ING. SIFUENTES INOSTROZA LUCIO MARCIAL.

CAJAMARCA-PERÚ

2023

COPYRIGHT © 2023 by
LANDER ESNEIDER SALAS COTRINA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

Dios por haberme dado unos Padres y Un Hermano maravillosos con valores, apoyo, esfuerzo y unión han hecho que cada día salga adelante en el proceso de mi formación. A la Universidad Nacional de Cajamarca a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Sede Jaén y a su plana docente por brindarme los conocimientos y enseñanzas necesarios para mi formación académica profesional. A mi asesor, Ing. Lucio Marcial Sifuentes Inostroza, por sus consejos, dedicación y paciencia brindada para el desarrollo de la investigación.

DEDICATORIA

A MI MADRE Verónica Leonor Cotrina Ramírez por ser mi guía, mi luz, por inculcarme los valores y el sacrificio de salir adelante, por ser una gran madre te dedico a ti con mucho amor mi trabajo de investigación.

A MI PADRE Yuri Dagmer Salas Guevara por ser la persona que me apoya constantemente con su amor y comprensión para seguir saliendo adelante.

MI HERMANO Oliver Josué Salas Cotrina por el amor incondicional que me brinda día a día.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Introducción.....	13
1.2. Planteamiento del problema.....	14
1.3. Formulación del problema.....	14
1.4. Justificación de la investigación	15
1.5. Delimitaciones de la investigación	15
1.6. Objetivos	15
1.7. Limitaciones	16
1.8. Hipótesis	17
1.9. Definición de variables	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes Teóricos.....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales	21
2.1.3. Antecedentes Locales	23
2.2. Bases Teóricas	25
2.2.1. Ladrillo y propiedades.....	25
2.2.2. Ladrillo ecológico.....	44
2.2.3. Definición de términos básicos	48

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	49
3.2. Coordenadas de la cantera	50
3.3. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	51
3.4. Población de estudio	52
3.5. Muestra	52
3.6. Unidad de análisis.....	52
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.8. Procesamiento de la información	53
3.9. Materiales.....	53
3.10. Equipos.....	53
3.11. Proceso de producción	54
3.12. Producción del ladrillo ecológico en Jaén	54
3.13. Transporte de los ladrillos hacia el laboratorio.....	55
3.14. Excavación y muestreo de la calicata en cantera	55
3.15. Ensayo de mecánica de suelos	55
3.15.1. Contenido de humedad	55
3.15.2. Análisis granulométrico	56
3.15.3. Límites de consistencia	56
3.16. Máquina de elaboración de ladrillos.....	56
3.17. Fabricación del ladrillo ecológico	57
3.17.1. Tierra	57
3.17.2. Estabilizantes o aditivos	57
3.17.3. Agua.....	57
3.17.4. Mezcla para elaboración del ladrillo	58
3.18. Ensayos de los ladrillos ecológicos.....	59
3.18.1. Variación dimensional	59

3.18.2.	Alabeo	59
3.18.3.	Absorción	59
3.18.4.	Peso específico	60
3.18.5.	Eflorescencia.....	60
3.18.6.	Resistencia a la compresión.....	61
3.18.7.	Determinación de la resistencia a la Flexión.	61
3.18.8.	Compresión axial en pilas	62
3.18.9.	Análisis de información.....	64
3.18.10.	Procesamiento de resultados	65
3.18.11.	Propiedades físicas del suelo.....	65
4.1.1.	Ladrillo fabricado con suelo de la cantera Shanango	70
4.2.	Análisis de la resistencia de los ladrillos respecto a la norma.....	78
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		80
4.3.	Discusión de los resultados.....	80
4.3.1	Resistencia a la compresión	80
4.3.2	Ensayo a la Absorción	81
4.3.3	Variación Dimensional	82
4.3.4	Alabeo.....	83
4.3.5	Resistencia a la Flexión.	84
4.3.6	Compresión en Pilas.	84
4.4.	Contrastación de hipótesis	85
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
5.1.	Conclusiones.....	87
5.2.	Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		90
ANEXOS		94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de variables	17
Tabla 2. Componentes del ladrillo	28
Tabla 3. Clasificación de ladrillos.....	30
Tabla 4. Ladrillos especiales	31
Tabla 5. Clasificación de ladrillo de acuerdo con el uso	35
Tabla 6. Clasificación de acuerdo con el acabado	36
Tabla 7. Clasificación de acuerdo con la manufactura	37
Tabla 8. Clasificación de acuerdo con el tipo de horneado	37
Tabla 9. Clasificación de acuerdo con el tipo	38
Tabla 10. Resistencia para Adobes, Norma E.080.....	43
Tabla 11. Coordenadas de cantera de arcilla en Shanango-Jaén.....	50
Tabla 12. Calicatas para extracción de muestras en cantera.....	55
Tabla 13. Composición de suelos para elaboración de ladrillos.....	57
Tabla 14. Factores de Corrección por esbeltez.....	63
Tabla 15. Descripción de los tipos de suelo	65
Tabla 16. Contenido de humedad de la cantera Shanango	66
Tabla 17. Análisis granulométrico de la cantera Shanango	66
Tabla 18. Límites de consistencia de la cantera Shanango	67
Tabla 19. Clasificación de suelos de la cantera Shanango	69
Tabla 20. Propiedades físicas de la cantera Shanango	69
Tabla 21. Variación dimensional de los ladrillos.....	70
Tabla 22. Alabeo de los ladrillos de la cantera Shanango.....	71
Tabla 23. Absorción de los ladrillos de la cantera Shanango.....	72
Tabla 24. Resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos	73

Tabla 25. Módulo de elasticidad de los ladrillos ecológicos	75
Tabla 26. Resistencia a la flexión de los ladrillos ecologicos.....	76
Tabla 27. Ensayo de resistencia de compresión axial en pilas	77
Tabla 28. Comparación del ladrillo ecologico.....	78
Tabla 29. Comparación de la Resistencia a la compresión	80
Tabla 30. Comparación del Ensayo de Absorción.....	81
Tabla 31. Comparación de la Variación dimensional.....	83
Tabla 32. Comparación del ensayo de Alabeo.....	84
Tabla 33. Comparación del ensayo de Resistencia a la Flexión.....	84
Tabla 34. Comparación del ensayo de compresión en Pilas.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Albañilería para fin estructural.....	41
Figura 2. Requisitos de resistencia mecánica y absorción.....	43
Figura 3. Formas de bloques de tierra comprimida.....	47
Figura 4. Ubicación de la región Cajamarca.	49
Figura 5. Ubicación de la provincia de Jaén.....	49
Figura 6. Localización del proyecto.....	50
Figura 7. Ubicación de cantera de arcilla en Shanango.....	51
Figura 8. Convexidad y concavidad del ladrillo.	59
Figura 9. Ensayo de Compresión Axial.....	63
Figura 10. Curva granulométrica de la C1 de la cantera Shanango.....	67
Figura 11. Clasificación SUCS de la C1 de la cantera Shanango.....	68
Figura 12. Clasificación AAHSTO C1 cantera Shanango.....	68
Figura 13. Variación dimensional de los ladrillos.....	70
Figura 14. Alabeo de los ladrillos de la cantera Shanango.....	71
Figura 15. Absorción de los ladrillos de la cantera.....	72
Figura 16. Resistencia a la compresión de los ladrillos.....	74
Figura 17. Curva esfuerzo – deformación para los ladrillos.....	76

RESUMEN

El objetivo de la investigación es evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (que para este caso es Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén en el año 2022, como hipótesis de la investigación se planteó: Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén en el año 2022, si cumplen con lo establecido en la norma técnica E.080. Las dimensiones del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizado con Cemento a un 15%) es de 28cm x 14cm x 7.5cm. En la presente investigación se ha muestreado una calicata de la cantera de Shanango para la extracción de la arcilla, al realizar el análisis granulométrico se obtuvo un 96.4% que pasa el tamiz N° 200, por lo que se puede clasificar según SUCS en MH, la clasificación según AASHTO es A-7-5, en el presente trabajo de investigación se ha seleccionado cincuenta y cinco unidades, para realizar los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión (f'_{b}), ensayo de flexión (f'_{r}) y ensayo de compresión axial en pilas (f'_{m}), y comparándolo con la norma (E0.80) de adobe, donde se pudo concluir que los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas si cumplen con la resistencia a compresión y resistencia en pilas que nos indica la norma (E.080), esta trabajo de investigación solo es un estudio para ver cómo influye el cemento en una dosificación de 15%, por lo que se puede concluir que este ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) cuenta con una buena absorción para ser usadas en zonas altoandinas.

Palabras clave: Ladrillo, ecología, resistencia, granulometría, propiedades

ABSTRACT

The objective of the research is to evaluate the physical and mechanical properties of the ecological brick (which for this case will be a Block of Compressed Earth Stabilized with Cement at 15%) made with clays from the city of Jaén in the year 2022, as a hypothesis. of the investigation the following was raised: The physical and mechanical properties of the ecological brick (Block of Compressed Earth Stabilized with Cement at 15%) made with clays from the city of Jaén in the year 2022, if they comply with the provisions of the technical standard E .080. The dimensions of the ecological brick (15% Cement Stabilized Compressed Earth Block) is 28cm x 14cm x 7.5cm. In the present investigation, a pit from the Shanango quarry has been sampled for the extraction of clay, when performing the granulometric analysis, 96.4% was obtained that passes the sieve No. 200, so it can be classified according to SUCS in MH, the classification according to AASHTO is A-7-5, in the present research work fifty-five units have been selected, to carry out the tests of dimensional variation, warpage, absorption, resistance to compression (f'_b), flexion test (f'_r) and axial compression test in piles (f'_m), and comparing it with the norm (E0.80) of adobe, where it was possible to conclude that the ecological bricks (Block of Compressed Earth Stabilized with Cement at a 15 %) made with clays if they comply with the compressive strength and pile resistance indicated by the standard (E.080), this research work is only a study to see how cement influences a dosage of 15%, so It can be concluded that this ecological brick (Block of Compressed Earth Stabilized with Cement at 15%) has a good absorption to be used in high Andean areas.

Keywords: Brick, ecology, resistance, granulometry, properties

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Ecured, (2021) Muchas empresas tienen iniciativas ecológicas y debido a ello se hacen los intentos para que se pueda reemplazar los ladrillos tradicionales haciendo el uso de materiales que son amigables con el medio ambiente y al mismo tiempo que sean sostenibles, también permite ahorrar la energía que tan importante es en el contexto actual.

Otro de los beneficios que brinda este tipo de ladrillos es que ayuda de alguna manera a compensar la huella de carbono que las empresas o las personas dejan en el planeta, entonces al hablar de ladrillos ecológicos serían aquellos materiales que no tienen un impacto ambiental negativo, esto de acuerdo al tipo de materiales que se emplean para su fabricación.

Sin embargo, muchas empresas fabrican este tipo de ladrillos, y debido a ello se podría decir que a nivel de funcionalidad puede ser que se encuentre algunos ladrillos que son más ecológicos que otros, lo que se debe tener en cuenta es que existe estudios anteriores donde se ha hecho la comparación entre los ladrillos ecológicos y los ladrillos convencionales, y existen datos que apoyan en cuanto a resistencia de los ladrillos ecológicos en comparación con los ladrillos tradicionales, en el contexto actual existe un modelo arquitectónico para una bioconstrucción, este tipo de construcciones ofrecen muchas ventajas y tienen las mismas cualidades estéticas en cuanto a las construcciones con el ladrillo convencional, se puede decir de que las ventajas son superiores en cuanto a confort y seguridad en comparación con el otro tipo de ladrillo.

1.2. Planteamiento del problema

En el sector de construcción a lo largo del tiempo siempre se ha buscado soluciones que sean positivas para el medio ambiente, debido a que es uno de los sectores que más energía gasta para elaborar sus insumos; uno de estos insumos son los ladrillos, que usualmente son elaborados de manera industrial utilizando combustibles fósiles que contaminan el medio ambiente; sin embargo, en la presente investigación se quiere demostrar que existen otro tipo de ladrillos que se elaboran sin el uso de combustibles y aditivos que dañan el medio ambiente, teniendo en cuenta la norma técnica E.080 de tierra reforzada, para que un ladrillo sea utilizado en construcción de viviendas, mediante el uso de arcillas que son extraídas de una cantera aledaño a la ciudad de Jaén.

El problema principal de la Ciudad de Jaén es que existen muchas ladrilleras artesanales, por la excesiva demanda de construcción de viviendas , dichas ladrilleras no cuentan con una ficha técnica sobre sus propiedades mecánicas y físicas del ladrillo que ellos fabrican , la elaboración de estos ladrillos se hace con combustibles fósiles lo cual conlleva a una gran contaminación del medio ambiente, es por ello que con esta investigación se quiere demostrar que existe otro tipo de ladrillo que es más amigable con el medio ambiente y al mismo tiempo compararlo con la norma E.080 .

1.3. Formulación del problema

¿Cómo las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén en el año 2022, cumplen con lo establecido en la norma técnica E.080?

1.4. Justificación de la investigación

En las ciudades con gran afluencia poblacional y gran demanda de viviendas como es la ciudad de Jaén, se utilizan ladrillos elaborados a base de arcilla que se obtiene de las canteras de la misma ciudad, sin embargo, este material posee limitaciones técnicas, como por ejemplo baja resistencia, por lo que existe la necesidad de evaluar si sus propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico son las adecuadas y cumplen con los requisitos mínimos de la norma técnica (E.080).

Cabe mencionar que, si existe alguna irregularidad a nivel de características físicas y mecánicas, se podrá recomendar posibles soluciones para estos inconvenientes, todo ello con el fin de mejorar la calidad del ladrillo ecológico, porque de ello también depende mejorar la calidad de vida de la población teniendo el acceso a este tipo de material para la construcción de sus viviendas.

1.5. Delimitaciones de la investigación

La arcilla se ha extraído en la cantera de Shanango, se utilizó el 15% de cemento para la elaboración del ladrillo ecológico, se realizó los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. No se realizó ensayos en muretes.

1.6. Objetivos

Objetivo General

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén, 2022.

Objetivos específicos

- Determinar la clasificación granulométrica de las arcillas utilizadas para la elaboración de ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%).
- Determinar las propiedades físicas: variación dimensional, alabeo y absorción del ladrillo ecológico elaborado (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) con arcillas de la ciudad de Jaén.
- Determinar las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión y resistencia a flexión del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén.
- Verificar si los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) fabricados con arcillas de la ciudad de Jaén cumplen con los lineamientos de la norma E.080 "Adobe".

1.7. Limitaciones

Debido a la falta de una maquina industrial para la elaboración de los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%), se ha tenido que utilizar una máquina mecánica de funcionamiento manual, la cual presenta limitaciones para el desmolde de los bloques, por lo que se tuvo que tener especial cuidado, en el proceso de elaboración para no dañar el acabado de las muestras.

1.8. Hipótesis

Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén en el año 2022, si cumplen con lo establecido en la norma técnica E.080.

1.9. Definición de variables

1.9.1. Variable

Propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) **y mecánicas** (resistencia a la compresión) de los ladrillos ecológicos elaborado con **arcillas** (Contenido de humedad, Análisis granulométrico y Límites de consistencia) de la ciudad de Jaén, en el año 2022.

Tabla 01

Definición de variables

Variable	Definición Conceptual	Indicador	Índice
Arcillas	es un material natural, de tamaño de grano fino y que muestra plasticidad cuando es mezclado con una cierta proporción de agua	Contenido de humedad	%
		Análisis granulométrico	
		Límites de consistencia	

Propiedades Físicas y	Propiedad de un material que se puede medir sin aplicar cargas.	variación dimensional	%
		Alabeo	mm
		Absorción	%
Propiedades Mecánicas	Propiedad de un material relacionada con la relación elástica y rígida del mismo, al aplicarse una fuerza.	Resistencia de unidad (compresión y flexión)	Kg/cm ²

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Mario Averardo Bianucci, (2009) en su investigación el Ladrillo – Los orígenes y Desarrollo, Universidad Nacional del Nordeste.

De dicho estudio se concluyó que el tamaño de los ladrillos comunes que se fabrican en Argentina, es de 26,5 a 27 cm. de largo, por 12,5 a 13 cm. de ancho, por 6 cm. a 7 cm. de espesor. Cuando el ladrillo es de primera calidad, bien cocido, (campana por el sonido claro), los ensayos de compresión en probetas, llegan a una resistencia de 90 Kg/cm² a la rotura. Lo importante, de todas maneras es que sus medidas estén relacionadas entre sí para posibilitar su uso: si (e) es el espesor, (a) es el ancho y (l) es el largo, la relación será, $\{a\} = 2\{e\} + 1$ junta, $\{l\} = 2\{a\} + 1$ junta.

Sanchez & Valero, (2020) en su investigación Los bloques de tierra comprimida (BTC) modificados como un modelo óptimo de construcción sostenible en reemplazo de los bloques de arcilla cocida tradicional, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña .

tiene como objetivo comparar a través de la bibliografía disponible las cualidades que posee el btc frente a los bloques de arcilla cocida tradicional para demostrar que puede ser un material constructivo eficiente, económico y ecológico aplicado a viviendas de uno y dos pisos, de igual forma estudiar los métodos y materiales que pueden mejorar las propiedades físico-mecánicas del bloque como resistencia a la compresión, abrasión y absorción de agua.

Camacho & Mena, (2018) en su investigación Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

En la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones: dentro de los ensayos realizados uno de los más importantes que se hizo en la investigación fue el ensayo de compactación, en donde se pudo observar que se obtiene la humedad requerida para que se pueda alcanzar la densidad máxima al nivel de compactación, de esa manera también se determinó que para cada una de las mezclas al adicionar un aditivo diferente y también la cantidad de agua que se requiere, de esa manera se logra una mayor resistencia, también se determinó que en cuanto al proceso de mezclado entre el arcilla y el cemento, que mientras mayor sea el porcentaje del cemento en la mezcla se pueden obtener mejores resultados en cuanto a las propiedades de resistencia a la compresión, entonces para el porcentaje de ladrillo se determinó que se necesita un 20% de cemento con el cual se obtuvo una resistencia de 5,67Mpa (57,82 kg/cm²) a los 28 días de curado .

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Aguirre Gaspar, (2004) en su investigación Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central junin, de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

En dicha investigación tiene las siguientes conclusiones: Respecto a la variación dimensional, indica que las unidades tienen características muy aceptables, clasificando como tipo IV y V. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V, por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10 mm@ 15 mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas. Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades fb, los valores de las 4 zonas dan un valor promedio de 39.41 kg/cm²; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm² recomendada en la propuesta de norma E.070. La absorción máxima, se encuentra por encima del máximo recomendado que es 22%, esto indicaría que las unidades contienen más humedad que la necesaria.

Oscar Medina, (2021) en su investigación Diseño de bloque de tierra comprimida estabilizado con cemento, como material sostenible, para el uso en la construcción de viviendas rurales en la provincia de San Martín, Región San Martín, de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Se analizó 3 tipos de suelos arcillos, verificando que el suelo del Mirador tiene mejores resultados en plasticidad, densidad y humedad, así mismo

utilizó cemento al 6, 8, 10 y 12% del peso, verificando que la proporción de 10% de cemento presenta mejores características. Los BTC con 10% de cemento alcanzaron resistencias a la compresión a los 14 días 76.96 kg/cm². Concluyó que la añadidura de 10% de cemento respecto al suelo de la cantera Mirador , aumenta la resistencia a compresión.

Rojas Vargas, (2016) en su investigación Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológicos prensados, de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

En esta investigación los ladrillos ecológicos fueron prensados, y a que fueron elaborados utilizando una mezcla de arcilla, agua y también el cemento, estos materiales fueron tamizados para que se pudiera comprimir mediante la utilización de una prensa hidráulica que usualmente este tipo de prensas pueden proveer de una fuerza de 7 toneladas, para este tipo de procedimiento se hizo la propuesta de un proceso de construcción, en donde se pretendió comprobar si se pueden utilizar estos tipos de ladrillos para la albañilería, al mismo tiempo también se realizaron pruebas para determinar el nivel de compresión en las unidades individuales de cada ladrillo ecológico que estuvo pensando, también Se realizó la prueba de absorción, teniendo como resultado una absorción de 12.3% en promedio sobre las 5 unidades, La resistencia promedio a compresión de 5 unidades fue de 99.5 kg/cm² , con una dispersión en los resultados de 10%.

2.1.3. Antecedentes Locales

Mego Barboza, (2013) en su investigación Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos king - kong producidos en el sector de fila alta- Jaén, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

En esta investigación se concluyó que las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos King-Kong del sector Fila Alta no cumplen con lo que establece la norma E-070 -del RNE.

Los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos f´b, dan un valor promedio de 39.81 kg/cm² ; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm² recomendado en propuesta de norma E-070.

Jiménez & Llanos, (1985) en su investigación Estudio del adobe fabricado en la ciudad de Cajamarca y su mejoramiento, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

tuvieron como finalidad realizar los estudios con bloques corrientes y proponer la estabilización de estos con el fin de mejorar su durabilidad; para lo cual se elaboraron especímenes a los cuales los estabilizaron con paja ichu, aserrín, yeso, melaza, asfalto, en la elaboración de adobes incrementando así su resistencia a la compresión, flexión y mejorando su durabilidad. En el ensayo de compresión simple con mejores resultados para: muestra con 5% de aserrín con un esfuerzo de 50.30 kg/cm²; la muestra con 8% de yeso + 1.5% de paja con un esfuerzo de 29.72 kg/cm² y para la muestra con 1.5% de paja con un esfuerzo de 26.92 kg/cm². Para el ensayo a flexión por tracción se obtuvo los mejores resultados para: la muestra con 5% de aserrín con un esfuerzo a la rotura R= 11.07 kg/cm², la muestra con 2.5% de paja ichu con un esfuerzo a la rotura R= 10.12kg/cm².

Mendoza Salinas, (2018) en su investigación Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017, de la Universidad Privada del Norte.

En esta investigación el autor, primeramente lo plantea como una investigación no experimental, y a que fue desarrollada de manera descriptiva y el objetivo principal que se planteó fue evaluada si el ladrillo ecológico machihembrado, tiene resistencia costo y rendimiento y de acuerdo a ello si se puede aplicar en las viviendas para determinar si es económico la construcción de estos.

Los materiales que fueron tomados en cuenta para la construcción de este tipo de ladrillo primeramente se tiene al suelo arcilloso, luego de ello también se tomó en cuenta el cemento Portland del tipo 1, y finalmente el agua para poder realizar el proceso de mezclado, para la compactación se utilizó una prensa hidráulica de 7 toneladas, luego de ello también se determinó realizar diferentes tipos de curados mediante humedecimiento, y finalmente se hizo diferentes tipos de ensayos.

Por lo que se concluyo: La variación dimensional es menor del 0.17%, Alabeo, el dato máximo obtenido es de 1.13mm, Absorción, que se obtuvo 15.24% en promedio ensayadas a 5 unidades, y Resistencia a la compresión ($f'b$), se obtuvo una resistencia a la compresión unitaria ($f'b$) de 61.24 kg/cm²,

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ladrillo y propiedades

Afanador, (2017) Uno de los materiales de construcción más antiguos, populares y líderes en la industria sigue siendo el ladrillo y es debido a que es un material barato, duradero, fácil de manejar, trabajar (moldear), transportar y vender, además tiene varias propiedades físicas interesantes en la construcción. Los ladrillos de arcilla se utilizan para construir paredes exteriores e interiores, tabiques, pilares, zapatas y otras estructuras de carga. Un ladrillo es de forma rectangular y de tamaño tal que se puede manejar convenientemente con una mano. El ladrillo puede estar hecho de arcilla quemada o una mezcla de arena y cal o de concreto de cemento Portland. Los ladrillos de arcilla se usan comúnmente ya que son económicos y fácilmente disponibles.

2.2.1.1. Medidas de un ladrillo

Cuélar, (2019) La longitud, el ancho y la altura de un ladrillo están relacionados entre sí de la siguiente manera: Longitud de un ladrillo es igual a 2 veces el ancho del ladrillo más el grosor del mortero. Altura del ladrillo es igual al ancho del ladrillo. El tamaño de un ladrillo estándar, también conocido como un ladrillo modular, debe ser 19x9x9 centímetros y 19x9x4 centímetros. Cuando se coloca en mampostería, el ladrillo de 19 x 9 x 9 cm con mortero se convierte en 20 x 10 x 10 cm. Sin embargo, los ladrillos disponibles en la mayor parte del país todavía son de 9"x4(1/2)"x3" son conocidos como

ladrillos de campo. El peso de tal ladrillo es de 3.0 kg. Se proporciona una sangría llamada rana, de 1–2 cm de profundidad, para ladrillos de 9 cm de altura. El tamaño de la rana debe ser de 10 × 4 × 1 cm. El propósito de proporcionar una rana es formar una llave para sostener el mortero y, por lo tanto, los ladrillos se colocan con ranas en la parte superior. La rana no se proporciona en ladrillos de 4 cm de altura y ladrillos extruidos.

2.2.1.2. Características y propiedades

Gamboa, (2021) son las siguientes:

Textura: Deben poseer una textura fina, densa y uniforme. No deben poseer fisuras, cavidades, arena suelta y cal sin quemar.

Solidez: Cuando se golpea con un martillo o con otro ladrillo, debe producir un sonido metálico.

Dureza: Al raspar con los dedos no debe producir ninguna impresión en el ladrillo.

Resistencia: La resistencia a un esfuerzo compresivo no debe ser inferior a 3,5 N / mm².

Absorción de agua: Después de sumergir el ladrillo en agua durante 24 horas, la absorción de agua no debe ser superior al 20% en peso. Para los trabajos de clase I, este límite es del 15%.

Esfuerzo de rotura: No debe ser inferior a 10 N / mm².

Eflorescencia: Los ladrillos no deben mostrar manchas blancas cuando se sumergen en agua durante 24 horas y luego se dejan secar a la sombra. Las manchas blancas se deben a la presencia de sulfato de calcio, magnesio y potasio. Mantienen la mampostería de forma permanente en condiciones húmedas y mojadas.

Conductividad térmica: Deben tener baja conductividad térmica, de modo que los edificios construidos con ellos sean frescos en verano y cálidos en invierno.

Aislamiento acústico: Los ladrillos más pesados son malos aislantes del sonido, mientras que los ladrillos ligeros y huecos proporcionan un buen aislamiento acústico.

Resistencia al fuego: La resistencia al fuego suele ser buena. De hecho, los ladrillos se utilizan para encerrar columnas de acero para protegerlas del fuego.

2.2.1.3. Componentes del ladrillo

Instituto Nacional de Vías, (2016) Para la preparación de ladrillos, la arcilla u otra tierra adecuada se moldea a la forma deseada después de someterla a varios procesos. Después del secado, no debe encogerse y no se debe desarrollar grietas. La arcilla utilizada para la fabricación de ladrillos consiste principalmente en sílice y alúmina mezclada en una proporción tal que la arcilla se convierte en plástico cuando se le agrega agua. También consta de pequeñas proporciones de cal, hierro, manganeso, azufre, etc. Las proporciones de varios

componentes son las siguientes:

Tabla 2

Componentes del ladrillo

Sílice	50 a 60%
Alumina	20 a 30%
Cal	10%
Magnesio	<1%
Óxido férrico	<7%
Álcalis	<10%
Dióxido de carbono	Muy pequeño porcentaje
Trióxido de azufre	Muy pequeño porcentaje
Agua	Muy pequeño porcentaje

Fuente: Isan, 2022.

2.2.1.4. Algunos componentes del ladrillo

Según **Pacheco, (2020)** menciona que son los siguientes:

Sílice: Permite que el ladrillo conserve su forma e imparte durabilidad, evita la contracción y la deformación. El exceso de

sílice hace que el ladrillo sea frágil y débil al arder. Un gran porcentaje de arena o sílice no combinada en arcilla es indeseable. Sin embargo, se agrega para disminuir la contracción en la combustión y para aumentar la refractariedad de las arcillas con bajo contenido de alúmina.

Alumina: Absorbe agua y hace que la arcilla sea plástica. Si la alúmina está presente en exceso de la cantidad especificada, produce grietas en el ladrillo al secarse. Es probable que las arcillas con un contenido de alúmina extremadamente alto sean muy refractarias.

Cal: Normalmente constituye menos del 10 por ciento de arcilla. La cal en arcilla de ladrillo tiene los siguientes efectos:

- ✓ Reduce la contracción en el secado.
- ✓ Hace que la sílice en la arcilla se derrita al arder y, por lo tanto, ayuda a unirla.
- ✓ En forma carbonatada, la cal disminuye el punto de fusión.
- ✓ El exceso de cal hace que el ladrillo se derrita y el ladrillo pierda su forma. Los ladrillos rojos se obtienen al quemar a temperaturas considerablemente altas (más de 800 ° C).
- ✓ Los ladrillos quemadores se hacen aumentando el contenido de cal.

Magnesio: Rara vez excede el 1 por ciento, afecta el color y hace que el ladrillo sea amarillo, al arder; hace que la arcilla se ablande a un ritmo más lento que en la mayoría de los casos, es la cal y reduce la deformación.

Hierro: El óxido de hierro que constituye menos del 7 por ciento de arcilla, imparte las siguientes propiedades:

- ✓ Da color rojo al arder cuando hay exceso de oxígeno disponible y color marrón oscuro o incluso negro cuando el oxígeno disponible es insuficiente, sin embargo, el exceso de óxido férrico hace que el ladrillo sea azul oscuro.
- ✓ Mejora la impermeabilidad y durabilidad.
- ✓ Tiende a bajar el punto de fusión de la arcilla, especialmente si está presente como óxido ferroso.

2.2.1.5. Clasificación de ladrillo

Tabla 3

Clasificación de ladrillos

Ladrillos para construcción	Se utilizan para la construcción de muros.
Adoquines	Se usan para la pavimentación y son vitrificados
Ladrillos de fuego	Están hechos especialmente para soportar altas temperaturas. Los ladrillos de sílice pertenecen a esta categoría.

Ladrillos especiales

Estos son diferentes de los ladrillos de construcción comúnmente utilizados con respecto a su forma y el propósito para el que están hechos. Algunos de estos son:

- (a) Con formas especiales
- (b) De revestimiento
- (c) De construcción perforados
- (d) Huecos de arcilla quemada
- (e) De alcantarilla
- (f) Resistentes a los ácidos.

Fuente: Isan, 2022.

2.2.1.6. Ladrillos especiales

Tabla 4

Ladrillos especiales

Ladrillos especiales	Características
Con formas especiales	Se fabrican para cumplir con los requisitos de diferentes situaciones.
De revestimiento	Se usan en la cara externa de la mampostería. Una vez que se proporcionan estos ladrillos, no se requiere enlucido. El tamaño estándar de estos ladrillos es 190 x 90 x 90 mm o 190 x 90 x 40 mm.

De construcción perforados	Se fabrican con un área de perforación del 30 al 45 por ciento. El área de cada perforación no debe exceder los 500 mm ² . La perforación debe distribuirse uniformemente sobre la superficie. Se fabrican en el tamaño 190 × 190 × 90 mm y 290 × 90 × 90 mm.
Huecos de arcilla quemada	Son de peso ligero. Se utilizan para la construcción de tabiques. Proporcionan un buen aislamiento térmico a los edificios. Se fabrican en los tamaños 190 × 190 × 90 mm, 290 × 90 × 90 mm y 290 × 140 × 90 mm. El grosor de cualquier caparazón no debe ser inferior a 11 mm y el de cualquier banda no inferior a 8 mm.
De alcantarilla	Se utilizan para la construcción de líneas de alcantarillado. Se fabrican a partir de arcilla superficial, lutita de arcilla de fuego o con la combinación de estos. Se fabrican en los tamaños 190 × 90 × 90 mm y 190 × 90 × 40 mm. La resistencia promedio de estos ladrillos debe ser un mínimo de 17.5 N / mm ² . La absorción de agua no debe ser superior al 10 por ciento.
Resistentes a los ácidos.	Se usan para pisos que pueden estar sujetos a ataques de ácido, revestimiento de cámaras en plantas químicas, revestimiento de alcantarillas que llevan desechos

industriales, etc. Estos ladrillos están hechos de arcilla o lutita de composición adecuada con bajo contenido de cal y hierro, sílex o arena. Y vitrificado a alta temperatura en un horno de cerámica.

Fuente: Isan, 2022.

2.2.1.7. Cualidades de los ladrillos

Palacios, (2012):

Ladrillos de primera clase:

- ✓ Estos están completamente horneados y son de color rojo intenso, cereza o cobre.
- ✓ La superficie debe ser lisa y rectangular, con bordes paralelos, afilados y rectos y esquinas cuadradas.
- ✓ Estos deben estar libres de defectos, grietas y piedras.
- ✓ Estos deben tener una textura uniforme.
- ✓ No se debe dejar ninguna impresión en el ladrillo cuando se hace un rasguño con una uña del dedo.
- ✓ La superficie fracturada del ladrillo no debe mostrar grumos de cal.
- ✓ Un sonido metálico o resonante debería aparecer cuando se golpean dos ladrillos uno contra el otro.
- ✓ La absorción de agua debe ser del 12 al 15% de su peso seco cuando se sumerge en agua fría durante 24 horas.

- ✓ La resistencia al aplastamiento del ladrillo no debe ser inferior a 10 N / mm². Este límite varía con las diferentes organizaciones gubernamentales en todo el país.
- ✓ Usos: Los ladrillos de primera clase se recomiendan para trabajos puntiagudos y expuestos en estructuras de mampostería, pisos y ladrillos reforzados.

Ladrillos de segunda clase:

- ✓ Se supone que tienen los mismos requisitos que los de primera clase, excepto que
- ✓ Se permiten pequeñas grietas y distorsiones.
- ✓ Se permite un poco más de absorción de agua de aproximadamente el 16-20% de su peso seco.
- ✓ La resistencia a la compresión no debe ser inferior a 7,0 N / mm².
- ✓ Usos: Los ladrillos de segunda clase se recomiendan para todos los trabajos de albañilería ocultos importantes o sin importancia y para el centrado de estructuras de ladrillo y cemento reforzados.

Ladrillos de tercera clase:

- ✓ Son suaves y de color claro que producen un sonido sordo cuando se golpean entre sí. La absorción de agua es aproximadamente el 25 por ciento del peso seco.
- ✓ Usos: Se utiliza para construir estructuras temporales.

Ladrillos de cuarta clase:

- ✓ Están sobrecargados y muy distorsionados en forma y tamaño y son de naturaleza frágil.
- ✓ Usos: El lastre de tales ladrillos se usa para cimientos y pisos en concreto de cal y metal de carretera.

2.2.1.8. Ladrillo y usos

Los ladrillos se utilizan en las siguientes obras civiles:

- ✓ Como bloques de construcción.
- ✓ Para el revestimiento de hornos, hornos y chimeneas.
- ✓ Para proteger columnas de acero del fuego.
- ✓ Como agregados para proporcionar impermeabilización en techos
- ✓ Para adoquines para senderos y ciclovías.
- ✓ Para revestir líneas de alcantarillado.

Tabla 5

Clasificación de ladrillo de acuerdo con el uso

Ladrillo común	Es una unidad multiusos general fabricada económicamente sin una referencia especial a la apariencia. Estos pueden variar mucho en cuanto a resistencia y durabilidad y se utilizan para rellenar, respaldar y en paredes donde la apariencia no tiene consecuencias.
----------------	---

Ladrillos de revestimiento	Están hechos principalmente con el fin de tener una buena apariencia, ya sea de color o textura o ambos. Estos son duraderos bajo exposición severa y se usan en frentes de paredes de edificios para los que se desea una apariencia agradable.
Ladrillos para ingeniería	Son fuertes, impermeables, lisos, moldeados en mesa, duros y se ajustan a los límites definidos de absorción y resistencia. Estos se utilizan para todas las estructuras de carga.

Fuente: Isan, 2022.

Tabla 6

Clasificación de acuerdo con el acabado

Ladrillo de arenado	Tiene una superficie texturizada fabricada rociando arena en las superficies internas del molde.
Ladrillo rústico	Tiene un acabado con textura mecánica, que varía en el patrón.

Fuente: Isan, 2022.

Tabla 7*Clasificación de acuerdo con la manufactura*

Hecho a mano	Estos ladrillos están moldeados a mano.
Hecho con máquina	Dependiendo de la disposición mecánica, los ladrillos se conocen como ladrillos cortados con alambre: ladrillos cortados de arcilla extruida en una columna y cortados en tamaños de ladrillo por alambres; ladrillos prensados: cuando los ladrillos se fabrican de plástico rígido o arcilla semiseca y se prensan en moldes; ladrillos moldeados: cuando los ladrillos son moldeados por máquinas que imitan la mezcla manual.

Fuente: Isan, 2022.

Tabla 8*Clasificación de acuerdo con el tipo de horneado*

Ladrillos pálidos	Son ladrillos quemados obtenidos de la porción externa del horno.
Ladrillos de cuerpo	Son ladrillos bien quemados que ocupan la porción central del horno.

Ladrillos de arco	Están sobrecargados también conocidos como ladrillos de Clínger obtenidos de la parte interna del horno.
-------------------	--

Fuente: Isan, 2022.

Tabla 9

Clasificación de acuerdo con el tipo

Sólidos	Se permiten pequeños agujeros que no excedan el 25 por ciento del volumen del ladrillo; alternativamente, se permiten ranas que no excedan el 20 por ciento del volumen total.
Perforados	Los agujeros pequeños pueden exceder el 25 por ciento del volumen total del ladrillo.
Huecos	El total de agujeros, que no necesitan ser pequeños, puede exceder el 25 por ciento del volumen del ladrillo.
Celular	Los orificios cerrados en un extremo exceden el 20 por ciento del volumen.

Fuente: Isan, 2022.

2.2.1.9. Albañilería

Norma Técnica E.070. Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por

"unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

2.2.1.10. Norma técnica E.070 de albañilería

Según la (SENCICO, 2019):

Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales para obtener el objetivo de la seguridad estructural en cuanto a criterios de resistencia, rigidez, estabilidad y servicio de las construcciones.

Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas y sismos. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

Debido a las cargas muertas y vivas, los muros trabajan casi exclusivamente a esfuerzos de compresión, siendo la excepción cuando techos inclinados producen fuerzas de empuje lateral. Cuando además de las cargas verticales el muro debe soportar fuerzas de inercia horizontal debido a sismos, entonces el muro está sometido a una combinación de cargas verticales, fuerzas cortantes horizontales en su plano y momentos flectores en su plano y fuera de él.

Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como “tipo resistente al fuego” siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.

Características generales:

- ✓ Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- ✓ Las unidades de albañilería a las que se refiere esta Norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- ✓ Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- ✓ Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica.

- ✓ Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

Figura 1

Albañilería para fin estructural

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente. SENCICO, 2019.

Pruebas que se tiene que realizar:

- ✓ **Resistencia a la Compresión:** Para la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las normas NTP 399.613 y 399.604.
- ✓ **Variación Dimensional:** Para determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- ✓ **Alabeo:** Para determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613.
- ✓ **Absorción:** Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

2.2.1.11. Norma INEN 297 “Ladrillos Cerámicos. Requisitos”

La norma INEN 297, los clasifica en 3 tipos de ladrillos macizos y 3 tipos de ladrillos huecos.

- ✓ **El tipo A**, será ladrillo prensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas.
- ✓ **El tipo B**, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciándose del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm.
- ✓ **El tipo C**, será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm.
- ✓ **El tipo D**, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
- ✓ **El tipo E**, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- ✓ **El tipo F**, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

Figura 2*Requisitos de resistencia mecánica y absorción.*

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Fuente. INEN 297, 1977.

2.2.1.12. Norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra reforzada”

Se Debe verificar que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla mediante pruebas de la presente norma.

Tabla 10*Resistencia para Adobes, Norma E.080*

ENSAYOS	RESISTENCIA
A compresión de la Unidad	10.20 Kg/cm ²
A tracción	0.81 Kg/cm ²
Del Mortero	0.12 Kg/cm ²
A la Compresión en Pilas o Muretes	6.12 Kg/cm ²
Al corte Diagonal en Muretes	0.25 Kg/cm ²

Fuente: Tomado de la Norma E.080.

2.2.2. Ladrillo ecológico

Ecología Verde, (2020) Los ladrillos ecológicos son un elemento clave en la arquitectura ecológica. Sin embargo, el término agrupa a distintos tipos de materiales y sus beneficios también pueden ser muy diferentes. A pesar de sus diferencias, todos ellos tendrán en común una serie de ventajas a nivel ambiental o de sostenibilidad. Por lo general, asociamos los ladrillos con un material contaminante. Así es, excepto por los ladrillos ecológicos o ecoladrillos. Hoy en día, el uso de ladrillos ecológicos es insólito, si bien históricamente se utilizaban de forma habitual materiales de construcción más sostenibles.

Entre otros, la paja, el barro o la madera, pongamos por caso. Actualmente, los ladrillos convencionales necesitan mucha energía para su fabricación con lo que el impacto ambiental es importante. Eso sí, hay que reconocer que cada vez son más las iniciativas ecológicas que intentan reinventar o reemplazar los ladrillos tradicionales utilizando materiales sostenibles o propiciando una sostenibilidad con su uso que nos ayude a ahorrar energía. O, lo que es lo mismo, a compensar la huella de carbono actuando como aislante de la casa.

Así pues, definiremos los ladrillos ecológicos como aquellos cuya fabricación no supone un impacto ambiental tan grande como el de los convencionales. Tanto el tipo de materiales empleados como su proceso de fabricación y funcionalidad pueden determinar que los sean.

Lógicamente, encontraremos ladrillos más ecológicos que otros, en función de su nivel de sostenibilidad en unos y otros aspectos. Por lo demás, los ladrillos verdes brindan la misma o incluso una mayor resistencia que los

ladrillos tradicionales. Utilizados dentro de un plan arquitectónico de la bioconstrucción pueden ofrecernos las mismas cualidades estéticas y ventajas en cuanto a confort y seguridad.

2.2.2.1. Tipos de ladrillo ecológico

Los ladrillos de cenizas de carbón inventadas por Henry Liu en 1999: son una estupenda manera de reciclar las cenizas generadas en las centrales térmicas de carbón, al tiempo que se aprovechan sus altas temperaturas para su fabricación.

Una versión similar, todavía en fase de prototipo, **es el ladrillo negro propuesto por un equipo del MIT liderado por Michael Laracy y Thomas Poinot**, que proponen fabricarlos a partir de los residuos que produce la industria del papel en la India. Su objetivo es conseguir una alternativa al tradicional ladrillo de arcilla roja para que aquel país no siga esquilmando sus recursos naturales, al tiempo que pueden aprovechar estos desechos.

También son muy conocidos **los ladrillos de cáñamo y paja o de cáscara de cacahuete**. En ambos casos obtenemos ladrillos muy resistentes con grandes propiedades aislantes, que nos ayudan a ahorrar en la factura de la calefacción y del aire acondicionado mientras cuidamos el planeta.

El ladrillo irregular que muestra la imagen que abre el post es un ejemplo de ladrillo convencional, pues está fabricado con arcilla, que sin embargo nos proporcionan ventajas ecológicas gracias a su capacidad aislante. Básicamente, son ladrillos que suman las formas

geométricas de un triángulo y un rectángulo para que frenar el calor y así mantener la casa fresca. Igualmente, se consigue aislamiento acústico y la fachada puede quedarse tal cual, pues su aspecto resulta estético.

Por otra parte, **los ladrillos de tierra o arena comprimida** resultan más caros y frágiles que los ladrillos convencionales o los bloques de hormigón, pero proporcionan un aislamiento muy superior. Es decir, necesitaremos realizar un aislamiento posterior que aumentará el gasto y la huella de carbono.

En clave vanguardista, **el Instituto Tecnológico de Massachusetts, en colaboración con el Lawrence Livermore National Laboratory, propone un novedoso material tan ligero como el aerogel**, también denominado humo congelado. Es capaz de soportar hasta 160.000 veces su propio peso y puede producirse fácilmente con impresión 3D.

Los eco ladrillos confeccionados con residuos domésticos, **como los ladrillos de plástico reciclado**, ideales para hacer un muro o una pequeña casita. Para ello nos serviremos de botellas de plástico en las que introduciremos arena u otros residuos no orgánicos, como papel, cartón o bolsas de plástico. El objetivo es rellenarlas con materiales que aporten resistencia a las botellas. Una vez conseguido, las agrupamos en un molde en el que volcaremos cemento para rellenar los huecos. De este modo, cuando se sequen conseguiremos ladrillos de buen tamaño, que poder utilizar a modo de bloque.

2.2.2.2. Ventajas de los ladrillos ecológicos

De forma general, sin embargo, podemos mencionar algunas ventajas de los ladrillos ecológicos, si bien no siempre se cumplen, sin que ello suponga que no lo sean. Entre ellas:

Menor impacto ambiental.

Capacidad aislante del frío, calor, ruido y humedad.

Ahorro, tanto al adquirirlos o fabricarlos de forma artesana como amortizándolos mediante el ahorro energético que proporcionan.

También suelen ser más ligeros, por último, con lo que reducen los tiempos de construcción y el esfuerzo que deben realizar los obreros.

Sin olvidar, cómo no, la preservación de los ecosistemas y biodiversidad que propicia la fabricación de muchos de ellos.

2.2.2.3. Bloques de tierra comprimida (BTC)

Medina, (2021) Los bloques de tierra comprimida (BTC) son bloques elaborados con tierra cruda en forma de ladrillo a los que se les ha aplicado una compresión que permite cohesionar de mejor manera las partículas de los componentes, Pueden ser sólidos o perforados, ligeros, para ser usados estructural y arquitectónicamente, etc.

Figura 3

Formas de bloques de tierra comprimida.



Fuente: Medina, (2021)

2.2.3. Definición de términos básicos

Albañilería: Habilidad de construir estructuras, a partir de elementos adecuados que se acoplan y fijan utilizando mortero u otros mecanismos idóneos para adquirir firmeza (Montes, 2018).

Cantera: “Explotaciones de rocas o sedimentos industriales, ornamentales y de materiales de construcción” (Herrera y Pla, 2006).

Resistencia a compresión: Es la relación entre carga de rotura a compresión de un ladrillo y sección bruta. (NTP 399.601, 2016).

Suelo: Superficie de la corteza terrestre que compone un sustrato para el desarrollo de la vida y los procesos que se desencadenan en ella (García y Quintero, 2020).

Unidad de albañilería: “Elemento cerámico utilizado en la construcción, fabricado de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno” (Quevedo, 2017).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

País: Perú.

Región: Cajamarca.

Provincia: Jaén.

Distrito: Jaén.

Figura 4

Ubicación de la región Cajamarca.



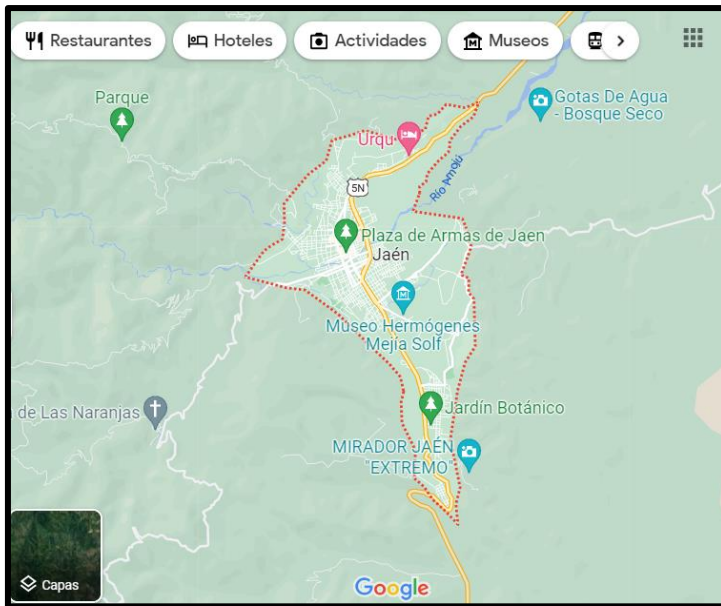
Figura 5

Ubicación de la provincia de Jaén.



Figura 6

Localización del proyecto



Fuente: Google Maps.

3.2. Coordenadas de la cantera

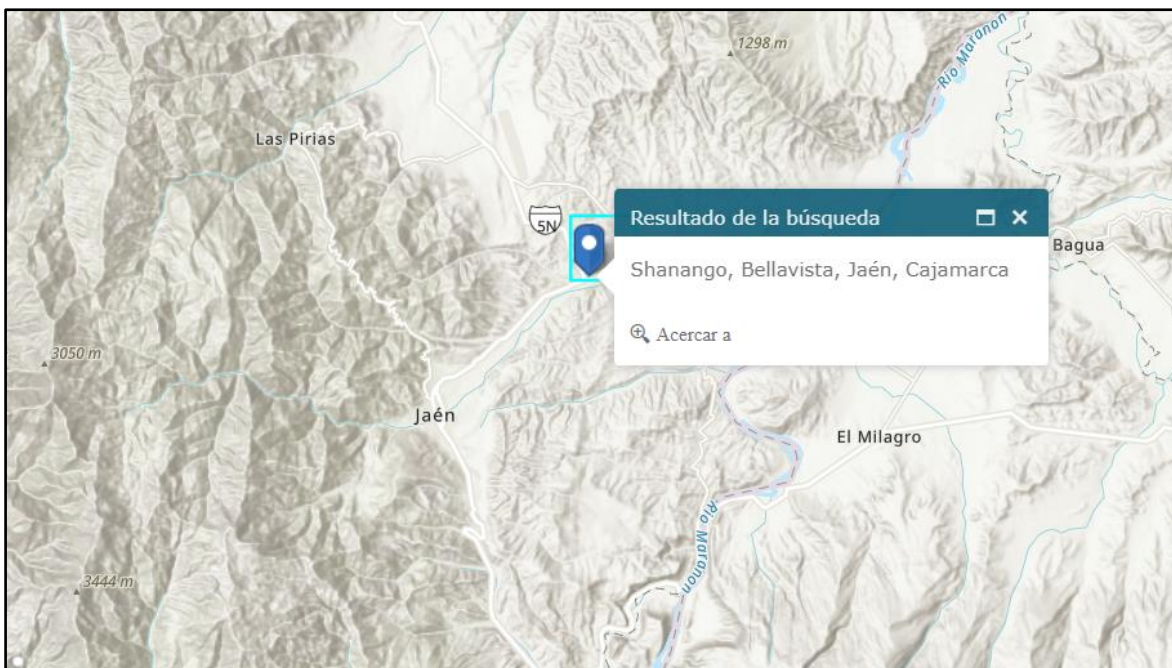
Tabla 11

Coordenadas de cantera de arcilla en Shanango-Jaén

CANTERA	DISTRITO	NORTE	ESTE
Shanango	Jaén	9375341.246	749737.81

Figura 7

Ubicación de cantera de arcilla en Shanango



3.3. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

Tipo: No Experimental, en esta investigación se observó las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento al 15%), luego la información fue analizada y luego procesada de acuerdo con los ensayos de laboratorio.

Nivel o alcance: descriptivo, se describieron las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborados con base en arcillas de la misma ciudad luego de que estos fueron sometidos a las pruebas del laboratorio.

Enfoque: Cuantitativo, porque se usó el método científico estructurado para llegar a las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Medición: Transversal porque se recolectaron datos en un solo periodo de tiempo, el año 2022.

3.4. Población de estudio

La población estuvo conformada por los 55 ladrillos ecológicos que fueron sometidos a las diferentes pruebas.

3.5. Muestra

Fue una muestra poblacional porque se utilizaron los 55 ladrillo ecológicos.

3.6. Unidad de análisis

Viene a ser cada uno de los ladrillos extraídos para las pruebas y análisis de laboratorio.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Estudio de mecánica de materiales. Se han realizado los siguientes ensayos:

- NTP 399.604 Variación dimensional.
- NTP 399.613 Alabeo.
- NTP 399.604 Absorción.
- NTP 399.613 Peso específico.
- NTP 399.613 Eflorescencia.
- NTP 399.604 Resistencia a la compresión.
- NTP 399.605 Compresión axial en Pilas.
- INEN 295 Ladrillos cerámicos – Determinación de la resistencia a la flexión.

Estudio de mecánica de suelos. Se han realizado los ensayos de gradación y plasticidad, para clasificar al suelo.

- NTP 339.127 Contenido de humedad.
- NTP 339.128 Granulometría.
- NTP 339.129 Límite líquido.
- NTP 339.129 Límite plástico.

Comparación: Se han cotejado los resultados entre sí, y con las normas peruanas E.080 "Adobe".

Levantamiento topográfico: Ha servido para determinar donde se debe realizar la cantera.

Observación: Se ha visualizado cada uno de los procesos del estudio analizando su correcta realización en base a las normas técnicas peruanas.

3.8. Procesamiento de la información

A través de softwares:

Excel: Analizar descriptivamente los datos por variable mediante la estadística descriptiva (distribución de frecuencias, medidas de tendencia y variabilidad).

Laboratorio: Las fichas que arrojaron cada una de las variables de acuerdo con sus muestras y que fueron sometidas al procesamiento de datos.

3.9. Materiales

- ✓ Arcilla utilizada para la elaboración de ladrillo en la ciudad de Jaén.
- ✓ Cemento en una dosificación del 15%.
- ✓ Y agua para las mezclas.

3.10. Equipos

- ✓ Balanza digital.
- ✓ Vernier.
- ✓ Picnómetro.
- ✓ Depósitos, como: baldes, sacos, palas y demás herramientas.
- ✓ Máquina para ensayos.

- ✓ Tamices.
- ✓ Máquina para prensar los ladrillos.
- ✓ Mezcladora.

3.11. Proceso de producción

Extracción de la materia prima.

La excavación es de manera manual en la cantera, se realiza a una profundidad metro y medio, para elaborar los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%).

Preparación de la materia prima.

En el proceso de preparación de la materia prima se hace el tamizaje para separar la arcilla de las hojas o raíces que esta pueda tener, luego es llevado a mezclarse con el cemento.

3.12. Producción del ladrillo ecológico en Jaén

Preparación de mezcla.

Primero que se tiene que realizar es la homogenización de la arcilla, para ello se le añade cemento en la proporción previamente establecida, por lo cual se utiliza un mezclador tipo trompo de 180 L, se le mezcla hasta tener un color uniforme; se agrega el agua de poco a poco hasta que llegue a la humedad adecuada.

Cortado o Moldeado.

Se colocan la mezcla homogenizada en la boca de máquina Forza, luego de ello se ejerce presión con la palanca de la maquina y nos dará los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con cemento al 15%) cuyas dimensiones son de 28cm x 14cm x 7.5cm.

Secado y Curado.

Luego que la Maquina Forza nos da los ladrillos estos son llevados a secar a una área plana y lisa, protegida del sol, viento y la lluvia, para posteriormente ser curados con agua.

3.13. Transporte de los ladrillos hacía el laboratorio

Una vez que ya se tuvieron confeccionados los ladrillos, el siguiente paso fue trasladar hasta el laboratorio, pero teniendo en cuenta los cuidados que sean necesarios y al momento también su manipulación para que se realicen los análisis correspondientes y de acuerdo con ello determinar los valores que alcanzan los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%).

3.14. Excavación y muestreo de la calicata en cantera

Se produjo la excavación de 01 calicata en la cantera de Shanango de donde se extrajeron las arcillas para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

Tabla 12

Calicatas para extracción de muestras en cantera

CALICATA	PROFUNDIDAD	DIMENSIONES
C -001	1.50 m	1.20 x 1.20

3.15. Ensayo de mecánica de suelos

3.15.1. Contenido de humedad

Se siguen el procedimiento de la NTP 339.127.

- Pesar la muestra húmeda.
- Secar la muestra en horno por 24 h, a 105 °C, y pesar la muestra seca.

3.15.2. Análisis granulométrico

Se sigue el procedimiento descrito en la NTP 339.128.

- Secar y pesar la muestra.
- Pasar por el juego de tamices, agitando de forma manual.
- Pesar el material retenido en cada tamiz.
- Determinar los porcentajes acumulados.
- Dibujar la curva granulométrica.

3.15.3. Límites de consistencia

Se sigue el procedimiento de la NTP 339.129.

- Para el límite líquido, se toma una muestra que pase la malla N° 40, se mezcla con agua, se coloca la muestra en la copa Casagrande, se separa con el ranurador, y se cuenta el número de golpes necesario para que la abertura cierre, se pesa la muestra antes y después de ser llevada al horno. Se repite tres veces el mismo procedimiento.
- Para el límite plástico, se toma una muestra de suelo del límite líquido, y se elaboran rollos de 3 mm, hasta que presenten rajaduras, se pesa la muestra antes y después de ser llevada al horno. Se repite dos veces el mismo procedimiento.

3.16. Máquina de elaboración de ladrillos

La máquina para elaboración de ladrillos tiene capacidad para una sola unidad, las dimensiones internas del molde la máquina son 28x14x7.5 cm, tiene una palanca, para ser manipulada, por la fuerza de un solo operario, generando así la compactación del ladrillo. La altura de la máquina es de 80 cm, tiene 50 cm de sostén antes del molde, así mismo tiene una tapa que

cubre al molde previo a la compactación. El proceso de moldeo y desmoldeo de la máquina es manual, por lo que para eludir que el bloque se pegue a los muros del molde se ha añadido aceite quemado como si se tratará de un encofrado.

3.17. Fabricación del ladrillo ecológico

3.17.1. Tierra

La tierra destinada a la construcción de los ladrillos está compuesta esencialmente por arena, limo y arcilla mezclado con agua y opcionalmente con estabilizantes y aditivos

Tabla 13

Composición de suelos para elaboración de ladrillos

CRITERIO	ARENA	ARCILLA	LIMO
ICPA	70 a 85	5 a 10	10 a 20
Houben	40 a 70	20 a 30	0 a 30
CINVA	45 a 80	Suma	20 a 50
MERRIL	Más de 50	Suma	Menos de 50

Fuente: Ramírez, 2016.

3.17.2. Estabilizantes o aditivos

En este caso se utilizó cemento que fue menor o igual a 15% de la masa en seco del ladrillo ecológico.

3.17.3. Agua

Se utilizó agua aceptable de acuerdo con la norma técnica para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

3.17.4. Mezcla para elaboración del ladrillo

Los ladrillos ecológicos se fabricaron con las arcillas de la cantera de Shanango y 15% de cemento utilizado como estabilizador.

Ladrillo = arcilla cantera + 15% (cemento).

El agua se coloca de acuerdo como se requiera para que se genere una mezcla pastosa.

Peso ladrillo = volumen x Peso específico.

Las dimensiones del ladrillo fueron las siguientes: 28x14x7.5 de largo, ancho y alto, esto dio un volumen total de 3234 cm³, para ello se consideró 10% de desperdicio.

Entonces con este volumen se realizaron los cálculos de cantidad de arcilla, cemento y también teniendo en cuenta los pesos específicos de la cantera.

- Para la elaboración primero se realizó el pulido de la máquina de compresión con aceite quemado para evitar que los ladrillos se peguen a las paredes del molde.
- Colocación de la mezcla en el molde de la máquina de compactación, presión al ladrillo por medio de la palanca de la máquina y desmolde manual de los ladrillos.
- Secado de los ladrillos en el mismo lugar por 1 día, posterior a ello se almacenan los ladrillos en un lugar limpio y ordenado, donde se pueda realizar un proceso de curado con manguera durante 7 días, y luego se deja secar hasta completar los 28 días, antes de la realización de los ensayos.

3.18. Ensayos de los ladrillos ecológicos

3.18.1. Variación dimensional

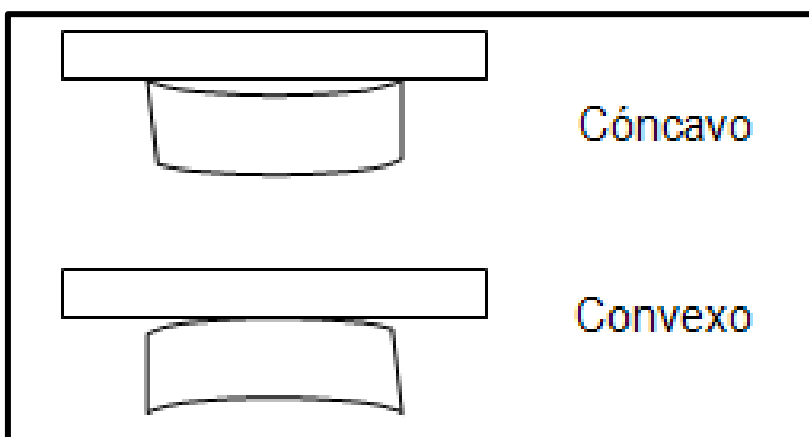
- Para ello se miden las 4 aristas de longitud.
- Se miden las 4 aristas de ancho.
- Se miden las 4 aristas de alto.
- Luego se promedió las medidas y de esa manera determinar la variación respecto a las dimensiones estándar de los ladrillos.

3.18.2. Alabeo

Según NTP 399.613, indica el proceso, para establecer el alabeo en ladrillos. Utilizando la cuña, medir la distorsión cóncava y/o convexa con la superficie. Se coloca una regla horizontal en el lado cóncavo y convexo del ladrillo, para luego medir la magnitud de la unidad hacia la regla, en el lado superior e inferior.

Figura 8

Convexidad y concavidad del ladrillo



3.18.3. Absorción

Los ladrillos ecológicos no son ladrillos de concreto, como estipula la NTP 399.604, pero tienen como parte de su matriz cemento, por lo que, a falta de normas técnicas peruanas específicas para estos, esta

norma sirve para la realización del ensayo de absorción.

- Se sumergen los especímenes en agua a 15.6 a 26.7 °C por 24 h.
- Se pesan los especímenes, mientras están suspendidos por un alambre y sumergidos en agua (W_i).
- Drenar el agua por 1 min, y retirar el agua superficial visible con un paño húmedo, pesar y registrar como (W_s).
- Secar los especímenes en horno a 100 a 115 °C por 24 h.
- Registrar los pesos de los especímenes secados (W_d).

$$\text{Absorción kg/m}^3 = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 100$$

Donde:

W_s : peso saturado del ladrillo en kg.

W_i : peso sumergido del ladrillo en kg.

W_d : peso seco al horno del ladrillo en kg.

3.18.4. Peso específico

Para calcular la densidad la NTP 399.604, considera a esta como la diferencia de pesos del espécimen ensayado a absorción, como:

$$\text{Densidad kg/m}^3 = \frac{W_d}{W_s - W_i} \times 100$$

Donde:

W_d : peso seco al horno del ladrillo en kg.

W_s : peso saturado del ladrillo en kg.

W_i : Peso sumergido del ladrillo en kg.

3.18.5. Eflorescencia

La NTP 399.613 establece como proceso para determinar la eflorescencia:

- Colocar los cinco pares de especímenes con un lado inmerso en

agua destilada en 25.4 mm por 7 días.

- Acopiar el segundo espécimen de cada uno de los cinco pares en el cuarto de secado, sin contacto con el agua.
- Examinar el primer conjunto de especímenes a los 7 días, luego secar ambos en el horno por 24 h.
- Después del secado, examinar y comparar cada par de especímenes. Si ninguna diferencia es notoria entonces se clasifica como “No eflorescente”.

3.18.6. Resistencia a la compresión

Los ladrillos son ensayados a resistencia a los 28 días de curados, se someten las unidades a carga constante, aplicada por la máquina universal con sistema hidráulico, según la norma ASTM C5102. Cada bloque debe ser refrendado con yeso para la realización del ensayo.

$$F'c = P/A$$

Donde:

P: carga máxima registrada en el tiempo.

A: área de contacto del ladrillo en cada una de las series realizadas.

3.18.7. Determinación de la resistencia a la Flexión.

- Para efectuar este ensayo se aplica la norma NTE INEN 295, que se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexión a las Bloques de tierra comprimida, hasta determinar su resistencia máxima admisible, se preparó 10 ladrillos secos, enteros y sin defectos.
- Se inicia el ensayo colocando la probeta con su cara mayor encima de los apoyos, con una separación entre sí de 15 cm.

Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.

- La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto.
- El módulo de rotura se calcula con la ecuación siguiente

$$R = \frac{3 \cdot G \cdot l}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

Siendo:

R = módulo de rotura.

G = carga de rotura.

l = distancia entre apoyos.

b = ancho de cara a cara de la muestra.

d = promedio de altura, se toman dos dimensiones una al lado derecho la cara, y otro al otro lado.

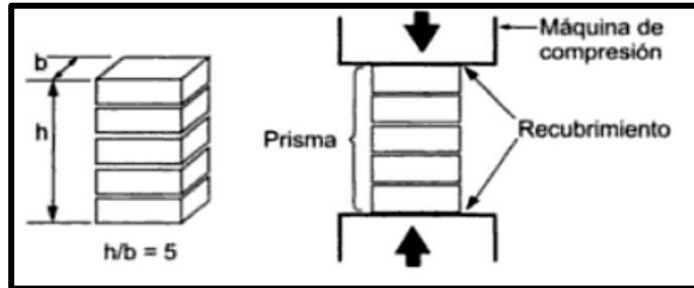
3.18.8. Compresión axial en pilas

El ensayo de compresión axial de prismas de BTC se realizó según los lineamientos de la NTP 399.605. Las muestras de ensayo son pilas de diez unidades de BTC de base de 280x140 mm y 314.6 mm de altura. El equipo utilizado para el ensayo fue la máquina universal, la misma que fue utilizada para el ensayo a compresión y flexión por unidad. El ensayo se realizó mediante la aplicación constante de la carga bajo el control de desplazamientos a una velocidad de 0.25 mm/min. Se elaboraron 10 pilas de 04 hiladas cada una, con una junta que varía entre 1 cm y 1.2 cm. Para la realización del ensayo se siguió los procedimientos de la RNE E.070 del capítulo 5: resistencia de prismas de albañilería. Se usó el mortero tipo P2 1:4 (cemento:

arena). Se controló la altura y verticalidad de las pilas con un nivel y plomada. Las pilas fueron ensayadas a los 28 días antes de este ensayo fueron refrendadas con una capa de yeso - cemento sobre su superficie.

Figura 9

Ensayo de compresión axial



Fuente: NTP 399.605

La resistencia de la albañilería a compresión axial se determinó dividiendo la carga máxima entre el área de contacto.

$$f_m = \frac{\text{carga Máxima}}{A} = \frac{P}{A}$$

Dónde:

f_m : Resistencia a compresión axial (kg/cm²)

A: Área de contacto (cm²)

Luego se corrigió el valor obtenido de acuerdo al factor de corrección por esbeltez.

Tabla 14

Factores de corrección por esbeltez

TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Norma E.070

O sino se aplica el coeficiente de corrección por esbeltez

$$CC = -0.0053E^3 + 0.051E^2 - 0.0631E + 0.7074$$

Posteriormente se multiplica la resistencia a la compresión axial por el coeficiente de corrección:

$$f_m = f_m * CC$$

Para determinar la resistencia característica a la compresión axial (f'_m) de las pilas restando el promedio de la resistencia de los ensayos (X) con la desviación estándar de la prueba.

$$f'_m = X - \sigma$$

Dónde:

f'_m : Resistencia característica a compresión axial (kg/cm²)

X : Resistencia promedio a compresión axial (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

3.18.9. Análisis de información

Se analizaron la relación entre el índice de plasticidad y la resistencia a compresión. Se compararon los valores de resistencia alcanzados por los ladrillos del presente estudio, así mismo, se realizó la comparación con la norma E.080.

Se ha realizado la prueba de hipótesis ANOVA, para la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). Los datos se ajustan al modelo lineal general. El criterio de análisis es si el valor-p es menor que el nivel de significancia (0.05) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, pero si el valor-p es mayor que el nivel de significancia (0.05) se acepta la hipótesis nula.

3.18.10. Procesamiento de resultados

Siguiendo el procedimiento que tenemos durante la presentación de la investigación con sus respectivos tipos, tenemos que efectuar una fase de análisis, y de acuerdo con ello seguir con el procedimiento que es el más adecuado para el desarrollo de la investigación, que tiene que ver con evaluar si el ladrillo ecológico es factible para su uso en la construcción en la ciudad de Jaén.

3.18.11. Propiedades físicas del suelo

Para poder clasificar los suelos de la cantera Shanango se excavo una calicata a una profundidad de 1.50 metros cada una. Siendo la humedad de muestra de la C1, 23.5%.

Tabla 15

Descripción de los tipos de suelo

Tipo de suelo	Descripción
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con baja plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos, limos elásticos de alta plasticidad.
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas.
OH	Arcillas/limos orgánicos de plasticidad media a alta.
CL-ML	Limo arcilloso/ arcilla limosa d baja plasticidad.

Fuente: Aashto.

Tabla 16*Contenido de humedad de la cantera Shanango*

CANTERA	CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD
Shanango	C1	23.5 %

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Tabla 17*Análisis granulométrico de la cantera Shanango*

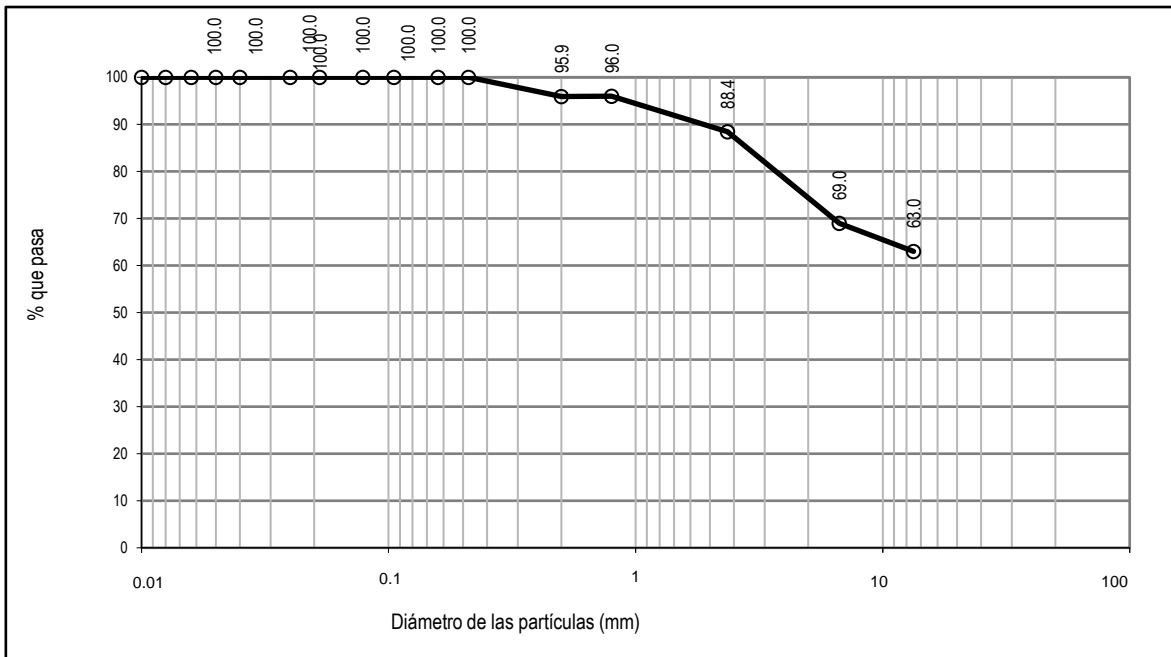
TAMIZ	% QUE PASA	
	CANTERA SHANANGO	
	C1	
25	100	
19	100	
12.7	100	
9.52	100	
4.75	100	
2	96.4	
0.425	92	
0.15	74.6	
0.075	65.1	

Fuente: Ensayos de laboratorio.

De este análisis se determinó que el análisis granulométrico del material de la cantera, está dentro de la gradación, para que se pueda utilizar en la fabricación de ladrillos ecológicos.

Figura 10

Curva granulométrica de la C1 de la cantera Shanango



Fuente: Ensayos de laboratorio.

Tabla 18

Límites de consistencia de la cantera Shanango

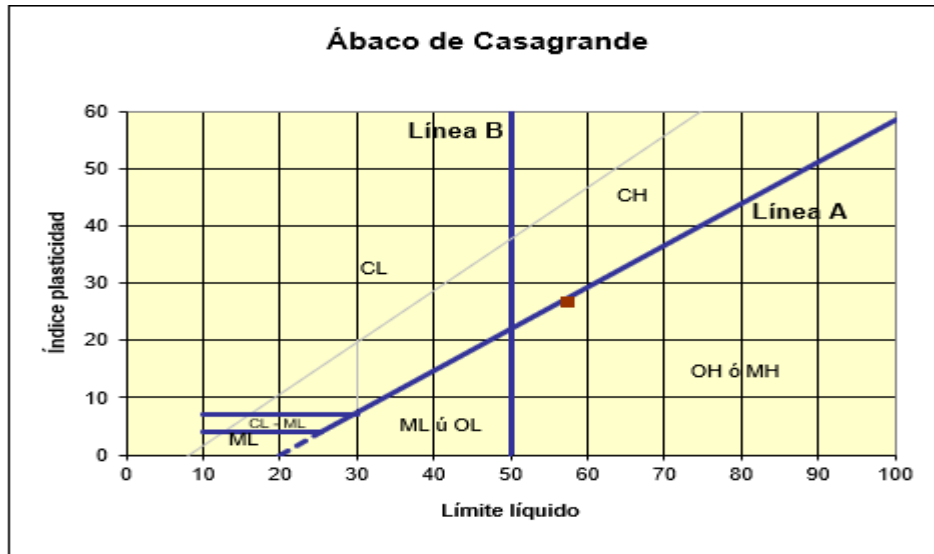
CANTERA	CALICATA	LL	LP	IP
Shanango	C1	57.5	30.7	26.8

Fuente: Ensayos de laboratorio.

De acuerdo con la tabla de los límites de consistencia de las muestras de la cantera Shanango; para la C1: el límite líquido fue 57.5%, el límite plástico 30.7% y el índice de plasticidad fue 26.8%.

Figura 11

Clasificación SUCS de la C1 de la cantera Shanango

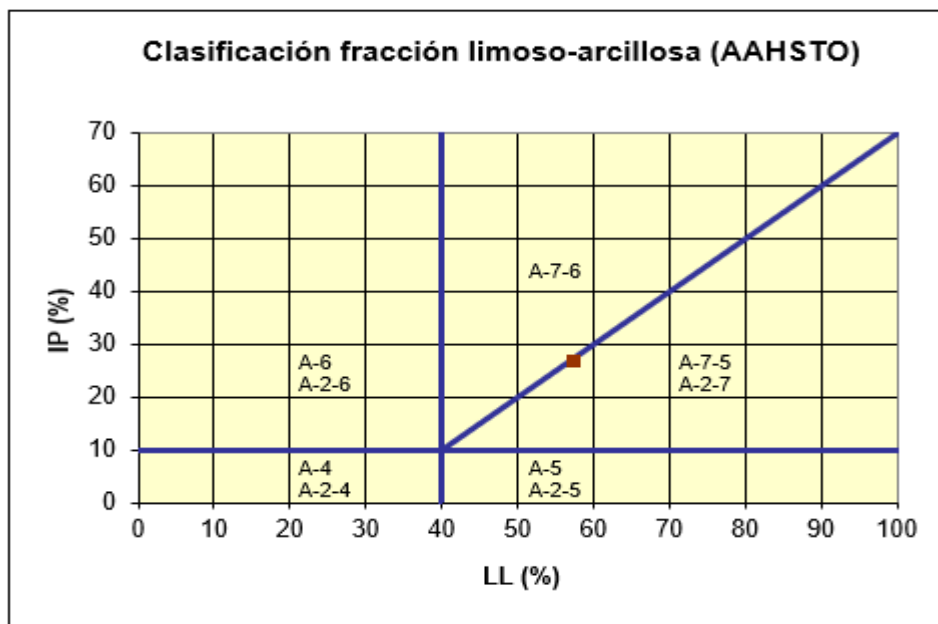


Fuente: Ensayos de laboratorio

De acuerdo con el análisis de la muestra de la C1 de la cantera Shanango en la ciudad de Jaén, para la clasificación SUCS dio como resultado: un suelo de partículas finas, limo de alta plasticidad arenoso – MH.

Figura 12

Clasificación AAHSTO C1 cantera Shanango



Fuente: Ensayos de laboratorio

El análisis de la muestra para la C1 de la cantera Shanango en la ciudad de Jaén, para la clasificación AAHSTO, arrojó un material limo arenoso, pobre o malo como subgrado, suelo arcilloso A-7-5.

Tabla 19

Clasificación de suelos de la cantera Shanango

CANTERA	CALICATA	CLASIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
		AASHTO	SUCS
Shanango	C1	A-7-5	MH

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Para la fabricación de ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) en la ciudad de Jaén, el suelo de la cantera Shanango, están dentro de los parámetros de gradación y plasticidad, tal como se puede observar en los resultados, y también cumplen con la curva granulométrica.

Tabla 20

Propiedades físicas de la cantera Shanango

CANTERA	CALICATA	HUMEDAD	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN	
			LL	LP	IP	AASHTO	SUCS
Shanango	C1	23.5	57.5	30.7	26.8	A-7-5	MH

Fuente: Ensayos de laboratorio.

4.1.1. Ladrillo fabricado con suelo de la cantera Shanango

Tabla 21

Variación dimensional de los ladrillos

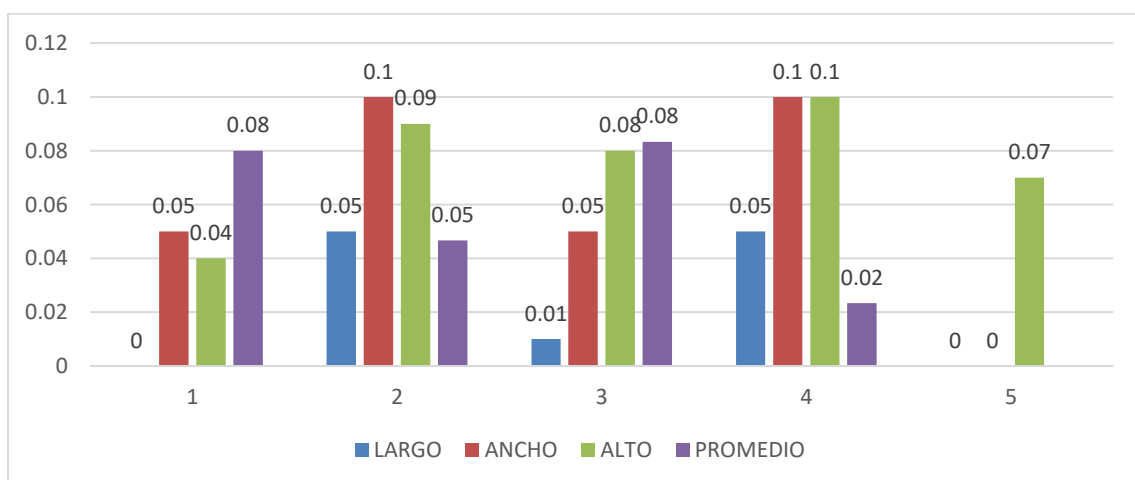
MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL (%)			PROMEDIO
	LARGO	ANCHO	ALTO	
1	0	0.05	0.04	0.03
2	0.05	0.1	0.09	0.08
3	0.01	0.05	0.08	0.05
4	0.05	0.1	0.1	0.08
5	0	0	0.07	0.02

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Lo ladrillos ecológicos fabricados (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) tienen 280 mm de largo, 140 mm de ancho y 75 mm de alto, elaborados con suelo de la cantera Shanango, que presentan una variación dimensional máxima en largo de 0.05, en ancho de 0.05 y en alto de 0.09, en efecto la diferencia de estos cinco ladrillos es mínima, que en promedio fue de 0.08.

Figura 13

Variación dimensional de los ladrillos



Fuente: Ensayo en laboratorio.

Tabla 22

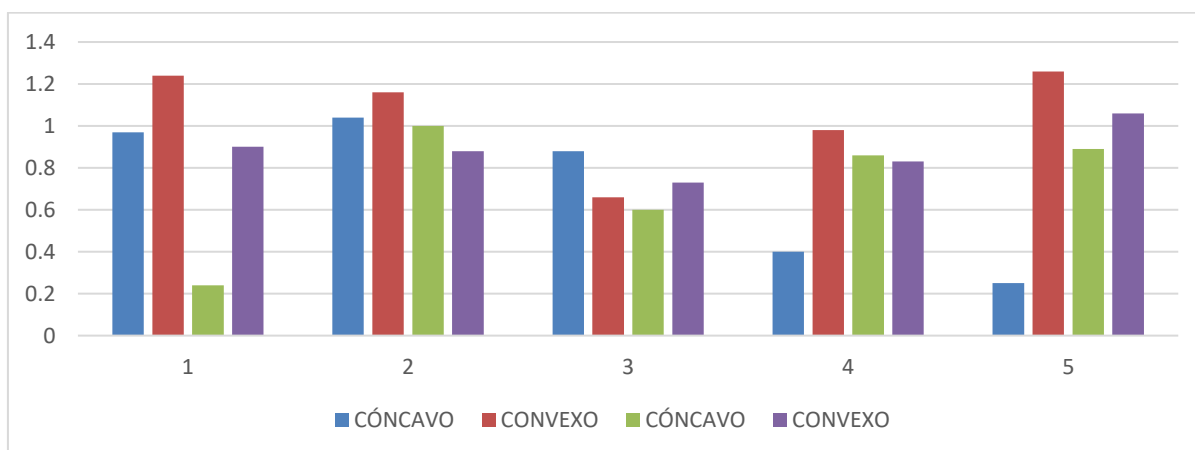
Alabeo de los ladrillos de la cantera Shanango

MUESTRA	ALABEO EN SUPERFICIE (mm)		ALABEO EN BORDE (mm)	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
1	0.97	1.24	0.24	0.9
2	1.04	1.16	1	0.88
3	0.88	0.66	0.6	0.73
4	0.4	0.98	0.86	0.83
5	0.25	1.26	0.89	1.06
MÁXIMO		1.26		1.06

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Figura 14

Alabeo de los ladrillos de la cantera Shanango

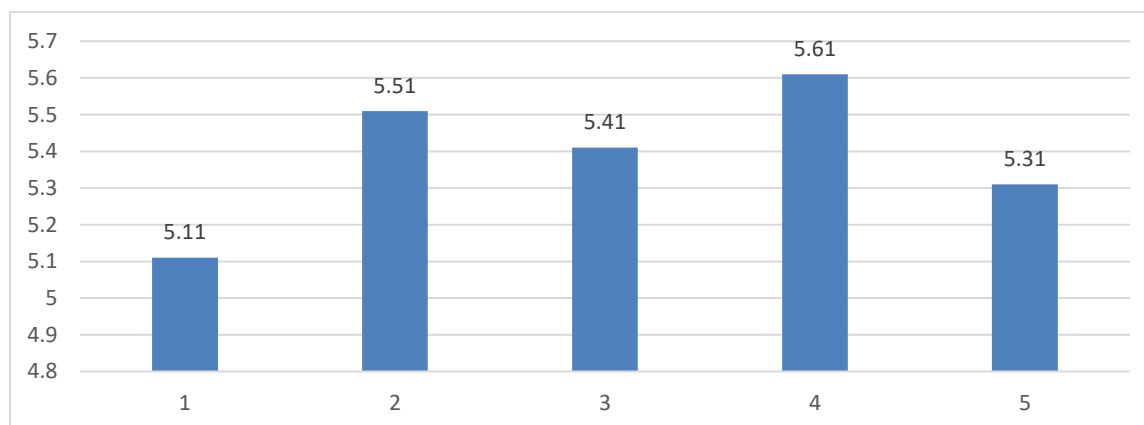


El alabeo cóncavo y convexo de los ladrillos en superficie fue 1.26 mm y en borde fue 1.06 mm, entonces los cinco ladrillos presentan alabeo por concavidad y también alabeo por convexidad en la superficie y también en el borde, porque el equipo que se utilizó para su fabricación fue manual, haciendo un poco difícil el desmolde que por ende no da el enlucido esperado, sin embargo, los valores son bajos por lo que los ladrillos son aceptados.

Tabla 23*Absorción de los ladrillos de la cantera Shanango*

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO MASA	PESO	PESO	ABSORCIÓN (%)
		ESPECÍFICIO MASA SSS	ESPECÍFICO APARENTE	
1	1.962	2.062	2.179	5.11
2	1.943	2.05	2.174	5.51
3	1.942	2.047	2.169	5.41
4	1.945	2.053	2.181	5.61
5	1.956	2.059	2.181	5.31
PROMEDIO	1.9496	2.0542	2.1768	5.39
DESV. ESTÁND.	0.0089	0.0062	0.0052	0.1924
COEF. VARIA.	0.0046	0.0030	0.0024	0.0357

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Figura 15*Absorción de los ladrillos de la cantera*

Fuente: Ensayos de laboratorio.

La absorción promedio de los ladrillos de esta cantera fue de 5.39%, ello significó una buena resistencia a la permeabilidad del agua, que se logró por la estabilización del suelo con cemento, sin embargo, estos ladrillos no presentar rasgos de eflorescencia.

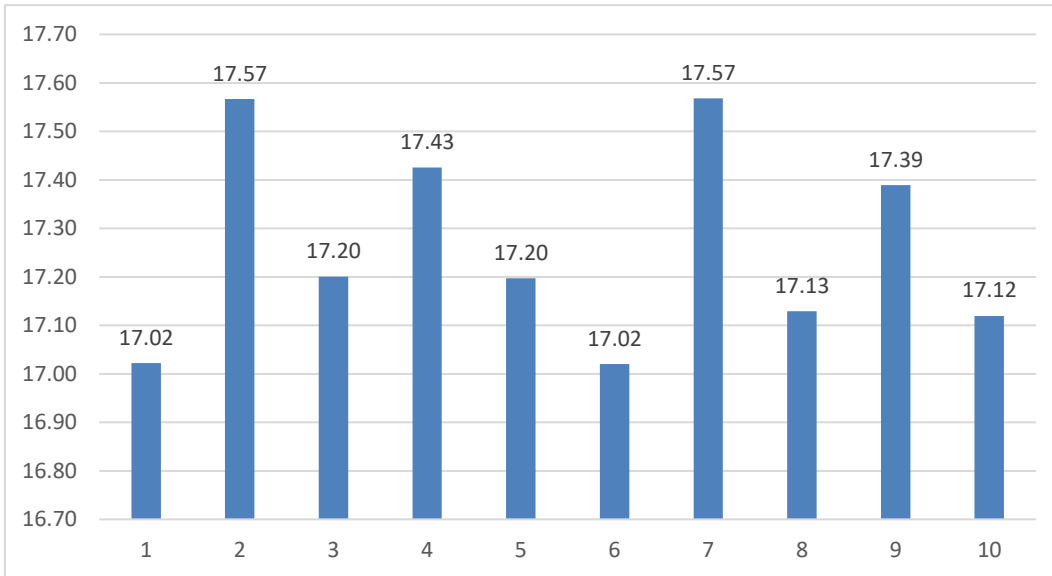
Tabla 24*Resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos*

MUESTRA	CARGA (kg)	ÁREA (cm)	RESISTENCIA (kg/cm2)
1	6692.28	393.15	17.02
2	6906.42	393.16	17.57
3	6763.66	393.22	17.20
4	6853.39	393.3	17.43
5	6763.66	393.3	17.20
6	6693.34	393.26	17.02
7	6909.48	393.3	17.57
8	6736.13	393.26	17.13
9	6839.12	393.3	17.39
10	6735.11	393.42	17.12
PROMEDIO	6789.259	393.267	17.2637
DESV. ESTAND.	81.955	0.078	0.208
COEF. VARIAC.	0.0121	0.0002	0.0121

Fuente: Ensayos de laboratorio.

Figura 16

Resistencia a la compresión de los ladrillos



Fuente: Ensayos de laboratorio.

La resistencia a la compresión de los ladrillos a los 28 días que fueron elaborados con arcilla de la cantera de Shanango en la ciudad de Jaén, fue de 17.26 kg/cm², este valor es el que debió cumplir con la norma técnica que se ha tomado en cuenta para la investigación.

Tabla 25*Módulo de elasticidad de los ladrillos ecológicos*

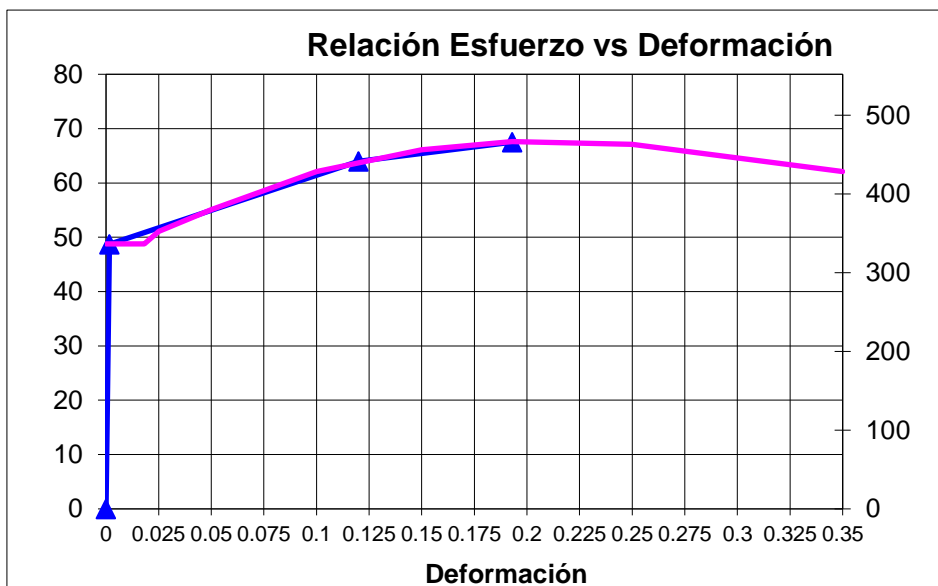
MUESTRA	DEFORMACIÓN UNITARIA	RESISTENCIA (kg/cm²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD
1	0.00041	17.02	41517.57
2	0.00043	17.57	40852.18
3	0.00042	17.20	40954.05
4	0.00041	17.43	42500.85
5	0.00042	17.20	40945.72
6	0.00041	17.02	41512.53
7	0.00043	17.57	40855.73
8	0.00041	17.13	41777.92
9	0.00041	17.39	42412.36
10	0.00042	17.12	40760.45
PROMEDIO	0.00042	17.26374	41408.93706
DESV. ESTAND.	0.0000082	0.2084569	651.1411586
COEF. VARIAC.	0.0197427	0.0120748	0.0157247

Fuente: Ensayos de laboratorio.

El módulo de elasticidad se calculó en el límite proporcional elástico dada con la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria para el ladrillo ecológico de la cantera de Shanango de la ciudad de Jaén los resultados se muestran en Figura 18.

Figura 17

Curva esfuerzo – deformación para los ladrillos



Fuente: Ensayos de laboratorio.

El módulo de elasticidad para los ladrillos ecológicos que fueron fabricados con las arcillas de la cantera Shanango en la ciudad de Jaén, la deformación unitaria alcanzó un promedio de 0.00042, la resistencia 17.26 kg/cm², y por ende el módulo de elasticidad promedio fue de 41408.93.

Tabla 26

Resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos

MUESTRA	G (Kg)	l (cm)	b(cm)	d1(cm)	d2(cm)	dpromedio (cm)	R (kg/cm ²)	R (Mpa)
1	1300.00	15.00	13.53	7.50	7.50	7.50	38.43	3.77
2	1350.00	16.00	13.23	7.40	7.45	7.43	44.42	4.36
3	1380.00	17.00	14.00	7.46	7.44	7.45	45.29	4.44
4	1370.00	18.00	13.53	7.35	7.45	7.40	49.93	4.90
5	1360.00	19.00	13.57	7.42	7.47	7.45	51.53	5.05
6	1400.00	20.00	13.25	7.50	7.45	7.48	56.73	5.56
7	1390.00	21.00	14.00	7.38	7.41	7.40	57.19	5.61
8	1320.00	22.00	13.29	7.40	7.45	7.43	59.45	5.83
9	1310.00	23.00	13.42	7.44	7.50	7.47	60.35	5.92
10	1300.00	24.00	14.00	7.40	7.50	7.45	60.23	5.91
Flexión Promedio							52.36	5.13

Fuente: Ensayos de laboratorio.

El ensayo a la resistencia de flexión de los ladrillos se da a los 28 días, el cual se tiene que la flexión promedio es de 52.36 kg/cm² equivalente a 5.13 Mpa, este valor se debe comparar con la norma Ecuatoriana INEN 295 para ver si cumple.

Tabla 27

Ensayo de Resistencia de compresión axial en pilas

N° PILAS	fm (kg/cm²)	E	CC	fm corregido(kg/cm²)
1	19.16	2.26	0.764	14.64
2	19.06	2.20	0.759	14.46
3	19.13	2.19	0.759	14.51
4	18.78	2.31	0.768	14.43
5	18.98	2.26	0.764	14.50
6	18.72	2.21	0.760	14.23
7	18.57	2.27	0.765	14.21
8	18.62	2.19	0.759	14.13
9	18.93	2.32	0.769	14.56
10	18.80	2.26	0.764	14.37
fm Promedio (X)				14.40
Desviación estándar				0.17
f'm				14.23

Fuente: Ensayos de laboratorio.

El ensayo de resistencia de compresión en pilas de los ladrillos se da a los 28 días, el cual se tiene que la compresión axial es de 14.23 kg/cm², este valor se debe comparar con la norma E0.80 para ver si cumple.

4.2. Análisis de la resistencia de los ladrillos respecto a la norma

Tabla 28

Comparación del ladrillo ecológico

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	LADRILLO		CRITERIOS	
	Con 15% de cemento	ADOBE (E.080)	NORMA (E.070)	NTE INEN 297
Tipo				
Variación dimensional máxima				
Largo (%)	0.05	--	3.00	--
Ancho (%)	0.05	--	2.00	--
Alto (%)	0.09	--	1.00	--
Alabeo Máximo (mm)	1.26	--	2.00	--
Absorción (%)	5.39	--	22.00	16.00 "Tipo D"
Resistencia a compresión (kg/cm²)	17.26	10.20	50.00	30.59 "tipo F"
Resistencia a la Flexión (kg/cm²)	52.36	--	--	40.79 "Tipo D"
Compresión en Pilas (kg/cm²)	14.23	6.12	35.00	--

Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%)) fabricados con las arcillas de la cantera Shanango en la ciudad de Jaén, si cumple con la resistencia a la compresión que establece la norma técnica E 0.80 que es mínimo 10.20 kg/cm², y se tiene un resultado de 17.26 kg/cm²; Además estos ladrillos cuentan con una buena absorción de 5.39%, teniendo una mayor resistencia en climas que son húmedos siendo este porcentaje menor que la estipulada en la norma E.070 (22.00 %) y la norma ecuatoriana INEN 295 (16.00% Tipo D), la resistencia a la Flexión de los ladrillos es de 52.36 kg/cm² la cual si cumple para la norma ecuatoriana que nos dice que la resistencia a la flexión mínima es de 40.79 kg/cm², y por último la resistencia en pilas es de 14.23 kg/cm² con este resultado cumple con la norma E.080 (6.12 kg/cm²) pero no cumple con la norma E.070 (35.00 kg/cm²), sin embargo, el ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) presenta buenas características físicas y mecánicas que fueron elaborados con arcillas de la cantera Shanango en la ciudad de Jaén, siendo ello adecuado para la construcción de viviendas siguiendo la norma E.080.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3. Discusión de los resultados

4.3.1 Resistencia a la compresión

- ✓ Se puede observar en la tabla 29, los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborados con las arcillas de la ciudad de Jaén, tiene una resistencia a la compresión de : 17.26 kg/cm² en promedio, resultado similar a las investigaciones de: Aguirre Gaspar, (2004) Evaluación de las características estructurales de la albañilería producidas con unidades fabricadas en la región central Junín, que tiene como conclusión que la resistencia a la compresión es de 39.41 kg/cm² , y la investigación de Mego Barboza, (2013) Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King – Kong producidos en el sector de fila alta – Jaén, en el cual se concluyó que la resistencia a compresión es de 39.81 kg/cm² .
- ✓ El ladrillo Ecológico tiene una resistencia a la compresión de 1.70 Mpa (17.26 kg/cm²) al compararse con la Norma E.080 si cumple ya que establece como mínimo 10.20 Kg/cm².

Tabla 29

Comparación de la Resistencia a la compresión

TIPOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Arcilla + 15% de cemento	17.26 kg/cm ²
Norma E.070	50.00 kg/cm ²
Norma E 080	10.20 kg/cm ²
Norma INEN 297	30.59 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Ensayo a la Absorción

- ✓ En los ensayos realizados al ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén, se obtuvo que los porcentajes de absorción de estos ladrillos resultaron más impermeables que los ladrillos que fabricaron en otras investigaciones como la de: Mendoza Salinas, (2018) Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017, su resultado de absorción del ladrillo es de 15,24%.
- ✓ De la Tabla 30, se observa: que tenemos una absorción de 5.39% por lo cual cumple con la norma E.070 que señala que la absorción para ladrillos de arcilla no debe ser mayor de 22% y también cumple con la norma INEN 295 que dice que la absorción máxima para el ladrillo hueco tipo D es de 16.00 %.

Tabla 30

Comparación del Ensayo de Absorción

TIPOS	ABSORCIÓN
Arcilla + 15% de cemento	5.39 %
Norma E.070	22.00 %
Norma INEN 297	16.00 %

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Variación Dimensional

- ✓ En los ensayos realizados al ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén, se obtuvo como resultado que la variación dimensional máxima es en Largo: largo: $\pm 0.05\%$, ancho: $\pm 0.05\%$ y alto: $\pm 0.09\%$, estos resultados hallados en la investigación son similares a las investigaciones de: Aguirre Gaspar, (2004) Evaluación de las características estructurales de la albañilería producidas con unidades fabricadas en la región central Junín, que tiene como conclusión que tiene características aceptables y se clasifica en el Tipo IV y V , También en la investigación de Mendoza Salinas, (2018) Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017, donde se obtiene como resultado que la variación dimensional es menor a $\pm 0.17\%$, por lo cual es similar a lo hallado en esta investigación.
- ✓ Para poder Compararlo con la Norma E 0.70 se ha elegido el ladrillo clase V el cual nos dice Variación Dimensional en largo es de $\pm 3\%$, ancho $\pm 2\%$ y alto $\pm 1\%$, pero el Ladrillo ecológico que se elaboró en la ciudad de Jaén tiene una Variación Dimensional en largo $\pm 0.05\%$, ancho $\pm 0.05\%$ y alto $\pm 0.09\%$. por lo cual se puede concluir que si cumple con la norma E 0.70.

Tabla 31*Comparación de la Variación dimensional*

TIPOS	ABSORCIÓN		
	LARGO	ANCHO	ALTO
Arcilla + 15% de cemento	0.05 %	0.05 %	0.09 %
Norma E.070	3.00 %	2.00 %	1.00 %

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 Alabeo

- ✓ En los ensayos realizados al ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén, se obtuvo como resultado que el alabeo máxima en superficie es de :1.26 mm y el alabeo máximo en borde es de : 1.06 mm, estos resultados hallados en la investigación son similares a las investigación de: Mendoza Salinas, (2018) Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017, donde concluyó que el alabeo máximo es de 1.13mm, por lo cual es similar a lo hallado en esta investigación.
- ✓ Podemos observar en la Tabla 32, que el ladrillo ecológico producido en la cantera de Shanango de la ciudad de Jaén. Cumplen lo recomendado en la Norma Técnica E.070 para un ladrillo de clase V por ende, los muros tendrán el espesor adecuado de mortero, lo cual no afectara a la resistencia ya que por cada centímetro de junta adicional de mortero, la resistencia baja un 15 % en el muro de albañilería.
- ✓ El alabeo cóncavo y convexo de los ladrillos en superficie fue 1.26 mm y en borde fue 1.06 mm, porque el equipo que se utilizó para su

fabricación fue manual, haciendo un poco difícil el desmolde que por ende no da el enlucido esperado, sin embargo, los valores son bajos por lo que los ladrillos son aceptados.

Tabla 32

Comparación del ensayo de Alabeo

TIPOS	ALABEO
Arcilla + 15% de cemento	1.26 mm
Norma E.070	2.00 mm

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.5 Resistencia a la Flexión.

- ✓ Podemos observar en la Tabla 33, que el ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) producido en la cantera de Shanango de la ciudad de Jaén. Cumplen lo recomendado por la Norma INEN 297 para el “tipo D” que la resistencia a la flexión mínima es de 40.79 kg/cm².

Tabla 33

Comparación del ensayo de Resistencia a la Flexión

TIPOS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
Arcilla + 15% de cemento	52.36 kg/cm ²
Norma INEN 297	40.79 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.6 Compresión en Pilas.

- ✓ Podemos observar en la Tabla 34, que el ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) producido en la cantera de Shanango de la ciudad de Jaén. Cumplen lo recomendado por la Norma E.080 (6.12 kg/cm²)

Tabla 34*Comparación del ensayo de Compresión en Pilas*

TIPOS	COMPRESIÓN EN PILAS
Arcilla + 15% de cemento	14.23 kg/cm ²
Norma E.070	35.00 kg/cm ²
Norma E.080	6.12 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Contrastación de hipótesis

La hipótesis que se planteó en la investigación fue la siguiente: Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) elaborado con arcillas de la ciudad de Jaén en el año 2022, si cumplen con lo establecido en la norma técnica E.080.

De acuerdo con los resultados encontrados en las pruebas realizados a los ladrillos en el laboratorio: La variación Dimensional el largo tiene 0.05% (según Laboratorio) , la norma de albañilería permite hasta 3.00%, en el ancho se tiene 0.05%(según Laboratorio) , mientras que en la norma se permite hasta 2.00% y en el alto se tiene en los ladrillos 0.09% (según Laboratorio) mientras que en la norma se permite hasta 1.00%. El alabeo máximo en los ladrillos ecológicos fue de 1.26 mm, y en la norma técnica hasta 2 mm. En la absorción de los ladrillos ecológicos fue de 5.39%, mientras que en la norma técnica E.070 como mínimo 22.00% y la norma INEN 297 como máximo para el tipo D es de 16.00% estamos dentro del rango. En la resistencia a la compresión es de 17.26 kg/cm², la norma E.080 tiene como mínimo 10.20 kg/cm² la cual si cumple y la norma INEN 297 para el tipo F tiene como mínimo 30.59 Kg/cm² la cual no cumple. Para la resistencia a la flexión tenemos como resultado 52.36 kg/cm²,

pero la norma INEN 297 para el tipo D tiene como mínimo 40,78 kg/cm² por lo cual si cumple, la Compresión en pilas es de 14.23 kg/cm², lo cual para la norma E.080 es de 6.12 kg/cm² como mínimo y para la norma E.070 es de 35.00 kg/cm². Por lo que se concluye que la hipótesis de investigación si se acepta puesto que si cumple con lo estipulado en la norma técnica E 0.80.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de la presente investigación solo es un estudio para ver cómo influye el cemento en una dosificación de 15%, y se describió de acuerdo con los planteado en los objetivos de la investigación, que fueron los siguientes:

En la calicata C1 de donde se extrajo la muestra de arcilla para los ladrillos ecológicos (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) , se encontró en la clasificación granulométrica que pasa el tamiz N° 200 donde se obtuvo 96.4%, además se puede clasificar según SUCS para la C1, se tiene un suelo con partículas finas, limo de alta plasticidad arenoso MH, y la clasificación AASHTO para la C1, se tiene un material limoso arenoso, suelo arcilloso A-7-5.

La variación dimensional del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, se ha comparado con la Norma Técnica E-0.70, clasificándolo como Ladrillo de clase V (Ladrillo Clase V variación dimensional = $\pm 3\%$ Largo, $\pm 2\%$ Ancho y $\pm 1\%$ Alto). Siendo que el ladrillo fabrico en la cantera de Shanango tiene una Variación Dimensional menor a lo que establece la Norma Técnica E 0.70 y se puede clasificar como un tipo V.

El alabeo, del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, al comparar con la Norma Técnica E.070 se clasifica en clase V (Ladrillo clase V alabeo máximo 2 mm). Teniendo menor alabeo el ladrillo

fabricado en la cantera de Shanango: Alabeo Superficial= 1.26 mm y Alabeo en Borde = 1.06 mm.

La resistencia a compresión del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, donde se comparó con la Norma Técnica E.080 (10.20 kg/cm²) donde si cumple como Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%.

La absorción del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, se ha comparado con la Norma Técnica E.070 (máximo 22%) y con la norma INEN 297 para el tipo D (máximo 16%). Teniendo como resultado de absorción para el ladrillo ecológico 5.36% , por lo que se concluye que si cumple.

La Resistencia a la Flexión del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, se ha comparado con la Norma INEN 297 para el tipo D (mínimo 40.79 kg/cm²). Teniendo como resultado de resistencia a la flexión para el ladrillo ecológico 52.36 kg/cm², por lo que se concluye que si cumple.

Compresión en pilas, del ladrillo ecológico (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) que fueron elaborados con arcillas de la ciudad de Jaén, se ha comparado con la Norma Técnica E.080 (6.12 kg/cm²). Teniendo como resultado de Compresión en pilas para el ladrillo ecológico 14.23 kg/cm², por lo que se concluye que si cumple.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se debe realizar otras investigaciones, con más porcentaje de cemento y también realizar ensayos en muretes en la Provincia de Jaén, con la finalidad de encontrar la mezcla idónea para elaborar un ladrillo que se pueda usar de manera estructural y cumpliendo la norma.

- ✓ Se recomienda, realizar nuevos estudios sobre la manufactura (Bloque de Tierra Comprimida Estabilizada con Cemento a un 15%) por los beneficios y soportes que brinda en el aspecto ambiental, social y económico, debido a que no requieren procesos de cocción.

- ✓ En esta investigación solo se estudió la influencia que tiene el cemento en una dosificación al 15%, por eso se recomienda a los estudiantes de Ingeniería Civil que tengan interés en este campo lo complementen con otro tipo de estudios y diversas cantidades de arcilla y arena, para que sea más factible en la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afanador, O. H. (2017). Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos. Ocaña.

Mario Averardo Bianucci, (2009) en su investigación el Ladrilo – Los orígenes y Desarrollo, Universidad Nacional del Nordeste.

Sanchez & Valero, (2020) en su investigación Los bloques de tierra comprimida (BTC) modificados como un modelo óptimo de construcción sostenible en reemplazo de los bloques de arcilla cocida tradicional, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña .

Camacho, A., & Mena, M. J. (2018). Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Aguirre Gaspar, (2004) en su investigación Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central junin, de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Oscar Medina (2021) en su investigación Diseño de bloque de tierra comprimida estabilizado con cemento, como material sostenible, para el uso en la construcción de viviendas rurales en la provincia de San Martín, Región San Martín, de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Mego Barboza, (2013) en su investigación Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos king - kong producidos en el sector de fila alta- Jaén, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Jiménez & Llanos, (1985) en su investigación Estudio del adobe fabricado en la ciudad de Cajamarca y su mejoramiento, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Cuélar Poémape, E. (2019). Evaluación de la resistencia a la fractura de los ladrillo. San Salvador.

Ecología Verde. (2020). Ladrillos ecológicos, tipos y ventajas. Infomedia.

Ecured. (2021). Ladrillo de material que no degradan el medio ambiente. FEDIT.

Instituto Nacional de Vías. (2016). Procedimiento para la preparación de muestras de suelos por cuarteo. Bogotá.

Isan, A. (2022). Ladrillos ecológicos: qué son, tipos y ventajas. Ecología Verde.

Mendoza Salinas, L. (2018). Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017. Universidad Privada del Norte.

Palacios Goicochea, L. (2012). Cálculo de los parámetros de la distribución de Weibull para ladrillos. Houston.

Rojas Vargas, J. (2016). Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológicos prensados. Pontificia Universidad Católica del Perú.

NTP 339.127. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, 1ª ed. Instituto Nacional de la calidad, INACAL.

NTP 339.128. (2019). Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico, 1ª ed. INACAL.

NTP 339.129. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, 1ª ed. INACAL.

NTP 399.604. (2015). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. INACAL.

NTP 399.605. (2013). Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. INACAL.

NTP 399.613. (2017). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 2ª ed. INACAL

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.070 – ALBAÑILERÍA. 2020.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.080 – DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. 2020

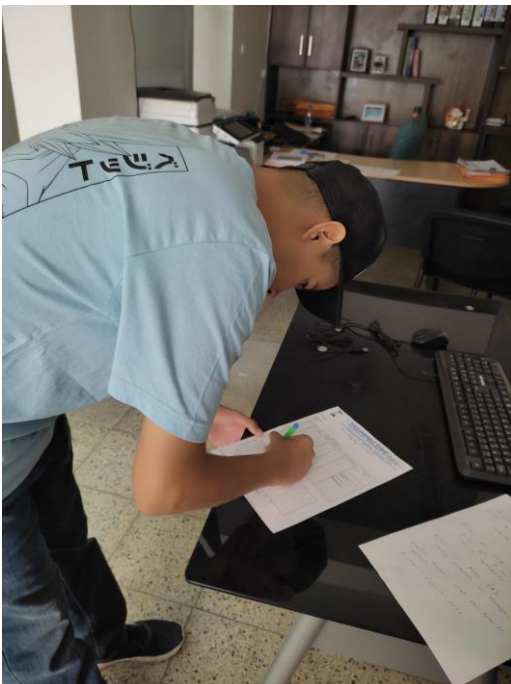
Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1977) NORMA INEN 295 “LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN”. Quito. INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1977) NORMA INEN 297 “LADRILLOS CERÁMICOS. REQUISITOS”. Quito. INEN.

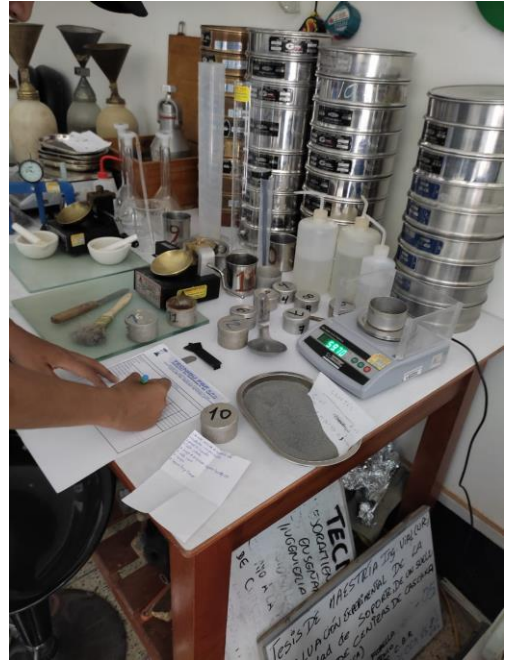
ASTM D 2487. (2011). Práctica estándar para la clasificación de los suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). United States.

ANEXOS

Anexo A: Fotografías de ensayos de suelos y de ladrillos ecológicos







ANEXO B: Fichas de ensayos