



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE  
FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título  
de Ingeniero Industrial

**Autores:**

Mena Carrera Dylan Alexander

Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo

**Tutor:**

Ing. Msc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

Latacunga – Ecuador

Octubre – 2019

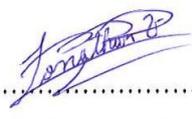
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Mena Carrera Dylan Alexander** y **Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **Control de calidad en los procesos de fabricación de ladrillos ecológicos**, siendo el **Ing. Msc. Benjamín Belisario Chávez Ríos**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....  
Mena Carrera Dylan Alexander  
C.C. 150090311-5



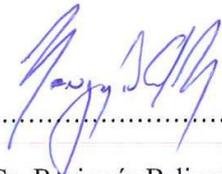
.....  
Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo  
C.C.050390349-4

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Control de calidad en los procesos de fabricación de ladrillos ecológicos” de **Mena Carrera Dylan Alexander y Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo**, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas**, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2020



.....  
Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

C.C. 171676037-4

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes; **MENA CARRERA DYLAN ALEXANDER Y VILLAMARIN JIMENEZ JONATHAN MARCELO** con el título de Proyecto de titulación: “**CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero, 2020

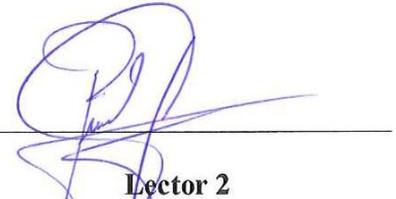
Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mg. Diana Marín

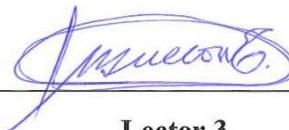
C.C. 120414450-3



**Lector 2**

Ing. Mg. Raúl Andrago

C.C. 171752625-3



**Lector 3**

Ing. PhD. Medardo Ulloa

C.C. 100097032-5

**“Ecoladrillos Cotopaxi”**

**AVAL DE LA EMPRESA**



Latacunga, 23 de Enero del 2020.

Yo, Vergara Pacheco Luis Aníbal, con cédula de ciudadanía 050339879-4, en calidad de gerente de la Empresa “Ecoladrillos Cotopaxi”, CERTIFICO que los Sres. Mena Carreara Dylan Alexander con cédula de ciudadanía 150090311-5 y Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo con cédula de ciudadanía 050390349-4 realizaron en las instalaciones de la empresa el proyecto de investigación titulado: **“CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS”**. En la ejecución de dicho proyecto los Sres. demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad, así también generaron resultados en su proyecto, que le serán de gran utilidad a la empresa por cuanto se enfocó a solucionar problemas inherentes a la verificación de propiedades mecánicas en los ladrillos ecológicos.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Ing. Luis Aníbal Vergara Pacheco

CC: 050339879-4

**Gerente General de la empresa “Ecoladrillos Cotopaxi”**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios, que sin él nada sería posible, a mis padres por todo el arduo trabajo y sacrificio que han hecho para que yo logre convertirme en profesional y jamás soltarme de la mano a pesar de los malos ratos que les he hecho pasar, a mis hermanos y a mis tías que de una u otra manera me muestran su apoyo. A mi mami Geno agradezco infinitamente por sus enseñanzas y consejos que siempre me dio; fue, es y será la mejor madre del mundo junto a mi mami Paty. Como no agradecer a Selva, que me ha demostrado ser un apoyo incondicional en mi diario vivir. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y brindarme valores que los inculcaré durante toda mi vida.

*Dylan*

### **Agradecimiento**

En la vida siempre existe sueños por el cual luchar y este sueño cumplido le agradezco a Dios por otorgarme siempre su bendición, a mis padres y a mi hermana por la confianza que me brindan para cumplir mis metas propuestas y guiarme siempre con sus sabios consejos; también quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme adquirir conocimientos dentro de sus aulas, formándome como un profesional de excelencia y humanista, al Ingeniero Benjamín Chávez por ser una gran persona y guiarme para la ejecución del trabajo y a todos mis docentes que estuvieron en mi formación académica.

*Jonathan*

### **Dedicatoria**

Esta meta va dedicada a mis ángeles, en especial a mi mami Geno y a mamita Sara por ser unas mujeres maravillosas y enseñarme lo cuan bella es la vida sin necesidad de poseer lujos, sé que ambas me están cuidando y bendiciendo desde el cielo, las amo con todo mi ser y jamás saldrán de mi mente y mi corazón. A Dalton y Andrea, para que se den cuenta de que si yo puedo, porque ellos no, que sigan adelante siempre y jamás se rindan a pesar de las adversidades que existan. A Jordi y Nahitan, que por ellos me esforzaré cada día para que nada les falte.

*Dylan*

### **Dedicatoria**

A mis padres Marcelo y Aida por ser mi fortaleza y apoyo constante en el cumplimiento de mis metas; por nunca dejarme de apoyar y siempre motivarme a ser cada día mejor persona; a mi hermana Evelyn por ser un apoyo más en mi vida estudiantil, y brindarme siempre su comprensión y cariño.

A toda mi familia por el cariño y confianza que me dieron siempre.

*Jonathan*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE LA EMPRESA .....	v
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria.....	viii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	2
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
4.1. Situación problemática.....	3
4.2. Planteamiento del problema.....	3
5. OBJETIVOS .....	4
5.1. Objetivo general.....	4
5.2. Objetivos específicos .....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Ladrillos ecológicos. ....	6
7.2. Proceso.....	7
7.3. Procesos productivos. ....	8
7.3.1. Proceso de fabricación de ladrillos ecológicos. ....	8
7.3.1.1. Mezcla manual.....	8
7.3.1.2. Proceso de compresión. ....	9
7.3.1.3. Proceso de curado. ....	10
7.4. Composición de los ladrillos ecológicos.....	10
7.4.1. Cangahua.....	10
7.4.2. Aserrín.....	12
7.4.3. PET (Polietileno tereftalato). ....	14

7.5. Normativa. ....	14
7.5.1. Propiedades a la resistencia mecánica y absorción de humedad. ....	15
7.5.1.1. Resistencia a la compresión. ....	16
7.5.1.2 Resistencia a la flexión. ....	16
7.5.1.3. Absorción de humedad. ....	17
7.6. Historia de la calidad. ....	17
7.7. Gurús de la calidad.....	18
7.8. Calidad. ....	19
7.9. Control de calidad. ....	19
7.10. Aplicación de ensayos de control de calidad. ....	20
7.10.1. Ensayo de resistencia a la compresión. ....	22
7.10.2. Ensayo de resistencia a la flexión. ....	23
7.10.3. Ensayo de absorción de humedad. ....	24
7.11. Procedimiento manual del análisis de varianza con un solo factor (ANOVA) .....	25
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	29
9. METODOLOGÍA.....	29
9.1. Tipos de investigación .....	29
9.2. Métodos de investigación .....	29
9.3. Técnicas de investigación .....	30
9.4. Instrumentos de investigación.....	30
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	30
10.1. Detalle de los procesos en la elaboración de ladrillos ecológicos de los tres tipos de ladrillos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi. ....	30
10.1.1. Proporciones y porcentajes de mezclas en la elaboración de los ladrillos ecológicos. ....	31
10.1.1.1. Ladrillo ecológico a base de cangahua negra, cemento y agua. ....	31
10.1.1.2. Ladrillo ecológico a base de PET, cangahua negra, cemento y agua. ....	31
10.1.1.3. Ladrillo ecológico a base de aserrín, cangahua negra, cemento y agua. ....	31
10.1.2. Interpretación de los procesos de la fabricación de los ladrillos ecológicos. ....	32
10.1.2.1. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de cangahua. ..	33
10.1.2.2. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de PET. ....	34
10.1.2.3. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de aserrín.....	35
10.1.3. Descripción de los procesos en la elaboración de ladrillos ecológicos. ....	36

10.1.4. Características de cada proceso en la elaboración de ladrillos ecológicos. ....	37
10.1.5. Diagrama de flujo de volumen y de masa en la elaboración de la cangahua, PET y aserrín.....	40
10.2. Realización de ensayos de las propiedades en la resistencia mecánica y absorción de humedad del ladrillo ecológico. ....	43
10.2.1. Ejecución de los ensayos de todas las muestras de ladrillos.....	43
10.2.1.1. Ensayo de resistencia a la compresión.....	43
10.2.1.2. Ensayo de resistencia a la flexión. ....	43
10.2.1.3. Ensayo de absorción de humedad. ....	44
10.2.2. Resultados de la resistencia mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y absorción máxima de humedad.....	44
10.2.2.1. Resistencia a la compresión. ....	44
10.2.2.2. Resistencia a la flexión. ....	51
10.2.2.2. Absorción de humedad. ....	53
10.3. Comparación de los resultados obtenidos para la obtención del mejor ladrillo en base a sus propiedades fundamentales y costo de producción.....	55
10.3.1. Análisis de los resultados obtenidos para conocer cual ladrillo es la opción ideal para la fabricación de los mismos en base a la resistencia mínima a compresión, resistencia mínima a la compresión y absorción máxima de humedad. ....	55
10.3.2. Realización del programa Minitab de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad. ....	59
10.3.2.1. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la resistencia a la compresión en base a sus tres composiciones.....	60
10.3.2.1. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la resistencia a la flexión en base a sus tres composiciones. ....	66
10.3.2.3. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la absorción de humedad en base a sus tres composiciones. ....	71
10.3.3. Obtención del tipo de ladrillo que genera menor costo de producción.....	75
10.3.3.1. Costo de producción del ladrillo ecológico con cangahua.....	75
10.3.3.2. Costo de producción del ladrillo ecológico con PET.....	76
10.3.3.3. Costo de producción del ladrillo ecológico con aserrín.....	78
10.3.3.4. Comparación del costo de producción de los tres tipos de ladrillos ecológicos. ....	79
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	81

11.1. Impacto técnico.....	81
11.2. Impacto social.....	81
11.3. Impacto ambiental.....	81
11.4. Impacto económico.....	81
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	82
13. CONCLUSIONES.....	83
14. RECOMENDACIONES.....	83
15. BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto.....	3
Tabla 2. Actividades para cumplir con los objetivos planteados. ....	4
Tabla 3. Características y propiedades del aserrín. ....	13
Tabla 4. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos. ....	21
Tabla 5. Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de cangahua.....	31
Tabla 6. Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de PET.....	31
Tabla 7. Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de aserrín. ....	31
Tabla 8. Control de las características de cada proceso. ....	37
Tabla 9. Carga máxima de rotura de la compresión de cangahua. ....	45
Tabla 10. Datos de la resistencia mínima a la compresión de la cangahua. ....	47
Tabla 11. Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos.....	47
Tabla 12. Carga máxima de rotura de la compresión de PET. ....	48
Tabla 13. Datos de la resistencia mínima a la compresión del PET.....	48
Tabla 14. Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos de PET.....	49
Tabla 15. Carga máxima de rotura de la compresión de aserrín. ....	49
Tabla 16. Datos de la resistencia mínima a la compresión de aserrín.....	50
Tabla 17. Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos de PET.....	50
Tabla 18. Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de cangahua. ..	52
Tabla 19. Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de PET. ....	52
Tabla 20. Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de aserrín.....	53
Tabla 21. Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de cangahua. ....	54
Tabla 22. Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de PET. ....	54
Tabla 23. Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de aserrín. ....	55
Tabla 24. Análisis de la resistencia mínima a la compresión entre los tres tipos de ladrillos. ..	56
Tabla 25. Análisis de la resistencia mínima a la flexión entre los tres tipos de ladrillo.....	57
Tabla 26. Resistencia a la flexión del ladrillo tradicional. ....	58
Tabla 27. Análisis del porcentaje de absorción entre los tres tipos de ladrillo.....	59
Tabla 28. Intervalo de confianza de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín. .....	62
Tabla 29. Datos de la resistencia a la compresión.....	63
Tabla 30. Fórmulas y resolución para Minitab.....	63

Tabla 31. Fórmula para calcular la media. ....	64
Tabla 32. Fórmula para calcular la desviación estándar.....	65
Tabla 33. Intervalo de confianza de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín. ....	68
Tabla 34. Intervalo de confianza de la absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín....	72
Tabla 35. Costo diario de materia prima de cangahua. ....	75
Tabla 36. Costo total de mano de obra diaria de cangahua. ....	76
Tabla 37. Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) de la cangahua. ....	76
Tabla 38. Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de cangahua.....	76
Tabla 39. Costo diario de materia prima de PET. ....	77
Tabla 40. Costo total de mano de obra diaria de PET. ....	77
Tabla 41. Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) del PET. ....	77
Tabla 42. Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de PET.....	77
Tabla 43. Costo diario de materia prima de aserrín.....	78
Tabla 44. Costo total de mano de obra diaria de aserrín. ....	78
Tabla 45. Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) de aserrín. ....	78
Tabla 46. Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de aserrín.....	79
Tabla 47. Presupuesto para la elaboración del proyecto. ....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mezcla manual de materiales.....	9
<b>Figura 2.</b> Proceso de compresión.....	10
<b>Figura 3.</b> Proceso de curado. ....	10
<b>Figura 4.</b> Superficies de cangahua superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm; por Provincia:.....	11
<b>Figura 5.</b> Distribución t de student. ....	56
<b>Figura 6.</b> Resultados de Minitab en resistencia a la compresión de cangahua.....	65
<b>Figura 7.</b> Resultados de Minitab en resistencia a la flexión de cangahua.....	69
<b>Figura 8.</b> Resultados de Minitab de absorción de humedad.....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cangahua. ...	33
Gráfico 2. Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de PET. ....	34
Gráfico 3. Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de aserrín. ....	35
Gráfico 4. Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración de la cangahua. ....	40
Gráfico 5. Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración del PET. ....	41
Gráfico 6. Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración de aserrín. ....	42
Gráfico 7. Interpretación gráfica de cajas de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín. ....	61
Gráfico 8. Interpretación gráfica de intervalos de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín. ....	62
Gráfico 9. Intervalos de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín aplicado. ....	66
Gráfico 10. Interpretación gráfica de cajas de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín. ....	68
Gráfico 11. Interpretación gráfica de intervalos de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín. ....	69
Gráfico 12. Intervalos de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín aplicado. ....	70
Gráfico 13. Interpretación gráfica de cajas de absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín. ....	72
Gráfico 14. Interpretación de gráfica de intervalos de absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín. ....	73
Gráfico 15. Intervalos de la absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín aplicado. ....	75
Gráfico 16. Costo de producción de cangahua, PET y aserrín. ....	80

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula resistencia a la compresión.....	22
Ecuación 2. Fórmula área del ladrillo.....	22
Ecuación 3. Fórmula módulo rotura.....	23
Ecuación 4. Fórmula absorción de humedad.....	24
Ecuación 5. Hipótesis nula y alternativa.....	25
Ecuación 6. Fórmula promedio.....	26
Ecuación 7. Fórmula suma de datos.....	26
Ecuación 8. Fórmula del número de observaciones por muestra.....	26
Ecuación 9. Sumatoria de cuadrados.....	26
Ecuación 10. Suma de datos al cuadrado sobre número de observaciones por muestra.....	26
Ecuación 11. Fórmula suma de cuadrados entre grupos.....	27
Ecuación 12. Fórmula suma de cuadrados dentro de grupos.....	27
Ecuación 13. Grado de libertad de cuadrados entre grupos.....	27
Ecuación 14. Grado de libertad de cuadrados dentro grupos.....	27
Ecuación 15. Fórmula de cuadrados medios entre grupos MSTR.....	27
Ecuación 16. Fórmula de cuadrados medios dentro de grupos MSE.....	27
Ecuación 17. Fórmula función de la prueba.....	28
Ecuación 18. Fórmula nivel de confianza.....	28
Ecuación 19. Fórmula de desviación estándar.....	28
Ecuación 20. Fórmula de intervalo de confianza t de student.....	29

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** “CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS”.

**Autores:**

Mena Carrera Dylan Alexander

Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo

### **RESUMEN**

La empresa “Ecoladrillos Cotopaxi” es una empresa que dedica sus actividades a la fabricación de componentes estructurales y materiales prefabricados para obras de construcción de ingeniería civil de cemento, piedra artificial o yeso, los ladrillos ecológicos que realiza son tipo lego de 300 x 150 x 85 mm de tres tipos de ladrillo: cangahua, PET y aserrín; debido a que la organización no considera que tipo de ladrillo tiene mejor resistencia mecánica y absorción de humedad, al no poseer un control de calidad del producto hace que se incremente el costo de producción sin cumplir con lo especificado en la norma INEN 297; por tanto el objetivo del presente trabajo es realizar un control de calidad en los ladrillos ecológicos para la verificación de las propiedades en la resistencia mecánica y absorción de humedad en los tres tipos de ladrillos ecológicos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi, esta investigación es de tipo descriptiva por lo que permite la recolección de datos de los procesos de elaboración de los ladrillos ecológicos, mediante esto se pretende obtener resultados de los ensayos de la resistencia mecánica y absorción de humedad para analizar qué tipo de ladrillo es el más óptimo, y el método utilizado es inductivo ya que se parte con la formulación de la hipótesis siguiente que en base al control de calidad de los tres diferentes tipos de ladrillos ecológicos se identificará que ladrillo es el más conveniente y óptimo para la realización de este producto, los resultados obtenidos fueron que la composición de cangahua posee mejores propiedades, con una resistencia a la compresión, flexión y absorción de humedad de 9,74 MPa, 1,07 MPa y 22% respectivamente, con referencia a la normativa cumplió parámetros de ladrillo hueco de compresión y de humedad, en cambio para flexión fue menor a 2 MPa que especifica la normativa y se relacionó con un ladrillo tradicional que posee 1,08 MPa teniendo características similares.

Palabras clave: Calidad, control de calidad, ladrillos ecológicos, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción a la humedad.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**THEME:** "QUALITY CONTROL IN THE MANUFACTURING PROCESSES OF ECOLOGICAL BRICKS".

**Authors:**

Mena Carrera Dylan Alexander

Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo

**ABSTRACT**

The enterprise "Ecoladrillos Cotopaxi" is a private company that dedicates its activities to the manufacture of structural components and prefabricated materials for civil engineering construction made of concrete, artificial stone or plaster; the ecological bricks produces there are Lego type of 300 x 150 x 85 mm, and there are three different models: cangahua, PET and sawdust; because of the organization does not consider which kind of brick has better mechanical strength and moisture absorption, neither having a quality control of the product, it increases the cost of production without complying with what is specified in the INEN 297 regulations; consequently, the objective of this work is to carry out a quality control process of the ecological bricks for the verification of its properties in the mechanical resistance and moisture absorption in the three types of environmental blocks manufactured by the company. This investigation is descriptive, so it allows the data collection of the processes of ecological bricks elaboration; after that, it is tried to obtain results of the tests of the mechanical resistance and humidity absorption to analyze which type of brick is the most optimal. At the same time, the method used is inductive since it starts with the formulation of the following hypothesis that based on the quality control of the three different types of ecological bricks, it will be identified which brick is the most convenient and optimal for its manufacturing. The results obtained were that the composition of cangahua has better properties with a resistance to compression, flexion, and moisture absorption of 9.74 MPa, 1.07 MPa, and 22%, respectively which has wholly met the regulations of hollow brick compression and humidity parameters. However, for flexion, it was less than 2 MPa specifying the normative and related to a traditional brick that has 1.08 MPa having similar characteristics.

**Keywords:** Quality, quality control, ecological bricks, compressive strength, flexural strength, moisture absorption.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores: Mena Carrera Dylan Alexander y Villamarin Jimenez Jonathan Marcelo, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, cuyo título “**CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero del 2020

Atentamente,



.....  
**Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 1722417571



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del proyecto:**

Control de calidad en los procesos de fabricación de ladrillos ecológicos.

**Fecha de inicio:** Octubre del 2019.

**Fecha de finalización:** Febrero del 2020.

**Lugar de ejecución:**

Barrio La Unión – Parroquia 11 de Noviembre – Provincia de Cotopaxi – Zona 3 – Ecoladrillos Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial.

**Proyecto de investigación vinculado:**

Ingeniería Industrial.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:**

- Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

**Autores:**

- Dylan Alexander Mena Carrera
- Jonathan Marcelo Villamarin Jimenez

**Área de Conocimiento:**

Ingeniería industria y construcción.

**Sub área:** Industria y Producción.

**Disciplina:** Control de la calidad, gestión de la calidad.

**Línea de investigación:**

Optimización de procesos productivos.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Procesos Productivos.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La empresa Ecoladrillos Cotopaxi tiene establecidas las proporciones de cada material en los tres tipos de ladrillos ecológicos para ser empleadas en la elaboración de este producto, pero no opta con las propiedades fundamentales establecidas de los ladrillos a base de cangahua, PET y aserrín. Por esta razón la investigación se la realiza con el fin de observar y verificar las propiedades de la resistencia mecánica y absorción de humedad de los ladrillos ecológicos, aplicando ensayos para determinar qué tipo de ladrillo posee mejores propiedades de resistencia mínima a la flexión, resistencia mínima a la compresión y absorción máxima de humedad basados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 297. El control de calidad permite contribuir en la toma de decisiones que la empresa “Ecoladrillos Cotopaxi” debe establecer conforme a los resultados que se obtendrán para la selección de la mejor alternativa entre los tres tipos de ladrillos.

Mediante el análisis de los resultados a obtener durante esta investigación, se debe considerar la opción idónea y así la empresa “Ecoladrillos Cotopaxi” podrá realizar el producto con el componente que cumple con los requisitos de la normativa. Cabe destacar que el impacto ambiental es uno de los factores más sobresalientes para que la Tierra se contamine, por lo que este producto es amigable al medio ambiente, ya que no necesita el proceso de cocción, e independientemente con que material sea el más correcto de realizar el ladrillo ecológico, tanto como la cangahua, el PET o aserrín son componentes que son reciclables y reutilizables y no afectarían al medio ambiente, dando una gran ventaja sobre los ladrillos ordinarios.

## **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

El proyecto de investigación tiene como principales beneficiarios directos al gerente de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi y a los socios. Entre los beneficiarios indirectos se encuentran sus proveedores de materia prima para su elaboración y los trabajadores porque mediante este estudio se verificará cual ladrillo tiene mayor factibilidad de ser utilizado en el área de la construcción y posee mejor calidad de producto, así obteniendo un reconocimiento de la calidad de ladrillo que fabrican.

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los beneficiarios directos e indirectos del proyecto enfocado al control de calidad de los ladrillos ecológicos.

**Tabla 1.** Beneficiarios del proyecto.

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	Directos	Gerente de la empresa Eco Ladrillos	1
		Socios de la empresa	9
	Indirectos	Proveedores	4
		Trabajadores	3
TOTAL			17

**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi

## 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Situación problemática

La empresa “Ecoladrillos Cotopaxi” se dedica a la fabricación de ladrillos ecológicos a base de diferentes materiales que contribuyen al medio ambiente, esta organización realiza ladrillos de tres tipos, los cuales son: cangahua, PET y aserrín. En la elaboración de estos ladrillos no se consideran las propiedades de la resistencia mecánica y absorción de humedad, por lo cual se debe obtener un medio de verificación que cumpla con la normativa vigente en el Ecuador para obtener resultados viables del material que cumpla con los requisitos establecidos para ser utilizado en la construcción. La empresa debido a la utilización de diferentes componentes en la elaboración de los tres tipos de ladrillos, no asumen importancia en considerar que características posee cada tipo de ladrillo, por lo tanto, el producto no posee las especificaciones necesarias para la adquisición del producto. Al no tener un control de calidad del producto, el costo de los diferentes tipos de ladrillos varía, por la utilización excesiva de proporciones que incrementan el valor individual de cada ladrillo ecológico.

En la fabricación de ladrillos ecológicos no se lleva un control de calidad correcto, afectando en la construcción del ladrillo y generando consecuencias perjudiciales durante la existencia de un sismo de gran magnitud.

### 4.2. Planteamiento del problema

¿Cómo afectan los diferentes tipos de componentes en la resistencia mecánica y absorción de humedad, bajo la normativa INEN 297 y con cual se obtiene el menor costo de producción?

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

- Realizar el control de calidad en los ladrillos ecológicos para la verificación de las propiedades en la resistencia mecánica y absorción de la humedad en tres tipos de ladrillos ecológicos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi.

### 5.2. Objetivos específicos

- Detallar los procesos de elaboración de los ladrillos ecológicos para el establecimiento del control de cada proceso productivo.
- Realizar ensayos de resistencia mecánica y absorción de humedad del ladrillo ecológico para la verificación de las propiedades fundamentales de los ladrillos.
- Comparar los resultados obtenidos mediante los ensayos para la determinación de la mejor alternativa en propiedades fundamentales y el costo de producción del ladrillo ecológico que son utilizados en la construcción en función de la normativa INEN 297.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2.** Actividades para cumplir con los objetivos planteados.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>
Detallar los procesos de elaboración de los ladrillos ecológicos para el establecimiento del control de cada proceso productivo.	Especificación de las proporciones a utilizar de los diferentes componentes en los tres tipos de ladrillos ecológicos: cangahua, PET y aserrín.	Se verifica las proporciones que debe tener cada tipo de ladrillo en su fabricación.	Tablas de las proporciones de componentes en los tres tipos de ladrillos.
	Interpretación de los procesos de elaboración de los tres tipos de ladrillos	Se establecen los procesos de la elaboración de los ladrillos ecológicos.	Diagrama de flujo.

	ecológicos: cangahua, PET y aserrín.		
	Descripción de los procesos que intervienen en la elaboración de los ladrillos ecológicos: cangahua, PET y aserrín.	Se detalla en que consiste cada actividad o tarea que intervienen en los procesos del ladrillo ecológico.	Conceptualización de cada proceso.
Realizar ensayos de resistencia mecánica y absorción de humedad del ladrillo ecológico para la verificación de las propiedades fundamentales de los ladrillos.	Detallar los procesos de cómo se realizan los ensayos en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad en base a las muestras de las tres composiciones.	Se conoce cada paso que se aplica para los ensayos de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad con respecto a las muestras de las tres composiciones.	Idealización de todos los procesos de los ensayos a efectuarse.
	Obtención de la resistencia mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y absorción máxima de humedad en sus tres composiciones.	Se verifican los resultados obtenidos para su respectivo análisis entre sus composiciones.	Cuadros que establecen los datos de la resistencia mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y absorción máxima de humedad.

Comparar los resultados obtenidos mediante los ensayos para la determinación de la mejor alternativa en propiedades fundamentales y el costo de producción del ladrillo ecológico que son utilizados en la construcción en función de la normativa INEN 297.	Análisis de cada uno de los resultados obtenidos para conocer cual alternativa es la mejor opción.	Se conoce el tipo de ladrillo que posee mejores propiedades fundamentales en base a la normativa INEN 297.	Comparaciones de datos obtenidos mediante la revisión de la norma INEN 297.
	Utilización del programa Minitab para comparar las medias de las muestras de compresión, flexión y humedad.	Se determina si existe diferencia significativa entre las muestras.	Herramienta estadística – Minitab.
	Comparación del costo de producción de los tres diferentes tipos de ladrillos ecológicos.	Se determina el tipo de ladrillo que genera menor costo de producción.	- Costo de producción de los tres tipos de ladrillos ecológicos. - Diagrama de barras.

Elaborado por: Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. Ladrillos ecológicos.

Los ladrillos ecológicos son productos alternativos dentro de la construcción, que resulta de la mezcla homogénea de tierra inerte, cemento y agua y que es prensado con una máquina que podría ser manual o mecánica, prensado a mayor esfuerzo y a una humedad óptima, para lograr buenas propiedades mecánicas. (Ramirez, 2016, pág. 8)

Se llaman ladrillos ecológicos porque están fabricados en frío. Es decir, no se utiliza ningún horno en su elaboración, y entre este tipo de ladrillo tenemos al suelo – cemento que es una cantidad de suelo, una pequeña parte de cemento y agua, correctamente mezclado, compactado y curado. (Salinas, 2015, pág. 20)

Los ladrillos ecológicos no perjudican al medio ambiente por su simple y adecuado proceso de fabricación, el cual es de eliminar la cocción del ladrillo, por lo que Criollo y Herrera mencionan que:

Se trata de un ladrillo con componentes naturales, obtenido mediante la extracción de materias primas y la aplicación de métodos industriales que preservan la naturaleza y el medio ambiente, no utiliza tierra fértil ni hornos de leña para su elaboración. En tanto, la fabricación del ladrillo ecológico está basada en la utilización de materia inorgánica. (Criollo & Herrera, 2012, págs. 10-11)

Los ladrillos ecológicos en la actualidad son un mecanismo alternativo de utilización con referencia a los ladrillos tradicionales, siendo un ladrillo que se realiza a base de materiales que no perjudican o degradan al medio ambiente, por lo que el aseguramiento de la calidad de este producto proporciona un mejor desarrollo en sus procesos productivos y así se enfoca a la satisfacción de sus clientes, llegando a obtener mayor prestigio la organización y poder competir de una manera más eficiente en un mundo globalizado.

## **7.2. Proceso.**

Los procesos son un conjunto de actividades relacionadas entre sí o que interactúan, transformando elementos de entrada en elementos de salida. En estas actividades pueden intervenir partes tanto internas como externas y también hay que tener en cuenta los clientes. (Organización Internacional de Normalización ISO:9001, 2015, pág. 7)

Un proceso son los pasos a seguir para la elaboración de un producto, en el mismo que se utilizan tanto elementos internos como externos, dependiendo de estos y del proceso, el resultado del producto terminado será óptimo.

“Un proceso es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado” (Cantón, 2010, pág. 4).

Como mencionan los autores, el proceso es una secuencia de pasos a seguir con el único propósito de cumplir un objetivo planteado, teniendo en consideración a las personas que trabajan directamente y los recursos que se utilizan para poder realizar lo que se tiene propuesto.

### **7.3. Procesos productivos.**

El proceso productivo de un producto o servicio se inicia con las entradas (inputs), tales como: talento, materias primas, partes, suministros e insumos. La conversión o proceso de fabricación incluye la secuencia de operaciones necesarias para obtener el producto o servicio. Este producto o servicio es el resultado (output) del proceso. (Rendón, 2013, pág. 137)

El proceso productivo es la producción de bienes y servicios que consiste básicamente en un proceso de transformación que sigue unos planes organizados de actuación según el cual las entradas de factores de producción, como materiales, conocimientos y habilidades, se convierten en los productos deseados mediante la aplicación de mano de obra, de una determinada tecnología y de la aportación necesaria de capital. (Montoyo, 2012, pág. 10)

Como mencionan los autores, para la fabricación de un producto se lo realiza a partir de la materia prima para obtener el producto finalizado, lo cual se deben tomar en cuenta todos los aspectos para poder realizarlo.

A medida que realicen los pasos que sean necesarios para cumplir con el output del proceso, influye la manera de como se está realizando el producto, tanto en la utilización de la materia prima o conocimientos para que se dé efecto el producto final como en su elaboración, ya sea manual o tecnológica.

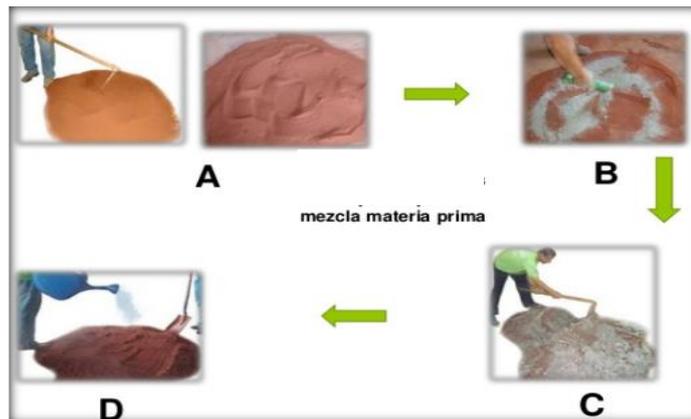
#### **7.3.1. Proceso de fabricación de ladrillos ecológicos.**

En la actualidad, se desarrollan una serie de actividades para la fabricación de ladrillos ecológicos, pues todo este proceso incluye desde la elección de los materiales hasta la obtención del producto terminado, a continuación, se detallan todos los procesos de fabricación del ladrillo ecológico.

##### **7.3.1.1. Mezcla manual.**

Para la realización del proceso de ladrillos ecológicos se consideran los porcentajes de los diferentes tipos de material que se van a utilizar, así permitiendo obtener diferentes características entre la composición de un ladrillo con referencia a otro, a continuación, se establece todo el proceso de mezclado de los materiales.

**Figura 1.** Mezcla manual de materiales.



Fuente: (González, 2017)

Según (Castro & Porras, 2011, pág. 52) el procedimiento del mezclado manual es el siguiente:

- A. Extender la tierra en un piso plano y limpio.
- B. Agregar el cemento en forma despejada sobre la tierra cribada.
- C. Mezclar hasta obtener una distribución uniforme del cemento, se considera terminado el mezclado cuando se ha obtenido uniformidad de color en la mezcla.
- D. Una vez realizada la mezcla en seco, se incorpora a la mezcla la cantidad de agua necesaria hasta el contenido óptimo de humedad, con la que se obtiene la máxima densidad al compactarla.

### **7.3.1.2. Proceso de compresión.**

Según (Castro & Porras, 2011, págs. 54-55) el proceso de compresión es el siguiente:

- Se carga la tolva de materia prima previamente mezclada.
- Con la tapa abierta se jala el cargador hasta el tope y se empuja a su posición original.
- Se cierra la tapa y se asegura con la barra.
- Se baja la palanca y se vuelve a subir soltando el seguro.
- Se abre la tapa y se baja nuevamente la tapa.
- Se saca el ladrillo y se comienza el ciclo nuevamente.

**Figura 2.** Proceso de compresión.



Fuente: (González, 2017)

### 7.3.1.3. Proceso de curado.

Los ladrillos deben depositarse con preferencia bajo techo, manteniéndolos húmedos mediante riegos sucesivos de agua, durante siete días como mínimo, estacionándose luego en un lugar al abrigo del sol y las corrientes de aire y sol durante veinte días como mínimo para luego ser estibados en el área destinada para depósito. (Castro & Porras, 2011, pág. 56)

**Figura 3.** Proceso de curado.



Fuente: (González, 2017)

El proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos es muy fácil de realizar, porque se lo hace de forma manual siguiendo cada método de ejecución para obtener el producto terminado. Su proceso es vital para la correcta fabricación de los ladrillos.

## 7.4. Composición de los ladrillos ecológicos

### 7.4.1. Cangahua.

Se denomina cangahua en Chile, Ecuador y Colombia a una roca sedimentaria de origen volcánico, de textura no foliada, porosa y baja compactación que ocurre en el sur de Chile y

en la depresión intermedia de Ecuador y el sur de Colombia. Está compuesta generalmente de cuarzo y feldespato, aglomerada por calcita, arcilla y sílice. Es utilizada para fabricar ladrillos, hornos y braseros, como argamasa en obras de construcción y para el tallado de artesanías. (Chimbo, 2017, pág. 17)

El término cangahua es un término autóctono que abarca una gama de materiales de origen volcánico que se han endurecido. En primera instancia, sus principales características son la dureza y escasa cobertura vegetal. A menudo, se nota que existe en superficie una red de malla hexagonal de costras blanquecinas de carbonatos de calcio. (Cahueñas, 2015, pág. 3)

Los dos autores concuerdan que la cangahua es un material producido por las cenizas y rocas volcánicas, teniendo altas concentraciones de carbonato de calcio que actúa como cementante para que las capas estén endurecidas.

A continuación, se presentan las zonas que la cangahua se encuentra situada en el Ecuador con sus respectivas hectáreas.

**Figura 4.** Superficies de cangahua superficiales ubicadas a profundidades de 0 a 60 cm; por Provincia: cangahua alforante, cangahua en profundidad y total en hectáreas.



Fuente: (Ministerio de agricultura y ganadería, 2019)

### Características físicas de la cangahua:

#### Textura

Para dos tipos de cangahua aflorantes (%):

- Arena = 38, limo = 35, arcilla = 27
- Arena = 60, limo = 26, arcilla = 14

Los suelos derivados de cenizas volcánicas, antiguas, duras y cementadas tienen generalmente texturas arenosas y francas; con muy poco o casi nada de materia orgánica, además presentan amplios depósitos de carbonatos de calcio ya que estos materiales fueron depositados y endurecidos por diversos factores ambientales, al instante de sus deposiciones. (Quishpe, 2019, pág. 5)

### **Color**

El color sobresaliente en las cangahuas habilitadas es el pardo, con una trascendente diferenciación en las capas endurecidas a colores blanco, pálido o más claro en seco. Mientras que los colores representativos en húmedo son el gris-oscuro mismo que es un indicativo de cantidades de materia orgánica, óxidos de hierro, manganeso y cobre. (Quishpe, 2019, pág. 5)

### **Contenido de humedad en las cangahuas**

Los suelos volcánicos endurecidos en el Altiplano de Colombia contienen desde el 6 al 12 % de humedad en estado natural, además hay una influencia marcada en la conductividad hidráulica de suelos secos debido a una mayor tensión de la humedad del suelo. La capa entre los 0.0 a 0.10 m de espesor registró un mayor porcentaje de humedad después de un periodo corto de lluvia, lo que muestra que en las capas superficiales hay mayor retención de agua. (Panchi y Collantes, 2013, pág. 24)

#### **7.4.2. Aserrín.**

Se puede conocer como Aserrín o Serrín; es un material de desechos que se produce como resultado de los diferentes procesos por los que pasa la madera y se presenta en dos tipos de grano: fino y grueso, resultados obtenidos dependiendo del tipo de mecanizado y las sierras. (Barrera, 2016, pág. 19)

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. (Serret, Giralt, & Quintero, 2016, pág. 6)

El aserrín es un residuo muy común, que por lo general es arrojado a las vertientes de los ríos o a su vez se los quema, siendo perjudicial para el medio ambiente. Es por esto que se elabora ladrillos ecológicos a base de aserrín, para realizar varios estudios y comprobar si es que este material es factible para la realización de este producto.

**Tabla 3.** Características y propiedades del aserrín.

Características	Propiedades	
<p>- Pigmentación</p> <p>- Adherencia</p> <p>- Manipulación</p> <p>Su composición es principalmente de fibras de CELULOSA unidas con LIGNINA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% de carbono (C)</li> <li>• 42% de oxígeno (O)</li> <li>• 6% de hidrógeno (H)</li> <li>• 2% de nitrógeno (N)</li> </ul> <p>asociado a otros elementos.</p>	Resistencia	Densidad
	<p>Su resistencia será máxima cuando la sollicitación sea paralela a la fibra y cuando sea perpendicular su resistencia disminuirá.</p>	<p>Depende como es lógico de su contenido de agua. Se puede hablar de una densidad absoluta y de una densidad aparente. La densidad absoluta viene determinada por la celulosa y sus derivados. La densidad aparente viene determinada por los poros que tiene la madera.</p>
	Flexibilidad	Conductividad térmica
	<p>La madera puede ser curada o doblada por medio de calor, humedad o presión. Se dobla con más facilidad la madera joven que la vieja, la madera verde que la seca.</p>	<p>La madera seca contiene células diminutas de burbujas de aire, por lo que se comporta como aislante calorífico.</p>
Dureza		
<p>La dureza varía mucho según el tipo de madera, está relacionada directamente con la densidad, a mayor densidad mayor dureza. Si la humedad es elevada la dureza disminuye enormemente.</p>		

Fuente: (Barrera, 2016)

### **7.4.3. PET (Polietileno tereftalato).**

El polietileno tereftalato (PET) es un polímero termoplástico con importantes aplicaciones industriales, el 70% de todas las fibras sintéticas son de PET y se emplean para fabricar cuerda para llantas, diversos artículos de piel y textiles, pero sobre todo en envases para la industria alimenticia. (Suasnavas, 2017, pág. 6)

Principalmente es utilizado en envases para gaseosas, agua mineral, cosméticos, aceites, mayonesa, salsas, etc. También en películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera en productos alimenticios, envases al vacío, películas radiográficas y en cintas de video y audio. (Hachi & Rodríguez, 2010, pág. 25)

Los dos autores concuerdan con la utilidad del PET, que sirven para realizar productos de la vida cotidiana y así que no se genere desperdicios de este, ya que posee características de ser un componente muy útil.

“El PET ha llamado la atención por su gran número de aplicaciones, en distintas áreas de diseño o fabricación, debido a las características que ofrece como menores costos de producción y logísticos por mencionar algunas” (Rodríguez, 2010, pág. 25).

Según (Juarez, 2011, pág. 3) menciona que las características del PET son:

- Bueno como barrera para los gases, como el CO<sub>2</sub>, humedad y el O<sub>2</sub>.
- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes.
- Irrompible.
- Liviana.
- Impermeable.
- No tóxica.
- Inerte (al contenido).
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza.
- Totalmente reciclable.
- Superficie barnizable.

### **7.5. Normativa.**

En este proyecto se aplican varias normativas para la realización de procedimientos de los ensayos. Cabe destacar que la normativa general es la Norma Técnica Ecuatoriana, Ladrillos Cerámicos (NTE INEN 297), la cual indica los requisitos que deben cumplir en la resistencia

mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y la absorción máxima de humedad. También se debe saber del procedimiento de cómo realizar los ensayos en base a las propiedades de la resistencia mínima a la compresión, flexión y absorción máxima de humedad, para lo cual se utiliza la NTE INEN 294, NTE INEN 295 Y NTE INEN 296 respectivamente.

#### **7.5.1. Propiedades a la resistencia mecánica y absorción de humedad.**

La NTE INEN 297 determina los requisitos que deben cumplir los ladrillos en las resistencias mecánicas y absorción de humedad, permitiendo mediante el estudio interpretar las ventajas y desventajas de la composición del ladrillo mediante los requisitos mínimos que deben estar cumpliendo con referencia en la normativa.

#### **Propiedades Mecánicas.**

En ingeniería, las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro. También hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener. (Capote, 2016, pág. 2)

“Las propiedades de los materiales varían notablemente dependiendo de su composición química, de los defectos internos, de los procesos de fabricación (tratamiento térmico, mecanización, etc)” (Cervara Ruiz & Blanco Díaz, 2015, pág. 299).

“Las propiedades mecánicas del ladrillo es la forma de comportamiento de un material cuando están sometidos a una fuerza externa. Son propiedades mecánicas: Resistencia a compresión simple, fuerza axial de pilas y compresión diagonal de muretes” (Ramirez, 2016, pág. 26).

Teniendo un enfoque en los dos autores, las propiedades mecánicas son características que posee un producto, para soportar una fuerza externa, sus características pueden variar dependiendo la forma de su composición, por ello debe ser de mucha importancia elegir el material que se utiliza para su elaboración y según la normativa INEN 297 del Ecuador las propiedades mecánicas que se consideran en los ladrillos son resistencia mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y el porcentaje máximo de humedad.

### **7.5.1.1. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión de un material es el punto en el cual éste falla. Calcular la fuerza de compresión implica realizar pruebas para hallar el punto de falla, y utilizar los datos del experimento para realizar los cálculos. En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza con hormigones y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material. (Aguirre & Arrieta, 2014, pág. 38)

La compresión es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido, y tienden a acortarlo. Es lo contrario a la tracción y hace que se aproximen las diferentes partículas de un material, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos. Con lo que podemos decir, que la compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiene a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. (Santillana, 2011, pág. 8)

“Un esfuerzo de compresión es uno que tiende a aplastar el material del miembro de carga o acortarlo”. (Mott, 2009, pág. 20)

De acuerdo con los autores la resistencia a la compresión es el esfuerzo que soporta un cuerpo ante la aplicación de una fuerza, generando una falla en su estructura, reduciendo su volumen y produciendo deformaciones en su área, cabe destacar que el nivel de esfuerzo estará presente en toda la sección transversal, este análisis se emplea para determinar si cumple con la resistencia especificada por la normativa en el control de calidad de un material.

### **7.5.1.2 Resistencia a la flexión.**

“Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal” (Caldas, 2016, pág. 1).

“Consiste en la medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras. Se denomina flexión al tipo de deformación que sufre un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal” (Aguirre & Arrieta, 2014, pág. 39).

“Ocurre cuando un miembro soporta una carga perpendicular a lo largo de su eje, mientras está apoyada de una manera estable, lo cual “flexiona” el miembro. (Mott, 2009, pág. 12)

Teniendo un enfoque en los autores, la resistencia a la flexión de un producto se determina mediante la aplicación de fuerzas flectoras, estas fuerzas son aplicadas continuamente hasta que el producto sufra una deformación y se determinará la carga máxima que soporta antes de romperse, la carga máxima se establece mediante un ensayo de flexión que posteriormente permite aplicar la ecuación con respecto a la normativa para la obtención del módulo de rotura.

#### **7.5.1.3. Absorción de humedad.**

“Es la masa del agua que llena los poros permeables de las partículas de agregado sin incluir el agua adherida a la superficie de las mismas, expresada como porcentaje de la masa seca del agregado”. (Aguirre & Arrieta, 2014, pág. 34)

“Absorción es la operación unitaria en la que se eliminan uno o más componentes de una corriente gaseosa al ser absorbidos por un líquido no volátil (solvente). El solvente líquido debe agregarse como agente de separación”. (Castillo, 2011, pág. 2)

Es el agua que se encuentra en los elementos del edificio, en forma de humedad, a lo largo del proceso constructivo. Debido a la presencia de este componente, se ven afectadas las características físicas de los materiales de construcción y puede producir unos cambios negativos en ellos hasta llegar a su destrucción. (Pipiraite, 2018, pág. 14)

Teniendo un enfoque en los autores, los productos que poseen un alto porcentaje de absorción son permeables a partículas de agua, que ingresan mediante sus poros y así determinan el peso de cada una de las masas, mediante la realización de una diferencia de masas antes y después de ser sumergidas en agua, este procedimiento se lo realiza en un horno a una temperatura de 110°C para posteriormente ser sumergido en agua por un periodo de 24 horas así determinando mediante la ecuación el porcentaje de absorción.

#### **7.6. Historia de la calidad.**

Los primeros rastros del afán del ser humano por la calidad se dan en la antigua Babilonia. Escrito en el Código de Hammurabi (1752 AC) que “si un albañil construye una casa para un hombre, y su trabajo no es fuerte y la casa se derrumba matando al dueño, el albañil será condenado a muerte”.

Con la revolución industrial de finales del XVIII se introduce la máquina a los talleres, donde se genera una reestructuración interna de las fábricas. A pesar de esta revolución en contacto entre el fabricante y el consumidor permaneció, logrando que el trabajador fuera el responsable de la calidad durante el proceso de producción.

Actualmente, los recientes desarrollos sobre gestión del conocimiento están demostrando su clara interrelación con la gestión de la calidad en la empresa. Así, el logro de la calidad no es posible sin aplicar la filosofía de la mejora continua y para que la organización pueda mejorar continuamente, antes tiene que aprender y conocer. (Asturias & Aragón, 2014)

### **7.7. Gurús de la calidad.**

Según (Asturias & Aragón, 2014) los gurús que fueron auge en la historia de la calidad son Joseph Juran, Philip Crosby, William Deming, Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi, entre otros.

Juran, sus principales aportes fueron el principio de Pareto, triología de Juran que se basa en planificación de la calidad, control de la calidad y mejoramiento de la calidad.

Philip Crosby, su principal aporte fue la creación de sus 14 pasos que debe seguir toda empresa que desee mejorar la calidad de sus productos como son: Compromiso de la gerencia, mejora de la calidad, medición de la calidad, evaluación del costo de calidad, conciencia de calidad, acción correctiva, establecer un comité para el programa, entrenamiento de supervisores, día cero defectos, fijación de objetivos, eliminación de causas de errores, fijación de objetivos, eliminación de causas de errores, reconocimiento, consejo calidad, repetirlo.

William Deming, la filosofía de Deming se basa en descubrir mejoras en el producto y servicio, reducir incertidumbre y variabilidad en los procesos, para poder evitar variaciones propone el ciclo Deming, manifiesta que a mayor calidad mayor productividad y que la administración es la responsable de la mejora de la calidad.

Kauro Ishicawa, desarrollo métodos estadísticos prácticos y accesibles para la industria como son el uso del diagrama de Pareto para darle correcta prioridad a las mejoras de la calidad y el Diagrama Causa-Efecto, conocido también como el diagrama Ishikawa o de Pescado.

Genichi Taguchi, fue creador del concepto llamado diseño robusto el cual basa su estrategia para lograr la satisfacción del cliente, excediendo sus expectativas de calidad, implica diseñar

un proceso de producción que sea capaz de fabricar con todo su rango de variación normal, dentro de las especificaciones del proceso.

### **7.8. Calidad.**

“El criterio central de evaluación de la calidad es el cumplimiento, por parte de todas las áreas de la organización, de las especificaciones del producto o servicio (tangibles e intangibles) frente a los atributos requeridos por el cliente, es decir, cuidando que guarden relación con las necesidades de este” (Sanabria, 2014, pág. 186).

La calidad ha venido tomando fuerza y relevancia desde el siglo anterior. El concepto se puede precisar como un conjunto de propiedades que posee un producto y/o servicio y que son inherentes a él, que garantiza que está bien hecho y que cumpla con los requisitos y los estándares exigidos, alcanzando un grado de satisfacción tanto para el fabricante como para el cliente. (Uribe, 2011, pág. 19)

El concepto de calidad como aptitud para el uso del producto proporciona una visión dinámica de la cuestión. La definición de calidad debe acompañar al cambio de importancia que los consumidores conceden a las características de calidad del producto, o en otros términos, a los servicios que el producto les presta. Conseguir la conformidad y la ausencia de variabilidad alrededor de las especificaciones de atributos poco relevantes para el cliente no supone calidad. (Camisón, Cruz, & González, 2006, pág. 155)

De acuerdo a los autores, la calidad es primordial dentro de una organización, porque de ello dependen las características de sus productos y la satisfacción de sus clientes, mediante el cumplimiento de estándares establecidos y garantizando el bienestar de la organización, mediante el control del producto determinaremos sus propiedades y enfocaremos al cumplimiento con respecto a la normativa, en lo cual sus clientes obtendrán un producto con los más altos estándares de calidad.

### **7.9. Control de calidad.**

La definición del control de calidad debe hacerse en el contexto de la evolución que ha tenido a lo largo de los años y en la actualidad se habla más del concepto de mejoramiento de la calidad que de control de calidad, como fue en el pasado.

Esto se fundamenta en el hecho de que la calidad de un producto no es algo estático que debe ser controlado por una única vez, sino a lo largo del tiempo y necesita ser verificada

continuamente, pues si en el tiempo  $x$  reúne las condiciones, no es cierto que también lo haga en el tiempo  $x+1$ . (Acuña, 2012, pág. 24)

“El control de calidad es el conjunto de técnicas y procedimientos del que se sirve la dirección para la obtención de un producto de la calidad deseada, a su vez es una inversión que debe producir rendimientos adecuados y en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa” (Gutiérrez, 2014, pág. 9).

“El control de calidad es aquel proceso desarrollado por una empresa para asegurar que sus productos y servicios cumplan con los requisitos de calidad establecidos con antelación por la organización, mediante el uso de técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos” (Uribe, 2011, pág. 22).

Como manifiestan los autores, el control de calidad en una organización se lo debe ejecutar en todos sus procesos productivos, mediante la aplicación de técnicas y actividades por parte de sus directivos, permitiendo el cumplimiento de objetivos dentro de la organización y el respaldo de poseer un producto de calidad en beneficio de sus clientes, mediante la verificación con un patrón previamente establecido, en el desarrollo del grado de factibilidad que obtendrá el producto, considerando que en la actualidad el grado de competencia con similares productos tienden a que las organizaciones mejoren sus productos gradualmente.

#### **7.10. Aplicación de ensayos de control de calidad.**

Los ladrillos ecológicos de sus tres diferentes componentes deben ser expuestos a ensayos en laboratorios que indiquen su resistencia mínima de compresión, resistencia mínima de flexión y absorción máxima de humedad, esto se da en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 297. A continuación, en la siguiente tabla se muestran los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos en la resistencia mecánica y absorción de humedad.

**Tabla 4.** Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa		Resistencia mínima a la flexión MPa	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)

Según (INEN 297, 1977) afirma que los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con las siguientes características fundamentales:

- El tipo A, será ladrillo reprensado, 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.

Los ladrillos cerámicos huecos deberán ser ladrillos de máquina, de color rojizo, con ángulos y aristas rectos.

- 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.

### 7.10.1. Ensayo de resistencia a la compresión.

La normativa que se utiliza para realizar el método de ensayo de la resistencia a la compresión para ladrillos cerámicos es la NTE INEN 294.

Para realizar los ensayos de las muestras pueden usarse cualquier máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba. (INEN 294, 1977)

La preparación de las muestras es la siguiente:

- Se cortan en mitades cada muestra de ladrillo.
- En caso de que el ladrillo no tenga sus superficies totalmente planas, se procede a refrentar tanto la cara superior como la cara inferior del ladrillo, el grosor del refrentado debe ser el mismo para ambas caras.

Una vez obtenidas todas las muestras, se proceden a realizar los ensayos, estos constan de dos pasos:

- Las muestras se ensayan centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la dirección de su menor dirección. (INEN 294, 1977)
- Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica ésta a cualquier velocidad. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos. (INEN 294, 1977)

La fórmula para obtener la resistencia a la compresión es:

**Ecuación 1.** Fórmula resistencia a la compresión.

$$C = \frac{P}{A}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde:

C: La resistencia a la compresión, en Megapascales.

P: La carga de rotura, en Newtones.

A: Área de la sección en milímetros cuadrados.

A se obtiene con la siguiente fórmula:

**Ecuación 2.** Fórmula área del ladrillo.

$$A = a \times l$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde:

a: Ancho de la muestra, en milímetros.

l: Largo de la muestra, en milímetros.

El resultado final que representa la resistencia a la compresión es el que se obtiene del promedio de los valores de las cinco muestras. (INEN 294, 1977)

### 7.10.2. Ensayo de resistencia a la flexión.

La normativa que se utiliza para realizar el método de ensayo de la resistencia a la flexión para ladrillos cerámicos es la NTE INEN 295.

Para realizar los ensayos de las muestras pueden usarse cualquier máquina de las empleadas para ensayos de flexión, siempre que los apoyos tengan una longitud por lo menos igual al ancho de la muestra de prueba y aseguren su contacto total y permanente con la misma. (INEN 295, 1977)

La preparación de las muestras es la siguiente:

- En caso de que el ladrillo no tenga sus superficies totalmente planas, se procede a refrentar tanto la cara superior como la cara inferior del ladrillo, el grosor del refrentado debe ser el mismo para ambas caras, es el mismo proceso de la resistencia a la compresión.

Una vez obtenidas todas las muestras, se proceden a realizar los ensayos, estos constan de dos pasos:

- Colocar el ladrillo de muestra con su cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 15 cm entre éstos. Hacer descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz. Las tres líneas de contacto se mantendrán paralelas. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra. (INEN 295, 1977)
- La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto. (INEN 295,1977)

La fórmula para obtener el módulo de rotura es:

**Ecuación 3.** Fórmula módulo rotura.

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

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde:

R: Módulo de rotura, en Megapascuales.

G: Carga de rotura, en Newtones.

l: Distancia entre apoyos en milímetros.

b: Ancho de cara a cara de la muestra, en milímetros.

d: Promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milímetros.

El resultado final que representa la resistencia a la flexión es el que se obtiene del promedio de los valores de las cinco muestras. (INEN 295, 1977)

### 7.10.3. Ensayo de absorción de humedad.

La normativa que se utiliza para realizar el método de ensayo de la absorción de humedad para ladrillos cerámicos es la NTE INEN 296.

Según (INEN 296, 2015) los equipos que se deben utilizar para realizar los ensayos son los siguientes:

- Balanza con capacidad mínima de 5 kg y con escala que permita lecturas hasta de 0,5 g.
- Estufa de desecación regulada a una temperatura de 110 °C.

Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada a una temperatura de 15 °C a 30 °C durante 24 horas. Al sacar las muestras del agua, secarlas con una toalla húmeda antes de pesarlas. La pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua. (INEN 296, 2015)

La fórmula para calcular la absorción de cada muestra es:

**Ecuación 4.** Fórmula absorción de humedad.

$$\text{Absorción \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde:

P1: Es la masa de la muestra desecada.

P2: Es la masa de la muestra después de 24 horas de haber sido sumergida.

El porcentaje final que representa la absorción de humedad es el que se obtiene del promedio de los valores de las cinco muestras. (INEN 296, 2015)

### 7.11. Procedimiento manual del análisis de varianza con un solo factor (ANOVA)

El análisis de varianza permite determinar si existen diferencias significativas entre las medias de dos o más poblaciones. En nuestro caso se identifica si posee una diferencia significativa entre cada tipo de ladrillo con cada una de la resistencia mecánica y absorción de humedad.

En primer lugar, se define la variable que se desea estudiar, la cual es la comparación de datos de la resistencia mínima de flexión, compresión, absorción máxima de humedad y las hipótesis a probar. Para esto se tiene la hipótesis nula ( $H_0$ ) que se refiere que no existe diferencia entre los grupos y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) que si existe diferencia entre los grupos. Lo cual se muestra a continuación en las siguientes afirmaciones.

**Ecuación 5.** Hipótesis nula y alternativa.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde:

$H_0$ : Hipótesis nula.

$H_1$ : Hipótesis alternativa.

$\mu$ : Media global.

El significado de las hipótesis en base al proyecto es:

**$H_0$ :** Con la composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET, no existe diferencia significativa en la comparación de datos de la resistencia mínima de flexión, compresión y absorción máxima de humedad.

**$H_1$ :** Con la composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET, si existe diferencia significativa en la comparación de datos de la resistencia mínima de flexión, compresión y absorción máxima de humedad.

Para obtener los resultados de estos tratamientos se ingresan los datos en Minitab, el cual es un programa que permite realizar métodos estadísticos, pero para esto se debe conocer las ecuaciones que se aplican dentro del programa y así tener más entendimiento sobre la resolución estadística.

A continuación, se detallan las ecuaciones que se deben aplicar en primera instancia:

Donde:

$\sum x$  = sumatoria de datos

$i$  = índice de la sumatoria

$n$  = número de datos

El promedio ( $m$ ):

**Ecuación 6.** Fórmula promedio.

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Suma de datos ( $Tc$ ):

**Ecuación 7.** Fórmula suma de datos.

$$Tc = \sum_{i=1}^n xi$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Número de observaciones por muestra ( $nc$ ):

**Ecuación 8.** Fórmula del número de observaciones por muestra.

$$nc = n$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Suma de cuadrados:

**Ecuación 9.** Sumatoria de cuadrados.

$$\sum x^2$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Por último, se coge el valor de la suma de datos al cuadrado sobre el número de observaciones por muestra:

**Ecuación 10.** Suma de datos al cuadrado sobre número de observaciones por muestra.

$$Tc^2 / nc$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Teniendo los valores de estas ecuaciones se procede a calcular las siguientes fórmulas para obtener la función de prueba.

En primer lugar, se debe obtener la suma de cuadrados entre grupos y suma de cuadrados dentro de grupos.

Suma de cuadrados entre grupos:

**Ecuación 11.** Fórmula suma de cuadrados entre grupos.

$$SST = \sum(Tc^2/nc) - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Suma de cuadrados dentro de grupos:

**Ecuación 12.** Fórmula suma de cuadrados dentro de grupos.

$$SSE = \sum x^2 - \sum(Tc^2/nc)$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Después se obtienen los grados de libertad de la siguiente manera para la suma de cuadrados entre grupos, el cual es el numerador:

**Ecuación 13.** Grado de libertad de cuadrados entre grupos.

$$K - 1$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde K: El número de tratamientos.

Por consiguiente, se obtienen los grados de libertad de la siguiente manera para la suma de cuadrados dentro grupos, el cual es el denominador:

**Ecuación 14.** Grado de libertad de cuadrados dentro grupos.

$$N - K$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Donde N: El número de datos en total.

También se calculan los cuadrados medios, que so

lo es el reemplazo de las anteriores ecuaciones, a continuación, las ecuaciones:

En cuadrados entre grupos es:

**Ecuación 15.** Fórmula de cuadrados medios entre grupos MSTR.

$$MSTR = SST/(K - 1)$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

En cuadrados dentro grupos es:

**Ecuación 16.** Fórmula de cuadrados medios dentro de grupos MSE.

$$MSE = SSE/(N - K)$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Y por último se calcula el valor más importante de todos los cálculos, el cual es la función de prueba, la ecuación es la siguiente:

**Ecuación 17.** Fórmula función de la prueba.

$$F = \text{MSTR}/\text{MSE}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Cabe recalcar que sobre la función de prueba obtenida se empieza a trabajar para comprobar si es que es semejante al valor crítico de la función, para saber qué cantidad, en este último se realiza a través de la prueba Fisher, que con pocos datos se puede determinar si es que es válida la hipótesis que se plantea.

Para esto se trabaja en base a los grados de libertad que se obtienen en el procedimiento anterior, el cual esta tabla consta de filas y columnas, que la cantidad que tenga el numerador será la posición de la columna y la cantidad del denominador será la posición de la fila.

Mediante esto se requiere saber si es que se está dentro de la distribución de la probabilidad con la función de prueba y el valor crítico, así determinando si existen diferencias significativas.

El nivel de significancia comúnmente es de  $\alpha = 0,05$ , el cual sirve para saber si la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza o no.

$P < \text{nivel de significancia} \rightarrow \text{Se rechaza } H_0.$

Por ende, el nivel de confianza es igual a 0,95. Ya que este valor se determina de la siguiente manera:

**Ecuación 18.** Fórmula nivel de confianza.

$$\text{Nivel de confianza} = 1 - \alpha$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

La desviación estándar permite observar la dispersión de las muestras con respecto a la media de una variable, a continuación, su ecuación:

**Ecuación 19.** Fórmula de desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

Mediante la siguiente ecuación se determinan los intervalos de confianza:

**Ecuación 20.** Fórmula de intervalo de confianza t de student.

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**Fuente:** (Montgomery, 2013)

## 8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

En base al control de calidad de los tres diferentes tipos de ladrillos ecológicos se identificará que ladrillo es el más conveniente y óptimo para la realización de este producto.

**Variable dependiente:** Comparación de datos de la resistencia mínima de flexión, compresión y absorción máxima de humedad.

**Variable independiente:** Composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET y aserrín.

## 9. METODOLOGÍA

### 9.1. Tipos de investigación

- **Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva permite la recolección de datos de los procesos de la elaboración de ladrillos ecológicos, mediante esto se pretende obtener resultados de los ensayos de la resistencia mecánica y absorción de humedad para analizar que tipo de ladrillo es el más óptimo.

### 9.2. Métodos de investigación

- **Método inductivo**

En este método se parte de la formulación de una hipótesis, que en base al control de calidad de los tres diferentes tipos de ladrillos ecológicos se identificará que ladrillo es el más conveniente y óptimo para la realización de este producto, siendo una inducción incompleta, porque mediante la obtención de muestras permiten la realización de los análisis para la determinación de los resultados.

### 9.3. Técnicas de investigación

- **Observación**

Se utiliza esta técnica porque se realizan ensayos en laboratorios para determinar específicamente que resistencia mínima de flexión, compresión y absorción máxima de humedad obtiene cada tipo de ladrillo, para que de esta manera con los datos arrojados verificar que ladrillo es el más óptimo para la realización de ladrillos ecológicos.

### 9.4. Instrumentos de investigación

- **Diagrama de flujo**

Permite la interpretación de cada paso a seguir para la elaboración de los tres tipos de ladrillos ecológicos, mediante la representación de símbolos con significados definidos que representa la secuencia de todo el proceso.

- **Prensa hidráulica CMH120**

Este instrumento se utiliza para la ejecución de los ensayos de la resistencia a la compresión y a la flexión, que otorga los valores de carga máxima de rotura y carga de fisura de los ladrillos respectivamente.

- **Horno 645A**

Este instrumento permite que los ladrillos estén completamente secos, se encuentran en dicho instrumento por 24 horas y después de este periodo de tiempo son retirados para ser pesados.

- **Minitab**

Es un programa estadístico que permite la utilización del análisis de varianza de un solo factor (ANOVA), en este caso se debe verificar si existe diferencia significativa de las muestras con respecto a las medias que poseen entre los tres tipos de componentes: cangahua, PET y aserrín.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1. Detalle de los procesos en la elaboración de ladrillos ecológicos de los tres tipos de ladrillos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi.

La empresa Ecoladrillos Cotopaxi se dedica a la elaboración de ladrillos ecológicos en tres diferentes composiciones, las cuales son cangahua, PET y aserrín. Los procesos para efectuar

su elaboración del producto son de vital importancia, porque de esa manera se conoce cada paso que se debe de seguir para la obtención del ladrillo.

### 10.1.1. Proporciones y porcentajes de mezclas en la elaboración de los ladrillos ecológicos.

Se conoce las proporciones exactas que se utilizan para cada diferente composición, permitiendo obtener diferentes características entre la composición de un ladrillo con referencia a otro, a continuación, se establecen los porcentajes que se utilizaron para la realización de los tres tipos de ladrillos ecológicos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi.

#### 10.1.1.1. Ladrillo ecológico a base de cangahua negra, cemento y agua.

**Tabla 5.** Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de cangahua.

Componentes	Cantidad	Unidades	% Proporción
Cangahua	9	lb	66%
Cemento	2,5	lb	18%
Agua (H <sub>2</sub> O)	1	lt	16%

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

#### 10.1.1.2. Ladrillo ecológico a base de PET, cangahua negra, cemento y agua.

**Tabla 6.** Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de PET.

Componentes	Cantidad	Unidades	% Proporción
PET	2	lb	14%
Cangahua	8,5	lb	59%
Cemento	0,57	lb	4%
Agua (H <sub>2</sub> O)	1,5	lt	23%

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

#### 10.1.1.3. Ladrillo ecológico a base de aserrín, cangahua negra, cemento y agua.

**Tabla 7.** Porcentaje de mezclas del ladrillo ecológico a base de aserrín.

Componentes	Cantidad	Unidades	% Proporción
Aserrín	1,5	lb	11%
Cangahua	9	lb	66%
Cemento	1,5	lb	11%
Agua (H <sub>2</sub> O)	0,75	lt	12%

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

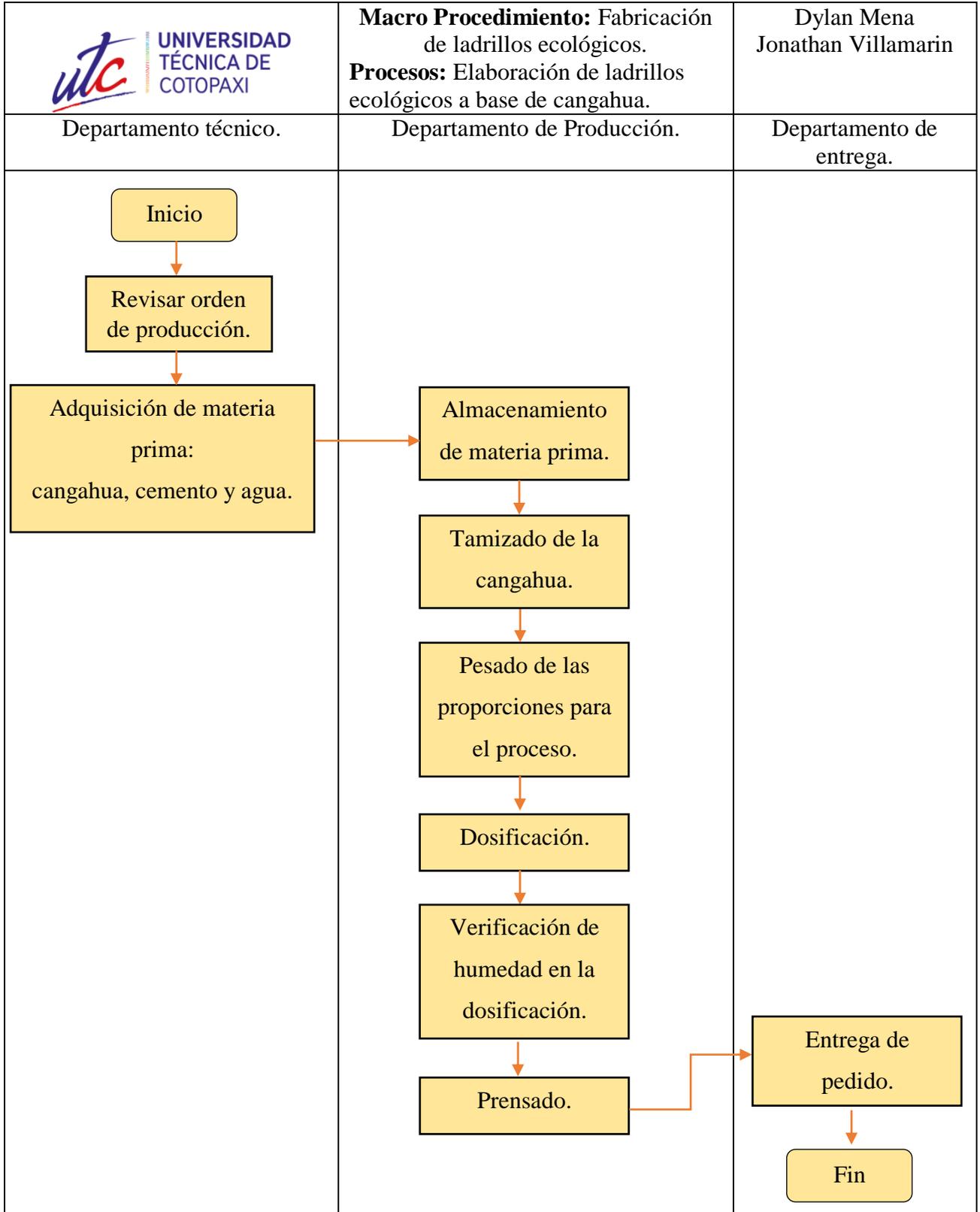
**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

### **10.1.2. Interpretación de los procesos de la fabricación de los ladrillos ecológicos.**

Para interpretar los procesos, se procedió a observar todos los pasos secuenciales que la empresa Ecoladrillos Cotopaxi realiza para la fabricación de los diferentes tipos de ladrillos. El proceso de elaboración de ladrillos ecológicos es el mismo para las tres composiciones, sólo variaron en la adquisición de la materia prima, ya que para los tres tipos se necesitó diferentes componentes para proceder con su proceso productivo. Mediante diagramas de flujo se identificó cada proceso que existe para tener el producto terminado en sus tres tipos. A continuación, sus procesos:

**10.1.2.1. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de cangahua.**

**Gráfico 1.** Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cangahua.

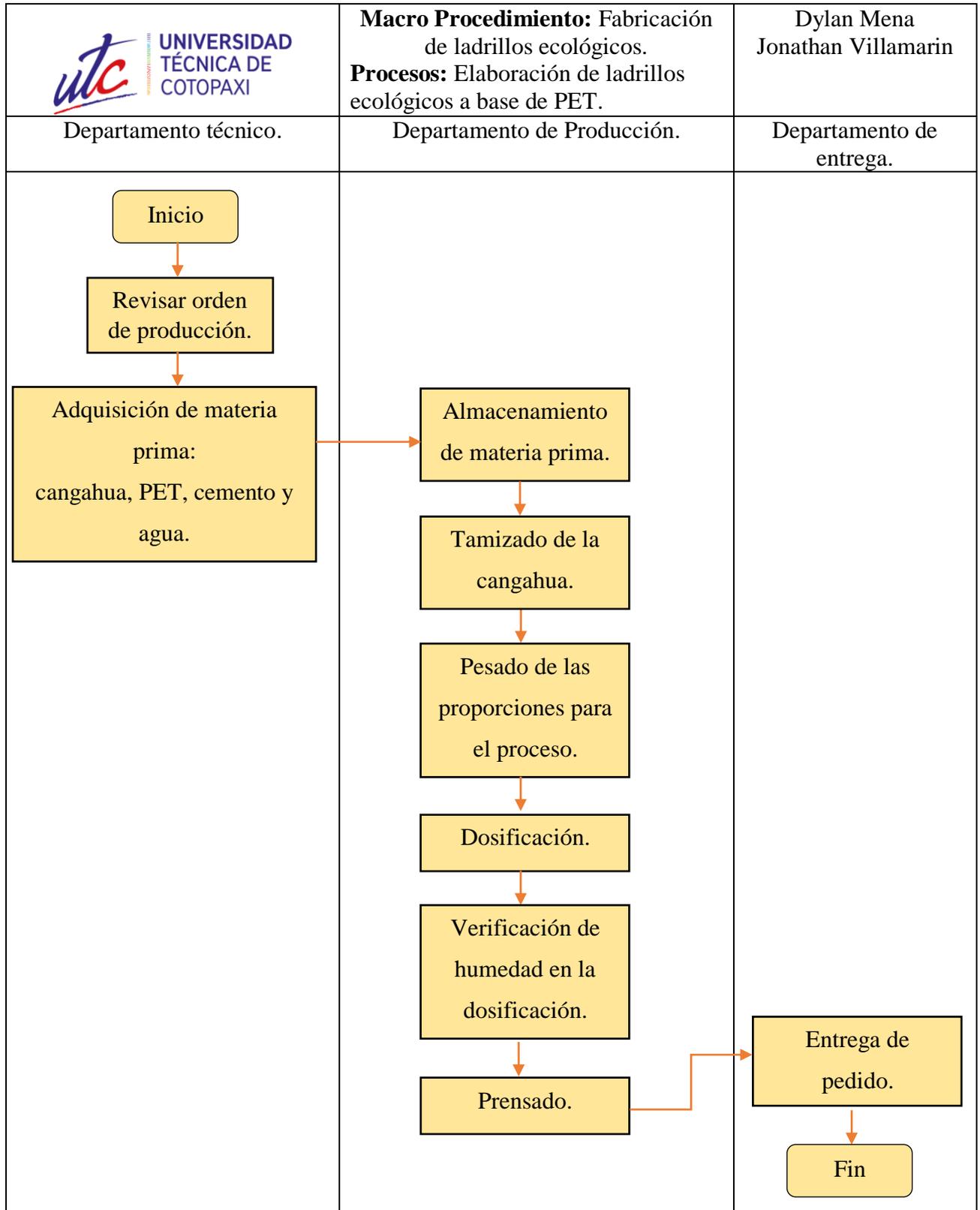


**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

### 10.1.2.2. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de PET.

Gráfico 2. Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de PET.

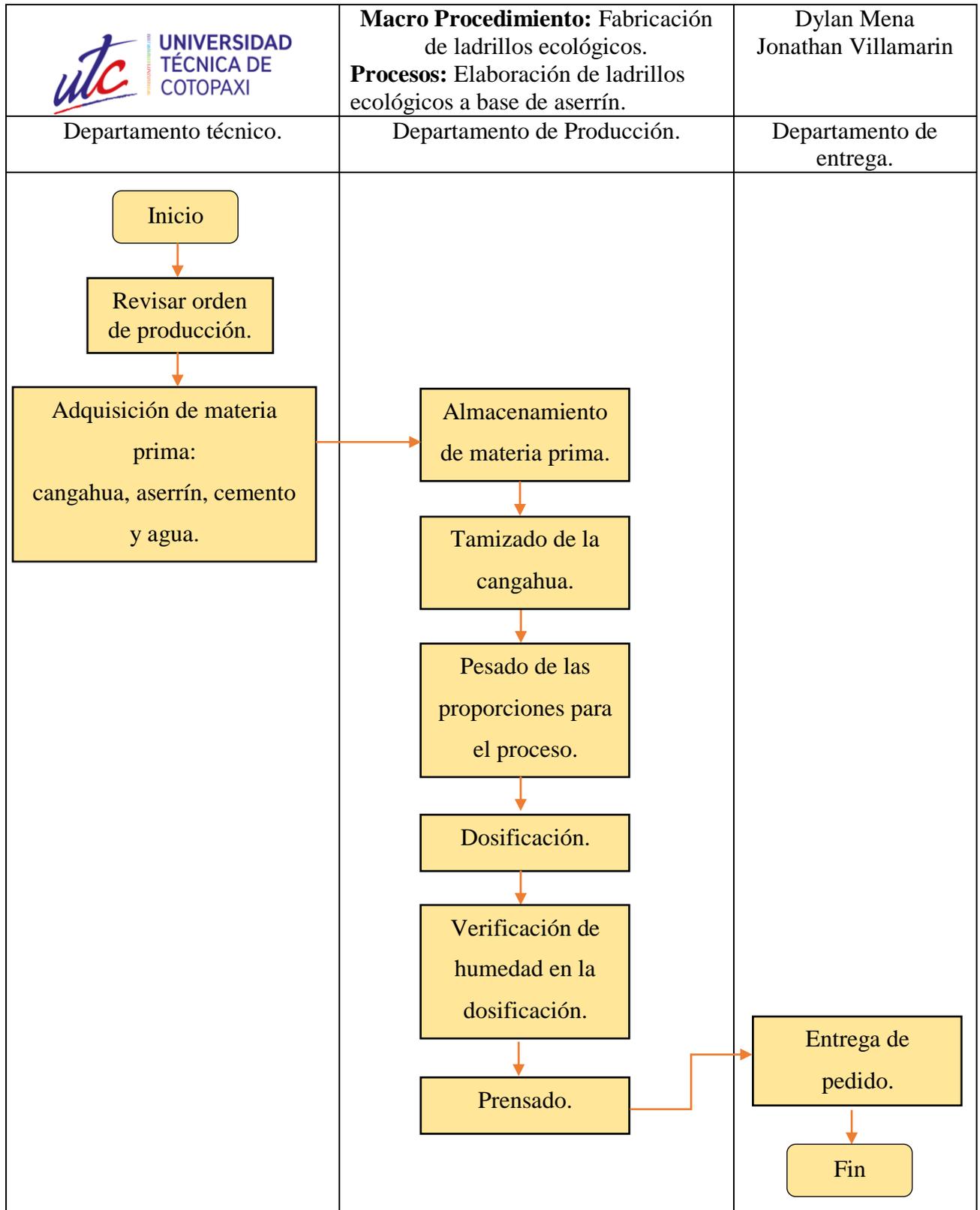


Elaborado por: Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

Fuente: Ecoladrillos Cotopaxi.

### 10.1.2.3. Diagrama de flujo de la elaboración del ladrillo ecológico a base de aserrín.

Gráfico 3. Diagrama de flujo de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de aserrín.



Elaborado por: Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

Fuente: Ecoladrillos Cotopaxi.

### 10.1.3. Descripción de los procesos en la elaboración de ladrillos ecológicos.

Mediante los diagramas de flujo se pudo interpretar todos los procesos que poseen la elaboración del ladrillo ecológico, pero se necesitó detallar cada proceso para que tenga un mayor entendimiento sobre cada uno de estos. Como se lo mencionó en el anterior ítem, el proceso a realizar es totalmente el mismo para todas las composiciones, a excepción de la adquisición de materia prima, ya que se utiliza para cada tipo de ladrillo diferentes componentes. A continuación, se realiza la descripción de cada paso a seguir para la fabricación de este producto:

- **Revisar orden de producción.** – El proceso inicia con la orden de producción que le soliciten a la empresa, que mediante esto el departamento técnico se encarga de distribuir correctamente las proporciones de los materiales.
- **Adquisición de materia prima.** – La materia prima adquirida va a depender de qué tipo de ladrillo se realice, porque necesitan sus componentes principales para su respectiva elaboración, ya sea con cangahua, PET o aserrín.
- **Almacenamiento de materia prima.** – El almacenamiento de la materia prima que se utilizara para la realización de los procesos, deberán estar en lugares independientes para conservar las características de cada material, considerando espacios adecuados y distribuido de forma eficiente.
- **Tamizado de la cangahua.** – La cangahua va a ser utilizada para las 3 composiciones, por lo que se necesita separar los componentes solidos de la mezcla y debe estar totalmente fina, para esto se pasa por el tamiz o cribado y así sus partículas grandes van quedando en el tamiz, permitiendo que la cangahua esté totalmente fina.
- **Pesado de las proporciones.** – Se tiene en cuenta la cantidad de materia prima que se entreguen a los puestos de trabajo, porque debe estar acorde a la producción que se necesite y debidamente pesado las proporciones establecidas para cada composición del ladrillo.
- **Dosificación.** – Una vez obtenida la cangahua en perfecto estado para ser procesada, se la mezcla con sus otros materiales, sea PET o aserrín y también complementando para cada composición el agua y cemento.
- **Verificación de humedad en la dosificación.** – Mediante la prueba de la muñeca se verifica si el material se encuentra con una humedad óptima, aplicando este ensayo de

campo, podemos agregar más agua si la dosificación lo necesitara en la obtención de un ladrillo con buenas características.

- **Prensado de los materiales.** – Una vez obtenida la mezcla de todos los materiales, se procede a cargar en la tolva de la prensa hidráulica toda la materia prima para después aplicar una presión de 200 psi, dicha presión la emplea la empresa para su mejor prensado, una vez obtenido el producto, se verifica si es que el ladrillo tiene la forma correcta de prensado.
- **Apilación.** – Consiste en ubicar los ladrillos ecológicos sobre los palets, permitiendo la conservación de las áreas del ladrillo, con un acabado fino en sus superficies.
- **Curado.** – A partir del día que sean elaborados los ladrillos, estos deben ser sometidos al proceso de curado, que consiste en el riego de agua por 7 días, específicamente 3 veces diarias, este proceso se lo debe realizar en una área cubierta en la cual la humedad no se evapore antes de tiempo por características climáticas.
- **Entregar pedido.** -Transcurriendo los 27 días desde que el producto se encuentra realizado, ya puede ser entregado según los pedidos que se tenga, porque ya pasó por todos los procesos que debía haber sido expuesto.

#### 10.1.4. Características de cada proceso en la elaboración de ladrillos ecológicos.

Tabla 8. Control de las características de cada proceso.

Entradas	Proceso	Salidas	Características
Orden de producción.	Revisar orden de producción.	Orden de producción aceptada.	Considerar especificaciones de los clientes. Determinar las unidades a producir. Fecha de entrega del producto.
Orden de compra.	Adquisición de materia prima.	Cantidad de materia prima necesaria según el orden de producción establecida.	Comprar lo suficiente materia prima en la elaboración del orden de producción.
Entrada de materia	Almacenamiento de	Materia prima	Considerar que no se

prima: cangahua, PET, aserrín, cemento, agua según la producción.	materia prima.	adecuado para ser utilizada en la producción.	haya mezclado proporciones de material de distinto tipo para su fabricación.
Materia prima: cangahua.	Tamizado de la cangahua.	Obtención de una cangahua fina.	Filtrar partículas de diámetro igual o menor de 4 mm para mayor compactación con los materiales.
Cantidad de materia prima que se va a pesar en la fabricación de ladrillos.	Pesado de las proporciones.	Proporciones pesadas en base a la producción.	Debe cumplir con pesos exactos para una dosificación exacta.
Porcentajes de materia prima y agua dependiendo el tipo de ladrillo y cantidad de producción deseada.	Dosificación.	Mezclado de los componentes que intervienen en el ladrillo ecológico.	Obtener una adherencia correcta en lo cual permita una resistencia y durabilidad del ladrillo ecológico.
Porcentaje establecido de agua según la producción.	Verificación de humedad en la dosificación.	Humedecimiento de toda la mezcla en los ladrillos ecológicos en el establecimiento de su compactación.	Determinación exacta de humedad para establecer una buena calidad en el ladrillo.  Este proceso se lo realiza mediante prueba de la muñeca y es de una manera empírica.
Dosificación exacta para la dosificación	Prensado de materiales.	Compactación del ladrillo fabricado.	Se debe considerar si las caras del ladrillo

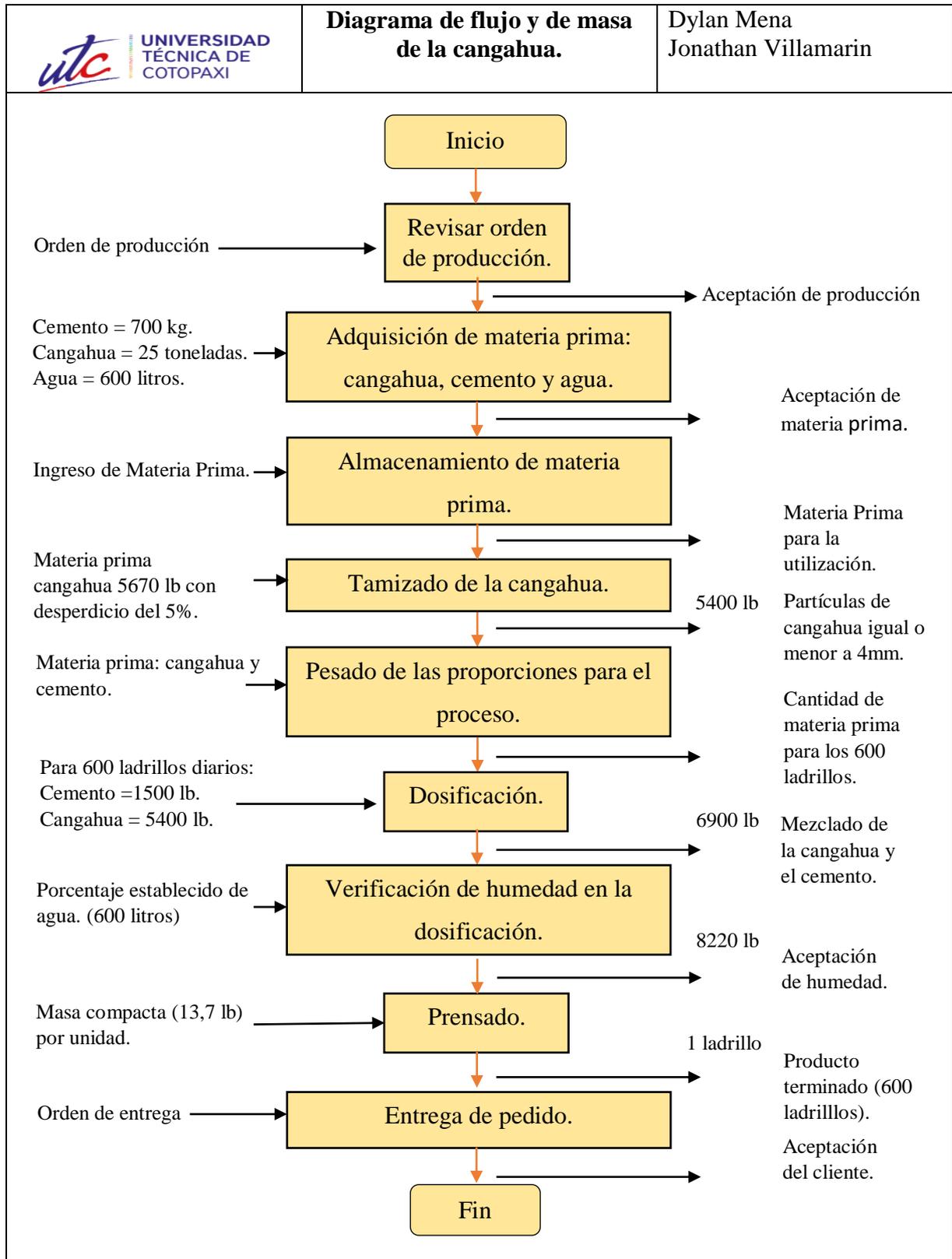
del ladrillo.			poseen un acabado liso. La compactación del ladrillo se lo realiza tres veces a 200 psi.
Producto terminado.	Apilación.	Almacenado de ladrillos ecológicos de una manera ordenada y dependiendo el tipo de ladrillo.	Se lo debe realizar con la precaución necesaria al momento de su manipulación, que permita que su acabado no se deteriore.
Orden de curado del producto.	Curado.	Finalización del proceso de curado.	Se lo debe realizar en un local cubierto. Rociar tres veces al día con agua con una llovizna fina y leve.
Orden de finalización del producto.	Entregar pedidos.	Despacho de producto solicitado.	El producto deberá contener una resistencia mínima y absorción de humedad acorde a lo establecido en la normativa, mediante la ejecución de verificación del producto, estos análisis se lo realizara mediante disposición de la empresa.

**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**10.1.5. Diagrama de flujo de volumen y de masa en la elaboración de la cangahua, PET y aserrín.**

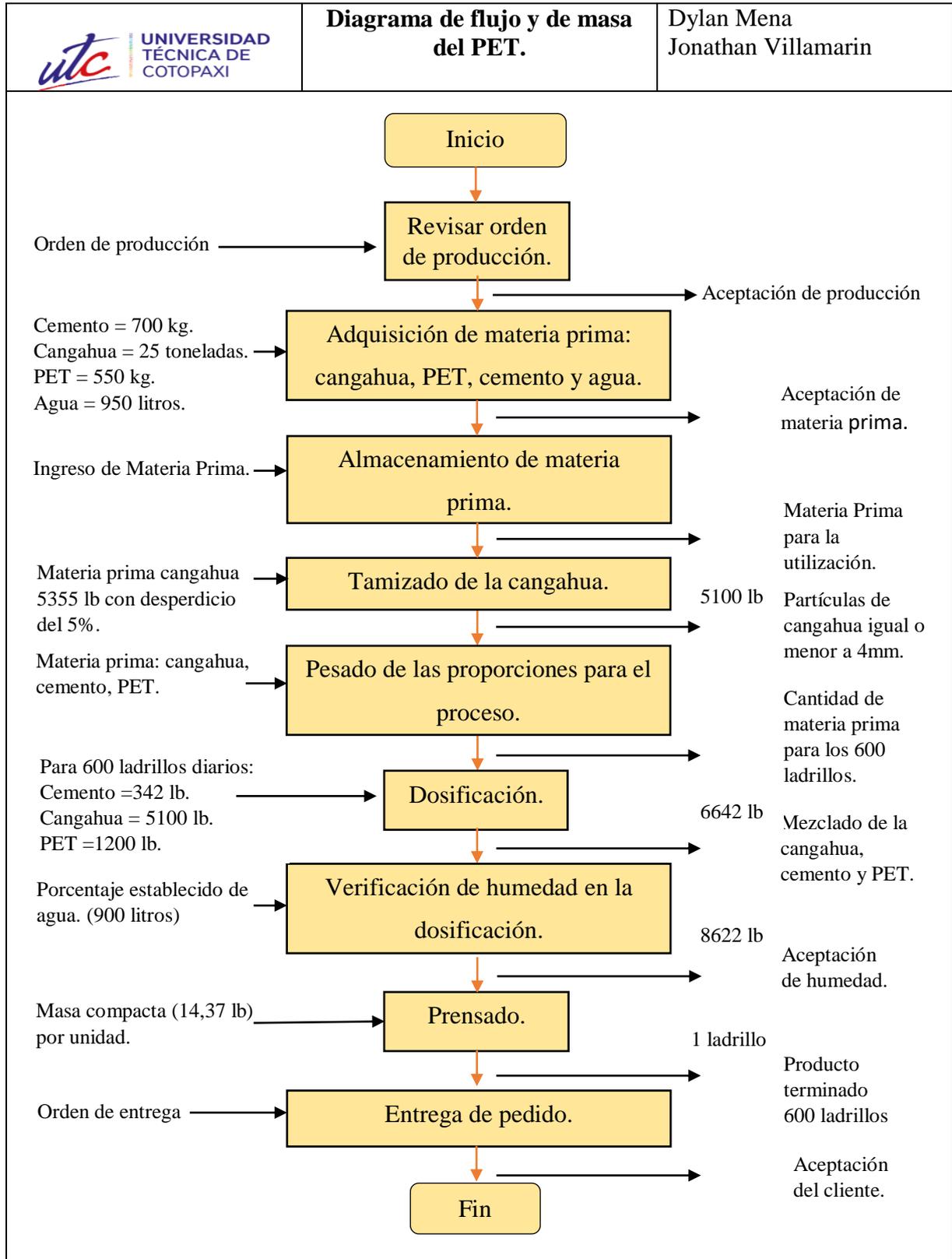
**Gráfico 4.** Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración de la cangahua.



**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

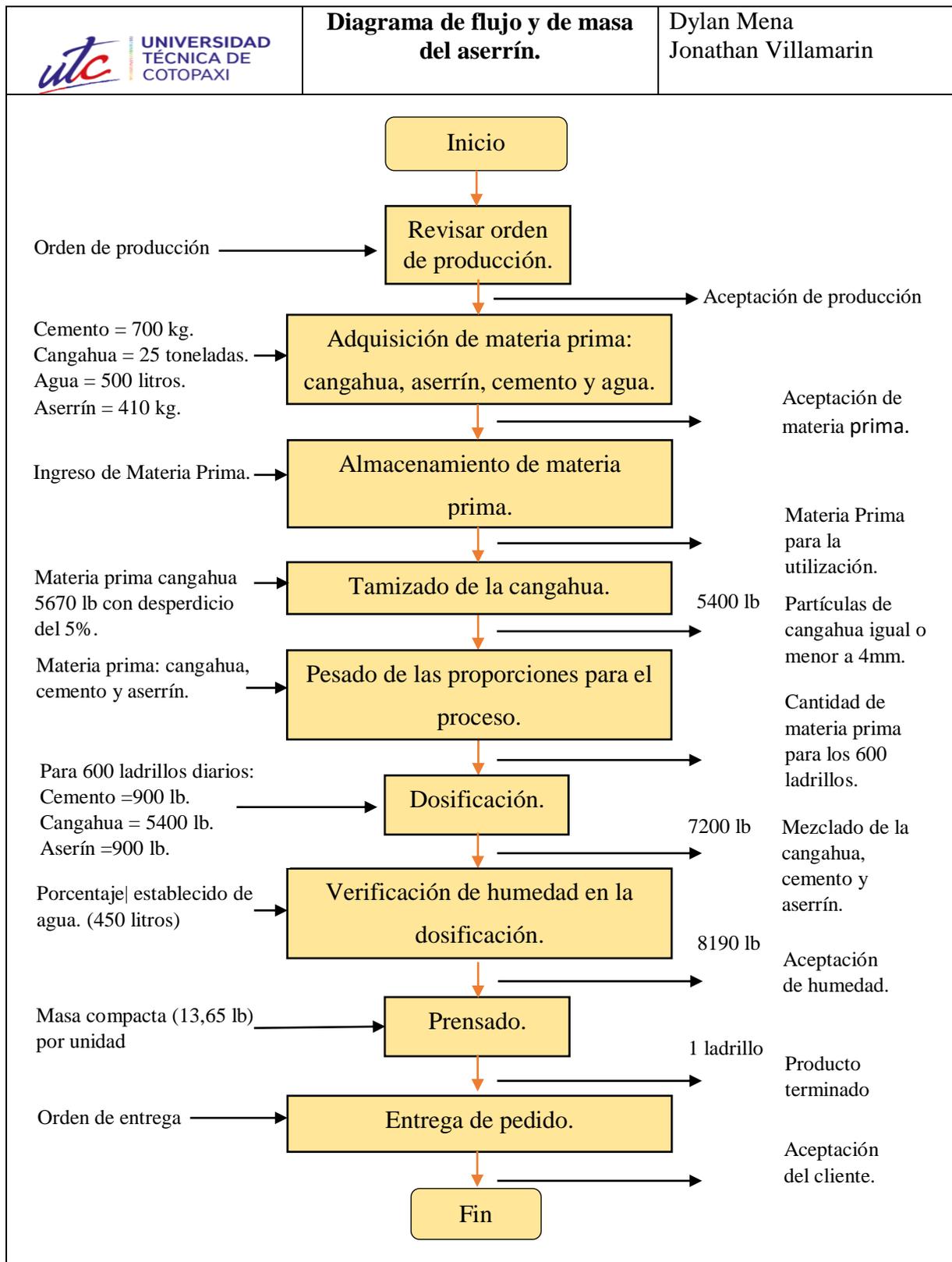
**Gráfico 5.** Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración del PET.



**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Gráfico 6.** Diagrama de flujo de volumen y de masa de la elaboración de aserrín.



**Elaborado por:** Mena Dylan, Villamarin Jonathan.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

## **10.2. Realización de ensayos de las propiedades en la resistencia mecánica y absorción de humedad del ladrillo ecológico.**

### **10.2.1. Ejecución de los ensayos de todas las muestras de ladrillos.**

#### **10.2.1.1. Ensayo de resistencia a la compresión.**

El procedimiento constó de varios pasos a realizar para obtener los resultados de la carga máxima de rotura. A continuación, se preparó las muestras de los ladrillos y ejecución de la prensa hidráulica (ver anexo 3), que consistió en:

- Se procedió a reducir las zonas que no permitieron que el ladrillo esté totalmente liso.
- Se refrentó la cara superior e inferior para que sus superficies estén planas y no contengan desniveles en sus caras.
- Se cortó cada muestra en la mitad para que sus respectivas mitades sean ensayadas en la prensa hidráulica.
- Se identificó la prensa hidráulica CMH120 en la zona que se encuentra situada de la Escuela Politécnica Nacional.
- Se centró la mitad de la muestra con respecto a la rótula de la máquina para su posterior ensayo.
- Se aplicó la velocidad de la carga hasta el punto de que se dé la carga máxima de rotura.

#### **10.2.1.2. Ensayo de resistencia a la flexión.**

El procedimiento es similar al de la resistencia a la compresión, ya que, para obtener los resultados de la carga de rotura, se prepararon las muestras de los ladrillos y se ejecutaron en la máquina que se detallan a continuación (ver anexo 3):

- Se procedió a reducir las zonas que no permitieron que el ladrillo esté totalmente liso.
- Se refrentó la cara superior e inferior para que sus superficies estén planas y no contengan desniveles en sus caras.
- Se identificó la prensa hidráulica CMH120, cabe recalcar que se utilizó la misma prensa que el de la resistencia a la compresión.
- Se centró un apoyo en el centro de la cara superior y dos apoyos en la cara inferior, estos apoyos deben estar a 15 cm de distancia del uno al otro, aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.

### **10.2.1.3. Ensayo de absorción de humedad.**

El procedimiento constó de varios pasos a realizar para obtener los resultados del porcentaje de absorción. A continuación, se preparó las muestras de los ladrillos y ejecución de la máquina (ver anexo 3), que consistió en:

- Se colocó las muestras de los ladrillos en el horno 645A por 24 horas para que estén totalmente secas.
- Se retiró del horno 645A las muestras secadas para continuar con su respectivo proceso de pesado.
- Se pesó las muestras secas en la balanza, se volvieron a pesar después de cinco minutos nuevamente, en lo que se verificó que entre el primer peso con el segundo no varió el 1% que dicta en la normativa y así se obtuvo el primer resultado que son los pesos de las muestras secas.
- Se sumergió las muestras dentro de agua destilada por 24 horas.
- Se retiró las muestras del agua destilada para posteriormente volverlas a pesar y tener los pesos de las muestras mojadas y así obtener el porcentaje de humedad que se necesita.

### **10.2.2. Resultados de la resistencia mínima a la compresión, resistencia mínima a la flexión y absorción máxima de humedad.**

Mediante la ejecución de los ensayos de resistencia mecánica y absorción de humedad en los diferentes tipos de ladrillos ecológicos de la empresa Ecoladrillos Cotopaxi, en el proyecto “Control de calidad en los procesos de fabricación de ladrillos ecológicos”, se obtuvo datos que proporciona la carga máxima de rotura en el ensayo de compresión, carga de rotura en el ensayo de flexión, el peso de la muestra desecada y el peso de la muestra después de 24 horas de haber sido sumergida en el ensayo de absorción de humedad.

#### **10.2.2.1. Resistencia a la compresión.**

Para el análisis de resistencia a la compresión en los ladrillos ecológicos de cangahua, PET y aserrín, se procedió a obtener muestras de los diferentes tipos de ladrillo que realiza la empresa Ecoladrillos Cotopaxi, utilizando un total de 15 ladrillos para el análisis, aplicando la NTE INEN 294 para la realización del ensayo y posteriormente para la obtención de la carga máxima de rotura establecida en la normativa INEN 297.

Las muestras de cada tipo de ladrillo se identificaron con un código para su respectiva identificación en la obtención de los diferentes datos, CC: compresión cangahua, CP: compresión PET y CA: compresión aserrín, utilizando 5 mitades de ladrillos de cangahua, 5 mitades de ladrillos de PET y 5 mitades de ladrillos de aserrín.

### **Carga máxima de rotura de los ladrillos ecológicos de cangahua.**

La tabla N°9 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de cangahua, con sus respectivas secciones y la carga máxima de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para la obtención de la resistencia mínima a la compresión, en los códigos se logra interpretar que las cinco muestras consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas como especifica la normativa INEN 294.

**Tabla 9.** Carga máxima de rotura de la compresión de cangahua.

<b>Compresión cangahua</b>							
<b>Código</b>	<b>Área Superior</b>		<b>Área inferior</b>		<b>Altura (mm)</b>	<b>Carga máx de rotura</b>	
	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>		<b>kN</b>	<b>N</b>
CC1	150,5	152,0	150,5	150,2	84,4	191,29	191290
CC2	151,0	150,5	151,0	150,5	82,0	192,64	192640
CC3	151,0	149,0	151,0	149,0	82,9	184,53	184530
CC4	151,0	148,9	151,0	148,9	87,4	201,76	201760
CC5	151,0	148,9	151,0	148,9	82,9	201,81	201810

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

### **Aplicación de la ecuación en la obtención de la resistencia a la compresión.**

Para la obtención de la resistencia a la compresión en Megapascales se utiliza la ecuación N°1, mediante un ejemplo se detalla a continuación con los datos del código CC1 de una muestra, pero para obtener la resistencia a la compresión, se necesita calcular el área de la sección, que se calcula con la ecuación N°2.

Datos:

Ancho superior ( $a_1$ ): 152,0 mm

Largo superior ( $l_1$ ): 150,5 mm

Ancho inferior ( $a_2$ ): 150,2 mm

Largo inferior ( $l_2$ ): 150,5 mm

Radio 1 ( $r_1$ ): Orificio/2: 58,3mm/2= 29,15 mm

Radio 2 ( $r_2$ ): Orificio/2: 58,3mm/2= 29,15 mm

$$A = a \times l$$

$$A = ((a_1 \times l_1) - (\pi r_1^2)) + ((a_2 \times l_2) - (\pi r_2^2))/2$$

$$A = ((152,0 \times 150,5) - (3,1415(29,15)^2)) + ((150,2 \times 150,5) - (3,1415 * (29,15)^2))/2$$

$$A = (20206,5967 \text{ mm}^2 + 19935,6967 \text{ mm}^2)/2$$

$$A = 20071,11 \text{ mm}^2$$

Una vez obtenida el área de la sección, mediante la ecuación N°1 se calcula la resistencia a la compresión.

Datos:

P: 191290 N

A: 20071,11 mm<sup>2</sup>

$$CC1 = \frac{P}{A}$$

$$CC1 = \frac{191290 \text{ N}}{20071,11 \text{ mm}^2}$$

$$CC1 = 9,53 \text{ MPa}$$

Obteniendo todos los valores de la resistencia a la compresión se debe calcular la media de todos los datos obtenidos de la resistencia a la compresión. A continuación, se representa la fórmula y su resolución aplicando la ecuación N°6:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{9,53 + 9,58 + 9,27 + 10,18 + 10,17}{5}$$

$$\bar{x} = 9,746 \text{ MPa}$$

Una vez resuelta la media, se procede a calcular la desviación estándar, la cual se determina por la ecuación N°19:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(9,53 - 9,746)^2 + (9,58 - 9,746)^2 + (9,27 - 9,746)^2 + (10,18 - 9,746)^2 + (10,17 - 9,746)^2}{5 - 1}}$$

$$S = 0,408 \text{ MPa}$$

### Resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos de cangahua.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión se detallan en la tabla N°10, esta interpretación se lo realiza de las 5 muestras de ladrillos ecológicos, también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 10.** Datos de la resistencia mínima a la compresión de la cangahua.

Resultados cangahua						
Código	Área superior	Área inferior	Área Promedio	Resistencia a la compresión	Media	Desviación estándar
	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	MPa		
CC1	20206,60	19935,62	20071,11	9,53	9,7460	0,408
CC2	20110,76	20110,68	20110,72	9,58		
CC3	19902,35	19902,28	19902,32	9,27		
CC4	19814,50	19814,42	19814,46	10,18		
CC5	19851,00	19850,92	19850,96	10,17		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

En la tabla N°11 se especifica el diámetro de los orificios de las muestras del ladrillo ecológico de cangahua, para la obtención de su área superior e inferior.

**Tabla 11.** Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos.

Diámetros de los orificios		
Código	Orificio 1 (mm)	Orificio 2 (mm)
CC1	58,3	58,3
CC2	57,7	57,7
CC3	57,5	57,5
CC4	58,3	58,3
CC5	57,9	57,9

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Carga máxima de rotura de los ladrillos ecológicos de PET.

La tabla N°12 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de PET, con sus respectivas secciones y la carga máxima de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para la obtención de la resistencia mínima a la compresión, en los códigos se logra interpretar que las muestras consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas como especifica la normativa INEN 294.

**Tabla 12.** Carga máxima de rotura de la compresión de PET.

Compresión PET							
Código	Área Superior		Área inferior		Altura (mm)	Carga máx de rotura	
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)		kN	N
CP1	150,0	148,9	150,0	148,9	82,3	156,76	156760
CP2	151,0	149,2	151,0	149,2	85,6	74,88	74880
CP3	150,5	148,9	150,5	148,9	83,9	140,82	140820
CP4	151,0	149,0	151,0	149,0	84,4	95,87	95870
CP5	151,0	148,8	151,0	148,8	80,4	125,29	125290

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos de PET.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del PET se detallan en la tabla N°13, esta interpretación se lo realiza de las 5 muestras de ladrillos ecológicos, también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 13.** Datos de la resistencia mínima a la compresión del PET.

Resultados PET						
Código	Área superior	Área inferior	Área Promedio	Resistencia a la compresión	Media	Desviación estándar
	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	MPa		
CP1	19665,60	19665,52	19665,56	7,97	6,0021	1,7008
CP2	19859,80	19859,72	19859,76	3,77		
CP3	19785,64	19785,56	19785,60	7,12		
CP4	19838,75	19838,67	19838,71	4,83		
CP5	19826,80	19826,72	19826,76	6,32		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

En la tabla N°14 se especifica el diámetro de los orificios de las muestras del ladrillo ecológico de cangahua, para la obtención de su área superior e inferior.

**Tabla 14.** Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos de PET.

<b>Diámetro de los orificios</b>		
<b>Código</b>	<b>Orificio 1 (mm)</b>	<b>Orificio 2 (mm)</b>
CP1	58,3	58,3
CP2	58,3	58,3
CP3	57,8	57,8
CP4	58,2	58,2
CP5	58	58

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

### **Carga máxima de rotura de los ladrillos ecológicos de aserrín.**

La tabla N°15 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de aserrín, con sus respectivas secciones y la carga máxima de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para la obtención de la resistencia mínima a la compresión, en los códigos se logra interpretar que las 5 muestras consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas como especifica la normativa INEN 294.

**Tabla 15.** Carga máxima de rotura de la compresión de aserrín.

<b>Compresión aserrín</b>							
<b>Código</b>	<b>Área Superior</b>		<b>Área inferior</b>		<b>Altura (mm)</b>	<b>Carga máx de rotura</b>	
	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>		<b>kN</b>	<b>N</b>
CA1	153,5	154,0	153,5	154,0	79,0	34,87	34870
CA2	154,0	154,0	154,0	154,0	82,0	35,91	35910
CA3	153,5	155,0	153,5	155,0	80,0	32,19	32190
CA4	154,5	154,0	154,5	154,0	83,0	38,44	38440
CA5	154,5	154,0	154,5	154,0	82,0	37,84	37840

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos de aserrín.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del aserrín se detallan en la tabla N°16, esta interpretación se lo realiza de las 5 muestras de ladrillos ecológicos, también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 16.** Datos de la resistencia mínima a la compresión de aserrín.

<b>Resultados aserrín</b>						
<b>Código</b>	<b>Área superior</b>	<b>Área inferior</b>	<b>Área Promedio</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>
CA1	20858,58	20858,49	20858,54	1,67	1,7092	0,1178
CA2	20888,65	20888,57	20888,61	1,72		
CA3	21040,04	21039,96	21040,00	1,53		
CA4	21040,54	21040,46	21040,50	1,83		
CA5	21040,54	21040,46	21040,50	1,80		

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

En la tabla N°17 se especifica el diámetro de los orificios de las muestras del ladrillo ecológico de PET, para la obtención de su área superior e inferior.

**Tabla 17.** Diámetro de los orificios de los ladrillos ecológicos de PET.

<b>Diámetro de los orificios</b>		
<b>Código</b>	<b>Orificio 1</b>	<b>Orificio 2</b>
	<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>
CA1	59,5	59,5
CA2	60	60
CA3	59,2	59,2
CA4	59,2	59,2
CA5	59,2	59,2

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

### 10.2.2.2. Resistencia a la flexión.

Para el análisis de resistencia a la flexión en los ladrillos ecológicos de cangahua, PET, aserrín, se procedió a obtener 5 muestras de los diferentes tipos de ladrillos que realiza la empresa Ecoladrillos Cotopaxi, utilizando un total de 15 ladrillos para el análisis, aplicando la NTE INEN 295 para la realización de los ensayos y posteriormente para la obtención de la carga de rotura establecida en la normativa INEN 297.

Las 5 muestras de cada tipo de ladrillo se identificaron con un código para su respectiva identificación en la obtención de los diferentes datos, FC: flexión cangahua, FP: flexión PET y FA: flexión aserrín.

#### Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de cangahua.

La tabla N°18 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de cangahua, con sus respectivas secciones y la carga de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para la obtención del módulo de rotura (MPa), también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

Para la obtención del módulo de rotura en Megapascuales se utiliza la ecuación N°3, mediante un ejemplo se detalla a continuación con los datos del código FC1 de una muestra:

Datos:

G: 4700 N

l: 150 mm

b: 150,4 mm

d: 82.8 mm

$$FC1 = \frac{3 G l}{2b d^2}$$

$$FC1 = \frac{3 \times 4700 \text{ N} \times 150 \text{ mm}}{2 \times 150.4 \text{ mm} \times (82.8)^2}$$

$$FC1 = 1,03 \text{ MPa}$$

**Tabla 18.** Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de cangahua.

Flexión cangahua										
Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Distancia entre apoyos (mm)	Peso (g)	Carga (kN)	Carga (N)	Módulo de rotura (MPa)	Media (MPa)	Desviación Estándar (MPa)
FC1	301	150,4	82,8	150	5261,2	4,7	4700	1,03	1,0742	0,1980
FC2	300	151	82	150	5193,5	3,6	3600	0,80		
FC3	300	150,8	81,4	150	5534,1	5,1	5100	1,15		
FC4	302	149,8	80	150	5382,9	4,5	4500	1,06		
FC5	300	149,2	83,1	150	5274,2	6,15	6150	1,34		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de PET.

La tabla N°19 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de PET, con sus respectivas secciones y la carga de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para la obtención del módulo de rotura (MPa), también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 19.** Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de PET.

Flexión PET										
Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Distancia entre apoyos (mm)	Peso (g)	Carga (kN)	Carga (N)	Módulo de rotura (MPa)	Media (MPa)	Desviación Estándar (MPa)
FP1	300	150	81,9	150	4329,5	2,35	2350	0,53	1,0189	0,4432
FP2	301	151,2	80,5	150	4592,1	5,3	5300	1,22		
FP3	300	149,9	82,1	150	4376,2	2,6	2600	0,58		
FP4	301	152	81,5	150	4722,8	6,85	6850	1,53		
FP5	301	149,5	80	150	4416,5	5,3	5300	1,25		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de aserrín.

La tabla N°20 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de aserrín, con sus respectivas secciones y la carga de rotura, que permiten la aplicación de la ecuación para

la obtención del módulo de rotura (MPa), también incluye el promedio y desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 20.** Resultados de la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos de aserrín.

Flexión Aserrín										
Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Distancia entre apoyos (mm)	Peso (g)	Carga (kN)	Carga (N)	Módulo de rotura (MPa)	Media (MPa)	Desviación Estándar (MPa)
FA1	308	154	82	150	4223,7	1,25	1250	0,27	0,2882	0,0463
FA2	308	151	80,9	150	4175,6	1,03	1030	0,23		
FA3	307	153	81,5	150	4096,6	1,58	1580	0,35		
FA4	308	152	81,8	150	4133	1,45	1450	0,32		
FA5	308	153	80	150	4196,2	1,15	1150	0,26		

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

#### 10.2.2.2. Absorción de humedad.

Para el análisis de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de cangahua, PET y aserrín, se procedió a obtener 5 muestras de los diferentes tipos de ladrillo que realiza la empresa Ecoladrillos Cotopaxi, utilizando un total de 15 ladrillos para el análisis, aplicando la NTE INEN 296 para la realización de los ensayos y posteriormente para la obtención del porcentaje de absorción establecida en la normativa INEN 297.

Las 5 muestras de cada tipo de ladrillo se identificaron con un código para su respectiva identificación en la obtención de los diferentes datos, HC: humedad cangahua, HP: humedad PET y HAH: humedad aserrín.

#### Resultados del porcentaje de absorción de los ladrillos ecológicos de cangahua.

La tabla N°21 contiene la identificación de las 5 muestras del ladrillo a base de cangahua, con se respectivo peso seco y peso sumergido, que permite la aplicación de la ecuación para la obtención del porcentaje de absorción, también incluye el porcentaje promedio de absorción y la desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

Para la obtención de porcentaje de absorción se utiliza la ecuación N°4, mediante un ejemplo se detalla a continuación, con los datos del código HC1 de una muestra:

Datos:

P1: 4,54 Kg

P2: 5,678 Kg

$$HC1 = \frac{P2-P1}{P1} \times 100$$

$$HC1 = \frac{5.678-4.54}{4.54} \times 100$$

$$HC1 = 25 \%$$

**Tabla 21.** Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de cangahua.

Porcentaje de absorción de humedad de la cangahua					
Código	Peso seco (kg)	Peso Sumergido (kg)	% Absorción	% promedio de absorción	Desviación Estándar
HC1	4,54	5,678	25%	22%	0,028378697
HC2	4,475	5,513	23%		
HC3	4,553	5,677	25%		
HC4	5,384	6,364	18%		
HC5	4,673	5,66	21%		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados del porcentaje de absorción de los ladrillos ecológicos de PET.

La tabla N°22 contiene la identificación de las cinco muestras del ladrillo a base de PET, con se respectivo peso seco y peso sumergido, que permite la aplicación de la ecuación para la obtención del porcentaje de absorción, también incluye el porcentaje promedio de absorción y la desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 22.** Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de PET.

Porcentaje de absorción de humedad del PET					
Código	Peso seco (kg)	Peso Sumergido (kg)	% Absorción	% promedio de absorción	Desviación Estandar
HP1	4,695	5,592	19%	23%	0,045968116
HP2	4,425	5,639	27%		
HP3	4,796	5,737	20%		
HP4	4,387	5,622	28%		
HP5	4,837	5,782	20%		

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

### Resultados del porcentaje de absorción de los ladrillos ecológicos de aserrín.

La tabla N°23 contiene la identificación de las cinco muestras del ladrillo a base de aserrín, con se respectivo peso seco y peso sumergido, que permite la aplicación de la ecuación para la obtención del porcentaje de absorción, también incluye el porcentaje promedio de absorción y la desviación estándar para el análisis con respecto al mejor ladrillo ecológico.

**Tabla 23.** Resultados de absorción de humedad en los ladrillos ecológicos de aserrín.

Porcentaje de absorción de humedad del aserrín					
Código	Peso seco (kg)	Peso Sumergido (kg)	% Absorción	% promedio de absorción	Desviación Estándar
HAH1	3,632	5,604	54%	48%	0,049028762
HAH2	3,849	5,568	45%		
HAH3	3,527	5,36	52%		
HAH4	3,725	5,332	43%		
HAH5	3,838	5,586	46%		

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

### 10.3. Comparación de los resultados obtenidos para la obtención del mejor ladrillo en base a sus propiedades fundamentales y costo de producción.

#### 10.3.1. Análisis de los resultados obtenidos para conocer cual ladrillo es la opción ideal para la fabricación de los mismos en base a la resistencia mínima a compresión, resistencia mínima a la compresión y absorción máxima de humedad.

##### Análisis de la resistencia mínima a la compresión entre los tres tipos de ladrillos.

Mediante los resultados obtenidos se verifica el tipo de ladrillo más óptimo que posee mejores propiedades basado en la normativa INEN 297, cabe recalcar que según la normativa el rango de la resistencia mínima a la compresión oscila entre 6 y 3 MPa respectivamente por lo que mediante estos valores se verificara a qué tipo de ladrillos hueco pertenece según sus características.

Para obtener el resultado de los intervalos de confianza, se toma de ejemplo al tipo de ladrillo con base de cangahua, A continuación, se aplica la fórmula en la ecuación N°20:

Datos:

$$n = 5$$

$$\bar{x} = 9,746$$

$$S = 0,408$$

$$\alpha = 0,05$$

$$t_{\alpha/2} = t_{0,025}$$

Grado de libertad:  $n - 1 = 4$

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\mu = 9,746 \pm 2,776 * \frac{0,408}{\sqrt{5}}$$

$$\mu = 9,746 \pm 0,5065$$

$$9,23 \leq \mu \leq 10,25$$

Figura 5. Distribución t de student.

$\alpha$ $\Gamma$	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073

Fuente: (Montgomery, 2013)

Tabla 24. Análisis de la resistencia mínima a la compresión entre los tres tipos de ladrillos.

Tipo del ladrillo	Promedio Resistencia a la compresión (MPa)	Intervalo de confianza T ( $\alpha = 0,05$ )	Norma INEN 297 – resistencia mínima a la compresión.	
Cangahua	9,746	$9,23 \leq 9,746 \leq 10,25$	6	Hueco tipo D
PET	6,0021	$3,89 \leq 6,0021 \leq 8,11$	6	Hueco tipo D
Aserrín	1,7092	$1,56 \leq 1,7092 \leq 1,86$	3	Hueco tipo F

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

En los resultados obtenidos en la tabla N°24, se observa que la resistencia mínima a la compresión de las muestras se encuentra dentro de los estándares establecidos en la normativa INEN 297 del tipo de ladrillo hueco, excepto el de aserrín. Se observa mayores propiedades de resistencia a la compresión en los ladrillos de cangahua con una resistencia a la compresión de 9,746 MPa con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 9,23 y 10,25 MPa, seguido del PET con una resistencia a la compresión de 6,0021 MPa con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 3,89 y 8,11 MPa y el aserrín tiene una resistencia a la compresión muy baja de 1,7092 MPa que no cumple la normativa INEN 297, con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 1,56 y 1,86 MPa.

Con respecto a la normativa INEN 297 el ladrillo de cangahua cumple características para ser utilizado en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado, considerando que este ladrillo posee mayores características de un ladrillo hueco porque su resistencia a la compresión es mayor a un ladrillo tipo C macizo, el ladrillo de PET cumple especificaciones para ser utilizado en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado y el ladrillo de aserrín está por debajo del promedio en la resistencia mínima a la compresión por lo que debemos definir una mejor composición para que obtenga mayores propiedades en su resistencia.

#### **Análisis de la resistencia mínima a la flexión entre los tres tipos de ladrillos.**

Mediante los resultados obtenidos se verifica el tipo de ladrillo más óptimo que posee mejores propiedades basado en la normativa INEN 297, cabe recalcar que según la normativa el rango de la resistencia mínima a la flexión oscila entre 4 y 2 respectivamente por lo que mediante estos valores se verificara a qué tipo de ladrillos hueco pertenece según sus características.

**Tabla 25.** Análisis de la resistencia mínima a la flexión entre los tres tipos de ladrillo.

<b>Tipo del ladrillo</b>	<b>Resistencia a la flexión (MPa)</b>	<b>Intervalo de confianza T (<math>\alpha=0,05</math>)</b>	<b>Norma INEN 297 – resistencia mínima a la flexión</b>	
Cangahua	1,07	$0,83 \leq 1,07 \leq 1,32$	2	Hueco tipo F
PET	1,02	$0,47 \leq 1,02 \leq 1,57$	2	Hueco tipo F
Aserrín	0,29	$0,23 \leq 0,29 \leq 0,35$	2	Hueco tipo F

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

En los resultados obtenidos en la tabla N°25, se observa que la resistencia mínima a la flexión de las muestras son inferiores a los estándares establecidos en la normativa INEN 297 del tipo de ladrillo hueco, pero el que posee mayor resistencia a la flexión es el ladrillo de cangahua con un módulo de rotura de 1,07 MPa, con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 0,83 y 1,32 MPa, seguido del ladrillo de PET que tiene un módulo de rotura de 1,02 MPa, con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 0,47 y 1,57 MPa, entre estos dos tipos de ladrillo existe una diferencia mínima de resistencia a la flexión, en cambio el ladrillo de aserrín posee un módulo de rotura de 0,29 MPa, que es una diferencia significativa con respecto a los otros tipos de ladrillo.

De acuerdo con la normativa INEN 297 los tres tipos de ladrillo no cumplen con parámetros mínimos de resistencia a la flexión, por lo que deberá ser analizado sus componentes para adquirir un mayor módulo de rotura y así mejorar sus propiedades para cumplir con la normativa vigente en el Ecuador.

Con referencia en un ladrillo tradicional su resistencia a la flexión según (Reinoso & Vergara, 2018), posee 1,08 MPa por lo que con referencia a los ladrillos ecológicos estudiados de cangahua, PET y aserrín poseen características similares, excepto el de aserrín (ver tabla N°26).

**Tabla 26.** Resistencia a la flexión del ladrillo tradicional.

<b>Tipos de ladrillos</b>	<b>Resistencia a la flexión (MPa)</b>
Ladrillo tradicional quemado.	1,08

**Fuente:** (Reinoso & Vergara, 2018)

### **Análisis de absorción máxima de humedad entre los tres tipos de ladrillos.**

Mediante los resultados obtenidos se verifica el tipo de ladrillo más óptimo que posee mejores propiedades basado en la normativa INEN 297, cabe recalcar que según la normativa el rango de absorción de humedad oscila entre 16 y 25 % respectivamente por lo que mediante estos valores se verificara a qué tipo de ladrillos hueco pertenece según sus características.

**Tabla 27.** Análisis del porcentaje de absorción entre los tres tipos de ladrillo.

<b>Tipo del ladrillo</b>	<b>Absorción de humedad (%)</b>	<b>Intervalo de confianza en base a la desviación estándar</b>	<b>Norma INEN 297 – absorción máxima de humedad</b>	
Cangahua	22	$21,96 \leq 22 \leq 22,03$	25	Hueco tipo F
PET	23	$22,94 \leq 23 \leq 23,05$	25	Hueco tipo F
Aserrín	48	$47,93 \leq 48 \leq 48,06$	25	Hueco tipo F

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

En los resultados obtenidos en la tabla N°27, se observa que el porcentaje de absorción máxima de humedad de las muestras se encuentran dentro de los estándares establecidos en la normativa INEN 297 del tipo de ladrillo hueco, excepto el de aserrín. Se observa un menor porcentaje de absorción en el ladrillo de cangahua con un porcentaje del 22% con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 21,96% y 22,03%, seguido del PET con una absorción de humedad del 23% con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 22,94% y 23,05 % y el aserrín tiene un porcentaje de absorción del 48%, que excede el límite máximo de absorción con respecto a la normativa INEN 297 con un intervalo de confianza del 95% la media está entre 47,93% y 48,06%.

De acuerdo con la normativa INEN 297 el ladrillo de cangahua y PET pueden ser utilizados en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado, considerando que a menor porcentaje de humedad mayor calidad posee el ladrillo, el ladrillo de aserrín posee un porcentaje de absorción elevado con respecto a la normativa, que su límite máximo es del 25% en promedio de las cinco unidades.

### **10.3.2. Realización del programa Minitab de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción de humedad.**

Minitab es un programa estadístico, el cual mediante el análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) se procede a realizar la comparación estadística de las medias, con respecto a la resistencia de compresión, resistencia de flexión y absorción de humedad de: cangahua, PET y aserrín para tener en cuenta si poseen una diferencia significativa entre ellas, mediante la utilización de gráficas de intervalos que permite observar entre sus medias si poseen una diferencia significativa.

### **10.3.2.1. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la resistencia a la compresión en base a sus tres composiciones.**

En el gráfico N°7 se muestra la gráfica de cajas considerando como factor la composición de los tipos de ladrillos y la resistencia a la compresión como variable, así obteniendo una interpretación de la resistencia a la compresión de los tres tipos de ladrillos, en el diagrama de cajas se identifica que el valor del primer cuartil en base a la cangahua equivale a 9.4, su segundo cuartil es igual a 9.58 y el tercer cuartil es 10.175. Su mediana es 9.58, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 9.27 y 10.18 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.775. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

En la composición de PET su primer cuartil equivale a 4.3, su segundo cuartil es igual a 6.32 y el tercer cuartil es 7.545. Su mediana es 6.32, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 3.77 y 7.97 respectivamente. El rango del intercuartil es de 3.245. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

En la composición de aserrín su primer cuartil equivale a 1.6, su segundo cuartil es igual a 1.72 y el tercer cuartil es 1.815. Su mediana es 1.72, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 1.53 y 1.83 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.215. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

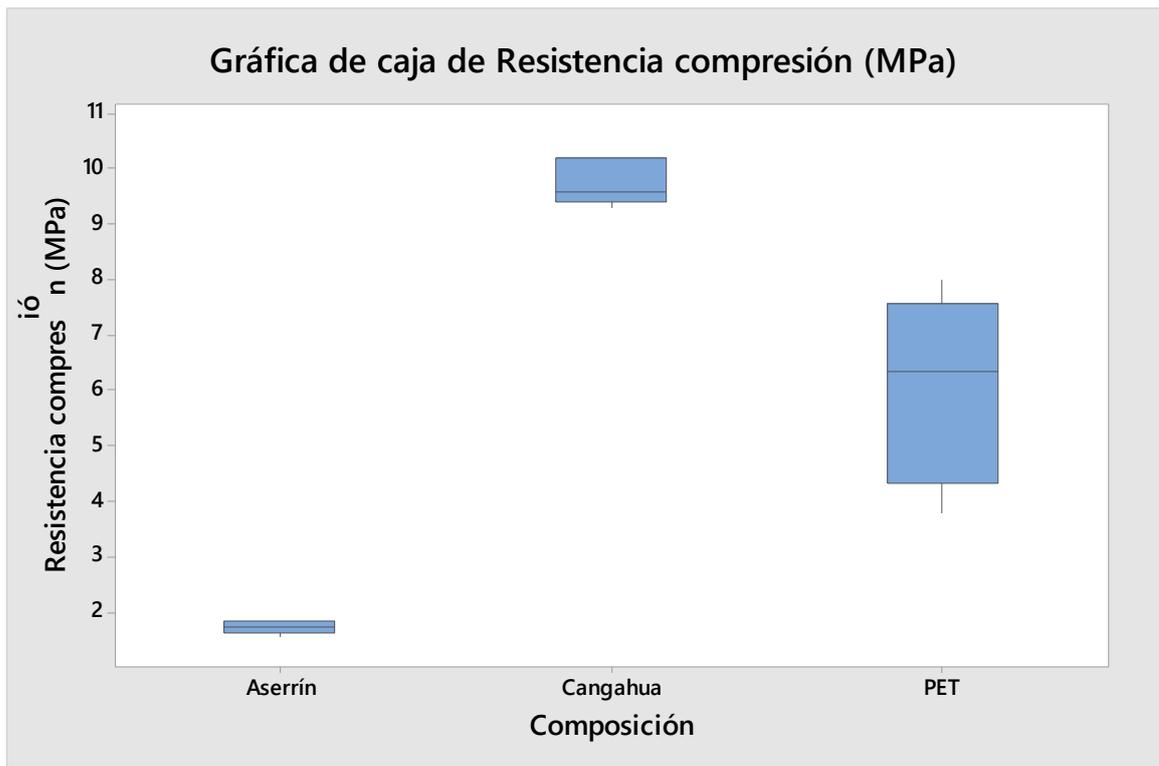
Entre las 3 gráficas se observa que la composición de cangahua posee una varianza menor a la del PET y mayor a la de aserrín, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica negativa” por tener la mayoría de las muestras en los valores superiores de la variable, también es la que tiene mayor medida de tendencia central, ya que esta medida trabaja acorde a la mediana, dicho esto se verifica que esta composición posee mayores propiedades para la fabricación de ladrillos ecológicos que se encuentra en el rango acorde a la normativa INEN 297 en la resistencia a la compresión.

La composición de PET posee una varianza mayor a la de cangahua y aserrín, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica positiva” por tener la mayoría de las muestras en los valores inferiores de la variable, su mediana se encuentra por debajo de la de cangahua, esto permite que se observe que sus propiedades para la fabricación de ladrillos ecológicos

también se encuentran en el rango acorde a la normativa INEN 297 en la resistencia a la compresión.

Por último, la composición de aserrín es la que tiene menor varianza de las 3 composiciones, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica positiva” por tener la mayoría de las muestras en los valores inferiores de la variable y menor mediana con respecto a las dos composiciones más, siendo la composición que no cumple con las propiedades para la fabricación de ladrillos ecológicos según la normativa INEN 297.

**Gráfico 7.** Interpretación gráfica de cajas de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín.



**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

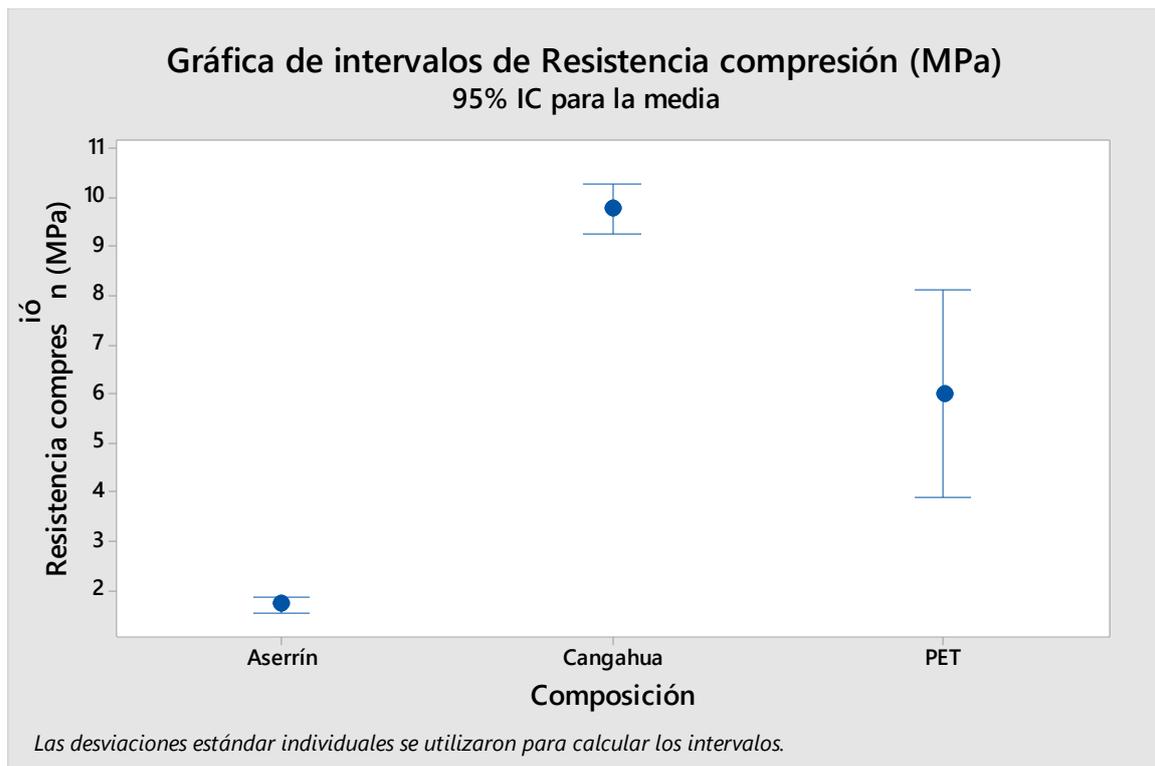
En el gráfico N°8 se muestra los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medias. Lo cual permite conocer que cantidad es la que puede variar si en un futuro se vuelven a practicar ensayos de las mismas composiciones.

En la tabla N°28 se muestran los intervalos de confianza t student, que en ítems anteriores se aplicó su respectiva fórmula para determinar los intervalos de la composición de la cangahua como ejemplo.

**Tabla 28.** Intervalo de confianza de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín.

Tipo del ladrillo	Promedio Resistencia a la compresión (MPa)	Intervalo de confianza T ( $\alpha=0,05$ )
Cangahua	8,28	$7,37 \leq 8,28 \leq 9,20$
PET	4,35	$3,54 \leq 4,35 \leq 5,18$
Aserrín	1,53	$1,46 \leq 1,53 \leq 1,60$

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Gráfico 8.** Interpretación gráfica de intervalos de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín.

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

En la figura N°6 se muestran todos los resultados que arroja Minitab de forma estadística, en el punto 7.11 se encuentra el procedimiento manual de como realizar estos procesos.

Intrepetando los resultados obtenidos se manifiesta que el valor P es igual a 0,000 siendo menor al nivel de significancia que equivale a 0,05. Mediante esto se verifica que la hipótesis nula se rechaza. Es decir que en la composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET y aserrín si existe diferencia significativa en la comparación de datos de la resistencia mínima a la compresión.

Para la obtención de estos resultados, en primer lugar, se debe comprender de forma manual de cómo se realizan las operaciones, de tal modo de estar familiarizados con el programa estadístico, A continuación, se establecen los resultados de las muestras con sus resistencias a la compresión de la cangahua, PET y aserrín:

**Tabla 29.** Datos de la resistencia a la compresión.

<b>Código</b>	<b>Resistencia a la compresión (MPa)</b>
CC1	9,53
CC2	9,58
CC3	9,27
CC4	10,18
CC5	10,17
CP1	7,97
CP2	3,77
CP3	7,12
CP4	4,83
CP5	6,32
CA1	1,67
CA2	1,72
CA3	1,53
CA4	1,83
CA5	1,80

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Tabla 30.** Fórmulas y resolución para Minitab.

<b>Fórmulas y resolución de las operaciones</b>		
<b>Cangahua</b>	<b>PET</b>	<b>Aserrín</b>
Suma de datos: $T_c = \sum_{i=1}^n x_i$ $T_c = 48,73$	Suma de datos: $T_c = \sum_{i=1}^n x_i$ $T_c = 30,01$	Suma de datos: $T_c = \sum_{i=1}^n x_i$ $T_c = 8,55$
Número de observaciones por muestra: $nc = n$ $nc = 5$	Número de observaciones por muestra: $nc = n$ $nc = 5$	Número de observaciones por muestra: $nc = n$ $nc = 5$
Suma de cuadrados: $\sum x^2 = 475,5915$	Suma de cuadrados: $\sum x^2 = 191,6995$	Suma de cuadrados: $\sum x^2 = 14,6771$
Datos obtenidos: $\frac{T_c^2}{nc} = 474,9225$	Datos obtenidos: $\frac{T_c^2}{nc} = 180,1200$	Datos obtenidos: $\frac{T_c^2}{nc} = 14,6205$

<p>Suma de cuadrados entre grupos:</p> $SST = \sum(Tc^2/nc) - \frac{(\sum x)^2}{n}$ $SST = 161,6933$
<p>Suma de cuadrados dentro de grupos:</p> $SSE = \sum x^2 - \sum(Tc^2/nc)$ $SSE = 12,3051$
<p>Total de suma de cuadrados.</p> $SST + SSE = 173,9984$
<p>Grado de libertad de cuadrados entre grupos:</p> $K - 1 = 2$
<p>Grado de libertad de cuadrados dentro de grupos:</p> $N - K = 12$
<p>Total grados de libertad:</p> $(K - 1) + (N - K) = 14$
<p>Cuadrados medios entre grupos:</p> $MSTR = SST/(K - 1)$ $MSTR = 80,8466$
<p>Cuadrados medios dentro de grupos:</p> $MSE = SSE/(N - K)$ $MSE = 1,0254$
<p>Función de la prueba:</p> $F = MSTR/MSE$ $F = 78,84$

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Tabla 31.** Fórmula para calcular la media.

<b>Cálculo de la media</b>		
<b>Cangahua</b>	<b>PET</b>	<b>Aserrín</b>
$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$
$\bar{x} = 9,746$	$\bar{x} = 6,002$	$\bar{x} = 1,71$

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Tabla 32.** Fórmula para calcular la desviación estándar.

Cálculo de la desviación estándar		
Cangahua	PET	Aserrín
$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$	$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$
S = 0,40	S = 1,70	S = 0,11

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Figura 6.** Resultados de Minitab en resistencia a la compresión de cangahua.

## ANOVA de un solo factor: Resistencia compresión (MPa) ... Composición Método

Hipótesis nula                      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna                    No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia                       $\alpha = 0,05$   
*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Composición	3	Aserrín; Cangahua; PET

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Composición	2	161,69	80,847	78,84	0,000
Error	12	12,30	1,025		
Total	14	174,00			

### Medias

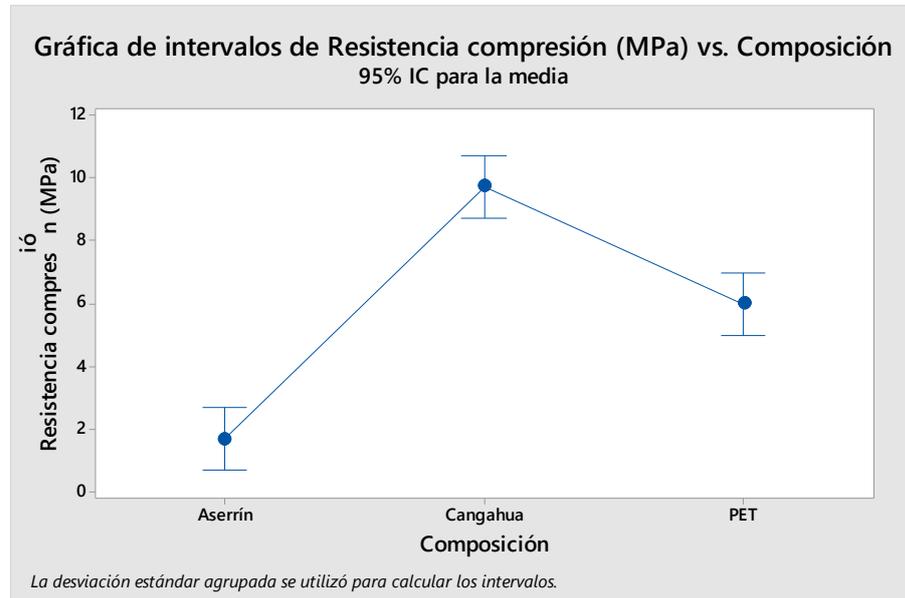
Composición	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Aserrín	5	1,7100	0,1190	(0,7233; 2,6967)
Cangahua	5	9,746	0,409	(8,759; 10,733)
PET	5	6,002	1,701	(5,015; 6,989)

*Desv.Est. agrupada = 1,01263*

**Fuente:** Minitab

En el gráfico N°9 se muestra los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medias. El intervalo de aserrín posee una resistencia a la compresión menor con respecto a las otras medias, ya que esta composición no cumple con las propiedades en base a la normativa INEN 297, entre las medias de cangahua y PET si existe diferencia significativa, ya que varían por 3.93 MPa.

**Gráfico 9.** Intervalos de la resistencia a la compresión de cangahua, PET y aserrín aplicado.



Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

### 10.3.2.1. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la resistencia a la flexión en base a sus tres composiciones.

En el gráfico N°10 se muestra la gráfica de cajas considerando como factor la composición de los tipos de ladrillo y el módulo de rotura como variable, así obteniendo una interpretación de la resistencia a la flexión de los tres tipos de ladrillos, en el diagrama de cajas se puede identificar que el valor del primer cuartil en base a la cangahua equivale a 0.9116, su segundo cuartil es igual a 1.0561 y el tercer cuartil es 1.2457. Su mediana es 1.0561, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 0.7977 y 1.3430 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.3340. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

En la composición de PET su primer cuartil equivale a 0.5522, su segundo cuartil es igual a 1.2170 y el tercer cuartil es 1.3864. Su mediana es 1.2170, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son

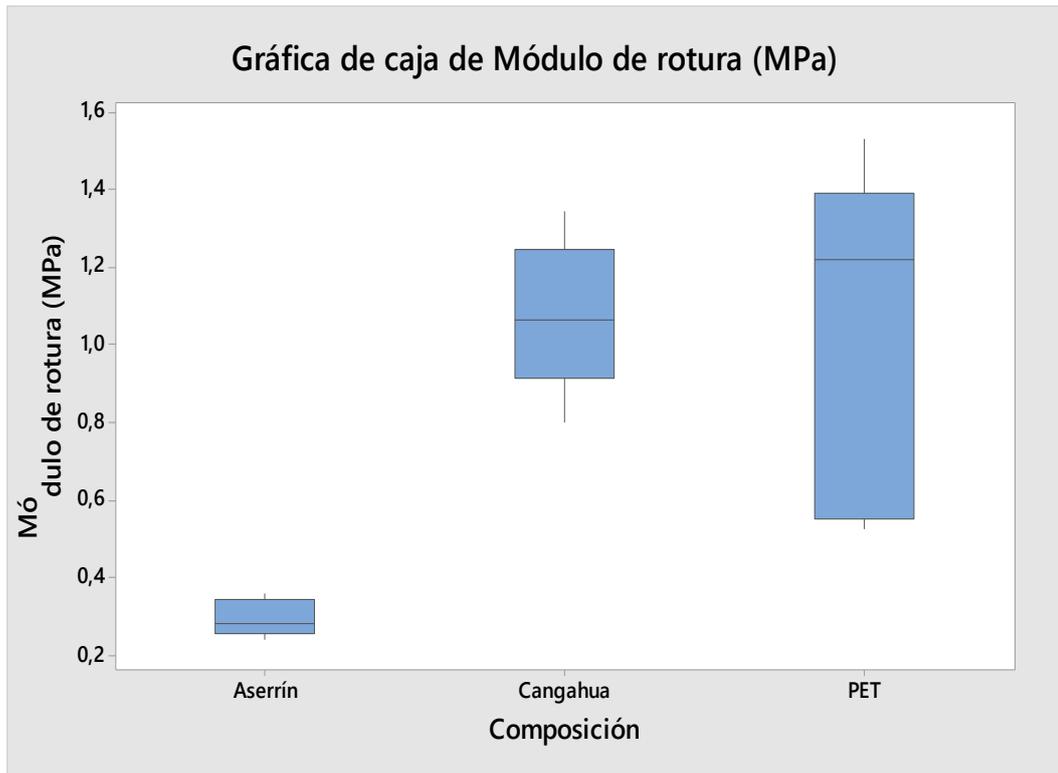
0.5255 y 1.5265 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.8341. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

En la composición de aserrín su primer cuartil equivale a 0.2493, su segundo cuartil es igual a 0.2716 y el tercer cuartil es 0.3352. Su mediana es 0.2716, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 0.2345 y 0.3498 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.0859. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

Entre las 3 gráficas se observa que la composición de cangahua posee una varianza menor a la del PET y mayor a la de aserrín, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica negativa” por tener la mayoría de las muestras en los valores superiores de la variable, también es la que tiene mayor medida de tendencia central de aserrín pero menor a la de PET, ya que esta medida trabaja acorde a la mediana, dicho esto se verifica que esta composición posee mayores propiedades que el aserrín y menores propiedades que del PET, pero no se encuentra en el rango acorde a la normativa INEN 297 en la resistencia a la flexión.

La composición de PET posee una varianza mayor a la de cangahua y aserrín, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica positiva” por tener la mayoría de las muestras en los valores inferiores de la variable, su mediana se encuentra por arriba de la de cangahua, esto permite que se observe que sus propiedades son mayores que la de cangahua, pero tampoco se encuentran en el rango acorde a la normativa INEN 297 en la resistencia a la flexión.

Por último, la composición de aserrín es la que tiene menor varianza de las 3 composiciones, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica negativa” por tener la mayoría de las muestras en los valores superiores de la variable y menor mediana con respecto a las dos composiciones más, siendo la composición con las propiedades más bajas que las otras dos composiciones y que también no se encuentra en el rango según la normativa INEN 297.

**Gráfico 10.** Interpretación gráfica de cajas de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín.

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

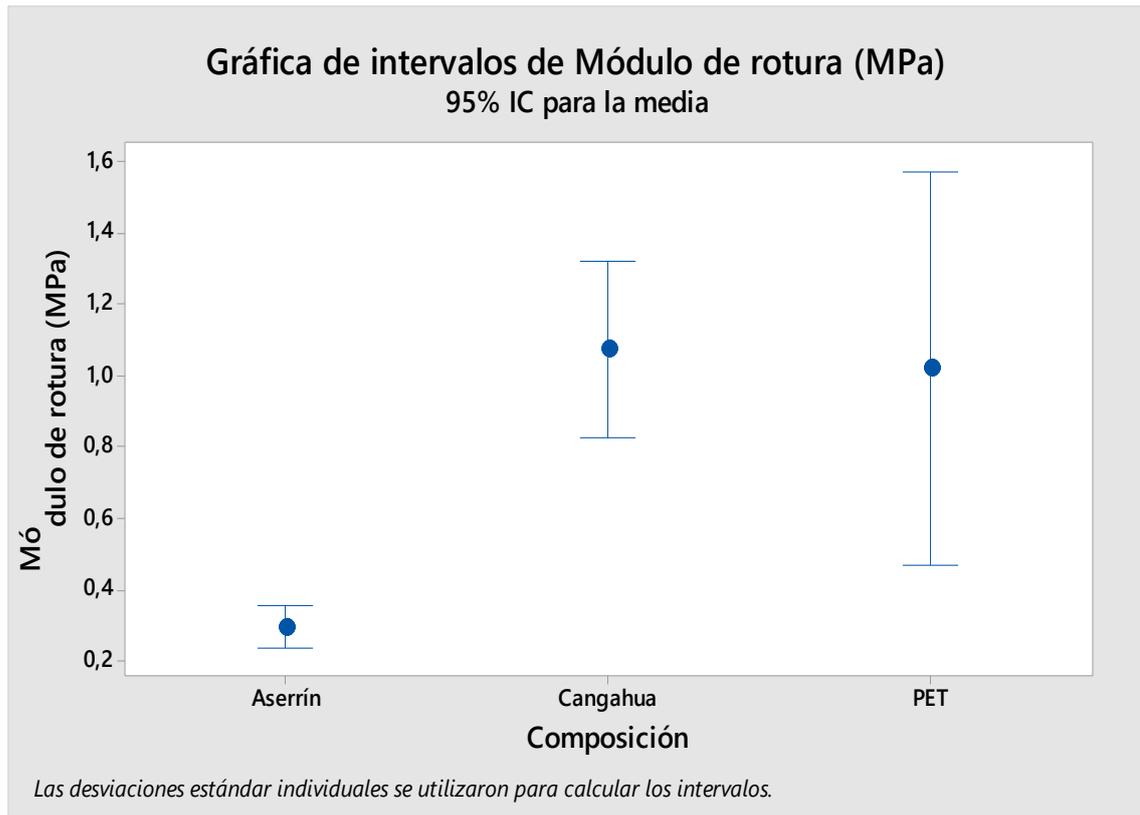
En la gráfica N°11 se muestran los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medianas. Lo cual permite conocer que cantidad es la que puede variar si en un futuro se vuelven a practicar ensayos de las mismas composiciones.

**Tabla 33.** Intervalo de confianza de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín.

Tipo del ladrillo	Resistencia a la flexión (MPa)	Intervalo de confianza T ( $\alpha=0,05$ )
Cangahua	1,07	$0,82 \leq 1,07 \leq 1,31$
PET	1,02	$0,46 \leq 1,02 \leq 1,57$
Aserrín	0,29	$0,23 \leq 0,29 \leq 0,34$

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Gráfico 11.** Interpretación gráfica de intervalos de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín.



**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

En la figura N°7 se muestran todos los resultados que arroja Minitab de forma estadística, en el punto 7.11 se encuentra el procedimiento manual de como realizar estos procesos. Intrepetando los resultados obtenidos manifiesta que el valor P es igual a 0,001 siendo menor al nivel de significancia que equivale a 0,05. Mediante esto se manifiesta que la hipótesis nula se rechaza. Es decir que en la composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET y aserrín si existe diferencia significativa en la comparación de datos de la resistencia mínima a la flexión.

**Figura 7.** Resultados de Minitab en resistencia a la flexión de cangahua.

## ANOVA de un solo factor: Módulo de rotura (MPa) vs. Composición

### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

## Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Composición	3	Aserrín; Cangahua; PET

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Composición	2	1,8987	0,94936	11,87	0,001
Error	12	0,9595	0,07996		
Total	14	2,8582			

## Medias

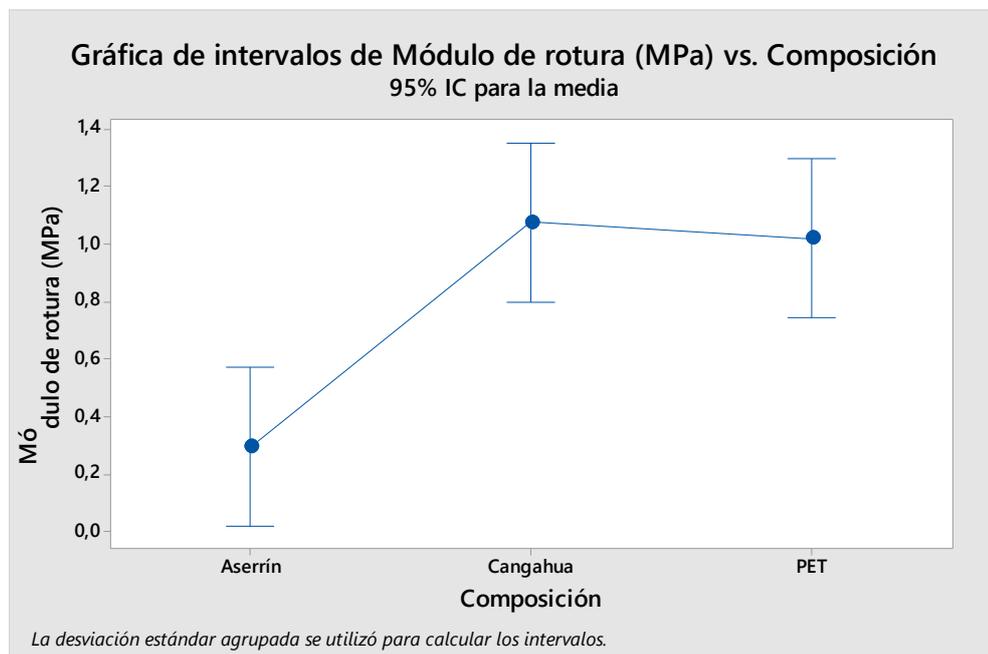
Composición	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Aserrín	5	0,2957	0,0472	(0,0201; 0,5712)
Cangahua	5	1,0763	0,1977	(0,8007; 1,3518)
PET	5	1,022	0,446	(0,746; 1,297)

*Desv.Est. agrupada = 0,282770*

**Fuente:** Minitab.

En el gráfico N°12 se muestra los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medias. El intervalo de aserrín posee una resistencia a la flexión menor con respecto a las otras medias, ya que esta composición no cumple con las propiedades en base a la normativa INEN 297, entre las medias de cangahua y PET no existe diferencias significativas, ya que solo varían por 0.05 MPa.

**Gráfico 12.** Intervalos de la resistencia a la flexión de cangahua, PET y aserrín aplicado ANOVA.



**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

### **10.3.2.3. Resultados obtenidos en el programa Minitab de la absorción de humedad en base a sus tres composiciones.**

En el gráfico N°13 se muestra la gráfica de cajas considerando como factor la composición de los tipos de ladrillo y el porcentaje de absorción, así obteniendo una interpretación de la absorción de humedad de los tres tipos de ladrillos, que en la composición de cangahua su primer cuartil equivale a 0.195, su segundo cuartil es igual a 0.23 y el tercer cuartil es 0.25. Su mediana es 0.23, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 0.18 y 0.25 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.055. Todos estos valores están expuestos para 5 datos.

En la composición de PET su primer cuartil equivale a 0.195, su segundo cuartil es igual a 0.2 y el tercer cuartil es 0.275. Su mediana es 0.2, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 0.19 y 0.28 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.08. Todos estos valores están expuestos para 5 muestras.

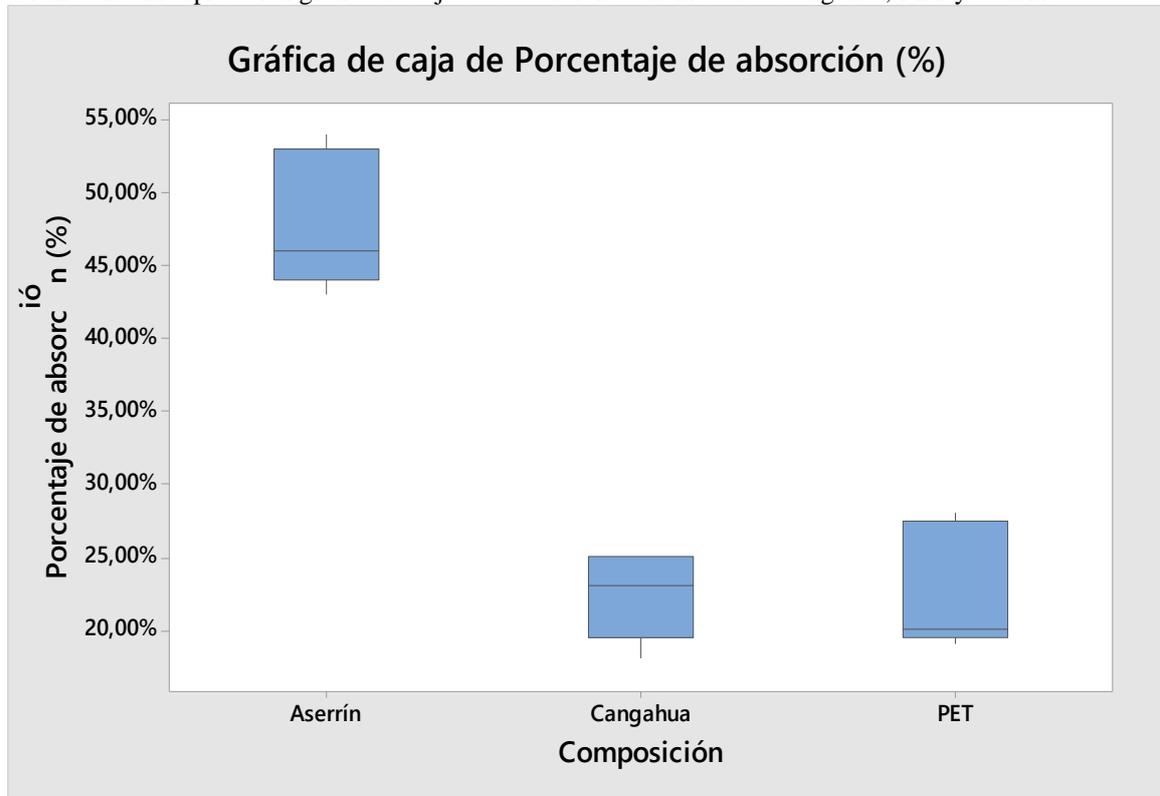
En la composición de aserrín su primer cuartil equivale a 0.44, su segundo cuartil es igual a 0.46 y el tercer cuartil es 0.53. Su mediana es 0.46, cabe destacar que es el mismo valor del cuartil 2, los bigotes de la caja indica el valor mínimo y máximo, los cuales son 0.43 y 0.54 respectivamente. El rango del intercuartil es de 0.09. Todos estos valores están expuestos para 5 muestras.

Entre las 3 gráficas se observa que la composición de cangahua posee una varianza menor que las otras composiciones, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica negativa” por tener la mayoría de las muestras en los valores superiores de la variable, es la que tiene mayor mediana que de PET y menor mediana que el aserrín, dicho esto se verifica que esta composición se encuentra en el rango de propiedades que debe tener acorde a la normativa INEN 297 para la fabricación de ladrillos ecológicos en la absorción de humedad.

La composición de PET posee una varianza similar a la de aserrín y mayor a la de PET, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica positiva” por tener la mayoría de las muestras en los valores inferiores de la variable, su mediana se encuentra por debajo de la de cangahua y aserrín, que según los datos sus propiedades están acorde a la normativa INEN 297 para la fabricación de ladrillos ecológicos en la absorción de humedad.

Por último, la composición de aserrín es la que tiene varianza similar a la del PET y mayor a la de cangahua, la asimetría de la caja posee una distribución “asimétrica positiva” por tener la mayoría de las muestras en los valores inferiores de la variable, su mediana es mucho más elevada que las otras dos composiciones, que mediante la normativa INEN 297 es la composición que no cumple con las propiedades para la fabricación de ladrillos ecológicos.

**Gráfico 13.** Interpretación gráfica de cajas de absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín.



Fuente: Minitab.

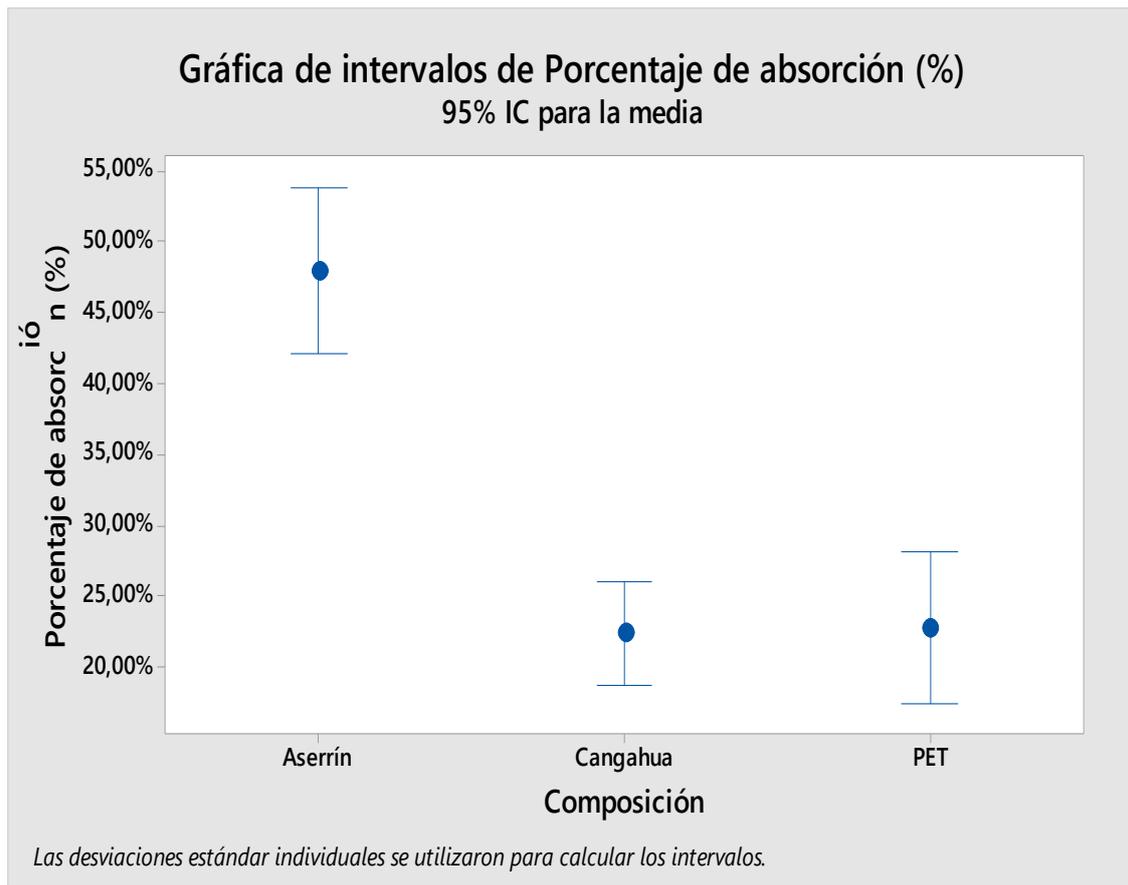
En el gráfico N°14 se muestra los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medias. Lo cual permite conocer que cantidad es la que puede variar si en un futuro se vuelven a practicar ensayos de las mismas composiciones.

**Tabla 34.** Intervalo de confianza de la absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín.

Tipo del ladrillo	Absorción de humedad (%)	Intervalo de confianza en base a la desviación estándar
Cangahua	22	$21,96 \leq 22 \leq 22,03$
PET	23	$22,94 \leq 23 \leq 23,05$
Aserrín	48	$47,93 \leq 48 \leq 48,06$

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Gráfico 14.** Interpretación de gráfica de intervalos de absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín.



**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

En la figura N°8 se muestran todos los resultados que arroja Minitab de forma estadística, en el punto 7.11 se encuentra el procedimiento manual de como realizar estos procesos. Intrepetando los resultados obtenidos manifiesta que el valor P es igual a 0,000 siendo menor al nivel de significancia que equivale a 0,05. Mediante esto se manifiesta que la hipótesis nula se rechaza. Es decir que en la composición de los ladrillos ecológicos con tres diferentes componentes: cangahua, PET y aserrín si existe diferencia significativa en la comparación de datos de la absorción máxima de humedad.

**Figura 8.** Resultados de Minitab de absorción de humedad.

### ANOVA de un solo factor: Porcentaje de absorción (%) ... Composición

#### Método

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

No todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Composición	3	Aserrín; Cangahua; PET

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Composición	2	0,21509	0,107547	64,53	0,000
Error	12	0,02000	0,001667		
Total	14	0,23509			

### Medias

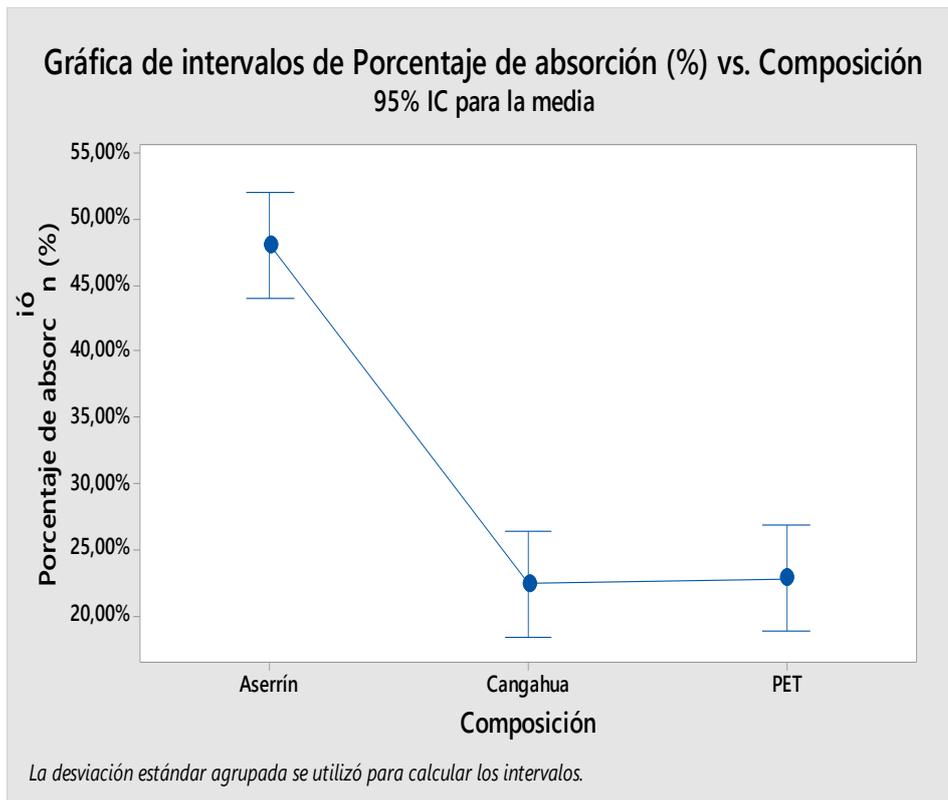
Composición	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Aserrín	5	0,4800	0,0474	(0,4402; 0,5198)
Cangahua	5	0,2240	0,0297	(0,1842; 0,2638)
PET	5	0,2280	0,0432	(0,1882; 0,2678)

*Desv.Est. agrupada = 0,0408248*

**Fuente:** Minitab.

En el gráfico N°15 se muestra los intervalos de confianza de cada composición con el 95 % de nivel de confianza respecto a sus medias. El intervalo de aserrín posee un porcentaje de absorción mayor con respecto a las otras medias, ya que esta composición no cumple con las propiedades en base a la normativa INEN 297, entre las medias de cangahua y PET no existe diferencias significativas, ya que solo varían aproximadamente 1%.

**Gráfico 15.** Intervalos de la absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín aplicado ANOVA.



Fuente: Minitab.

### 10.3.3. Obtención del tipo de ladrillo que genera menor costo de producción.

#### 10.3.3.1. Costo de producción del ladrillo ecológico con cangahua.

A continuación, se detallan los costos de producción del ladrillo ecológico de cangahua en base a la producción diaria con capacidad de 600 ladrillos, lo cual se debe tomar en cuenta el costo de la materia prima, el costo de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación (CIF), teniendo en cuenta que la empresa trabaja 8 horas al día de Lunes a Viernes.

**Tabla 35.** Costo diario de materia prima de cangahua.

Materia prima unitaria	Cantidad para un ladrillo	Unidades	Valor unitario		Costo unitario
Cemento	2,5	lb	\$0,068	lb	\$ 0,1700
Cangahua	9	lb	\$0,002	lb	\$ 0,0180
Agua	1	lt	\$0,0004	lt	\$ 0,00041
Costo total de materia prima unitaria					\$ 0,1884
<b>Costo diario de materia prima (600 ladrillos diarios)</b>					<b>\$ 113,0460</b>

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

Fuente: Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 36.** Costo total de mano de obra diaria de cangahua.

<b>Mano de obra diaria</b>	<b>Cantidad (personas)</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Precio por hora</b>	<b>Costo unitario</b>
Trabajador 1	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 2	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 3	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
<b>Costo total de mano de obra diaria</b>				<b>\$ 39,0000</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 37.** Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) de la cangahua.

<b>CIF</b>	<b>Costo kw/h</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Potencia de la máquina (kw)</b>	<b>Costo total diario</b>
Gasto energético	\$ 0,1500	8	2,2371	\$ 2,6845

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 38.** Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de cangahua.

<b>Costos totales</b>	
Materia prima diaria	\$ 113,0460
Mano de obra diaria	\$ 39,0000
CIF diario	\$ 2,6845
Costo diario (600 ladrillos)	\$ 154,7305
<b>Costo total unitario de ladrillo de cangahua</b>	<b>\$ 0,2579</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

### 10.3.3.2. Costo de producción del ladrillo ecológico con PET.

En la tabla N°39 se detallan los costos de producción del ladrillo ecológico de PET en base a la producción diaria con capacidad de 600 ladrillos, lo cual se debe tomar en cuenta el costo de la materia prima, el costo de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación (CIF), teniendo en cuenta que la empresa trabaja 8 horas al día de Lunes a Viernes, lo cual da un costo de producción de 0,28 centavos por la fabricación de cada ladrillo.

**Tabla 39.** Costo diario de materia prima de PET.

<b>Materia prima unitaria</b>	<b>Cantidad unitaria</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitario</b>		<b>Costo unitario</b>
Cemento	0,57	lb	\$0,068	lb	\$ 0,0388
PET	2	lb	\$0,076	lb	\$ 0,1520
Cangahua	8,5	lb	\$0,002	lb	\$ 0,0170
Agua	1,5	lt	\$0,0004	lt	\$ 0,00060
<b>Costo total de materia prima unitaria</b>					<b>\$ 0,2084</b>
<b>Costo diario de materia prima (600 ladrillos diarios)</b>					<b>\$ 125,0400</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 40.** Costo total de mano de obra diaria de PET.

<b>Mano de obra diaria</b>	<b>Cantidad (personas)</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Precio por hora</b>	<b>Costo unitario</b>
Trabajador 1	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 2	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 3	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
<b>Costo total de mano de obra diaria</b>				<b>\$ 39,0000</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 41.** Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) del PET.

<b>CIF</b>	<b>Costo kw/h</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Potencia de la máquina (kw)</b>	<b>Costo diario</b>
Gasto energético	\$ 0,1500	8	2,2371	\$ 2,6845

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 42.** Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de PET.

<b>Costos totales</b>	
Materia prima diaria	\$ 125,0400
Mano de obra diaria	\$ 39,0000
CIF diario	\$ 2,6845
Costo diario (600 ladrillos)	\$ 166,7245
<b>Costo unitario de ladrillo de PET</b>	<b>\$ 0,2779</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

### 10.3.3.3. Costo de producción del ladrillo ecológico con aserrín.

En la tabla N°43 se detallan los costos de producción del ladrillo ecológico de aserrín en base a la producción diaria con capacidad de 600 ladrillos, lo cual se debe tomar en cuenta el costo de la materia prima, el costo de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación (CIF), teniendo en cuenta que la empresa trabaja 8 horas al día de Lunes a Viernes, lo cual da un costo de producción de 0,23 centavos por la fabricación de cada ladrillo.

**Tabla 43.** Costo diario de materia prima de aserrín.

<b>Materia prima unitaria</b>	<b>Cantidad unitaria</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitario</b>		<b>Costo unitario</b>
Cemento	1,5	lb	\$0,068	lb	\$ 0,1020
Aserrín	1,5	lb	\$0,029	lb	\$ 0,0435
Cangahua	9	lb	\$0,002	lb	\$ 0,0180
Agua	0,75	lt	\$0,0004	lt	\$ 0,0003
Costo total de materia prima unitaria					\$ 0,1638
<b>Costo diario de materia prima (600 ladrillos diarios)</b>					<b>\$ 98,2800</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 44.** Costo total de mano de obra diaria de aserrín.

<b>Mano de obra diaria</b>	<b>Cantidad (personas)</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Costo unitario</b>
Trabajador 1	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 2	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
Trabajador 3	1	8	\$ 1,625	\$ 13,0000
<b>Costo total de mano de obra diaria</b>				<b>\$ 39,0000</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 45.** Costo total diario de costos indirectos de fabricación (CIF) de aserrín.

<b>CIF</b>	<b>Costo kw/h</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Potencia de la máquina (kw)</b>	<b>Costo diario</b>
Gasto energético	\$ 0,1500	8	2,2371	\$ 2,6845

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Tabla 46.** Costo de producción unitario del ladrillo ecológico de aserrín.

<b>Costos totales</b>	
Materia prima diaria	\$ 98,2800
Mano de obra diaria	\$ 39,0000
CIF diario	\$ 2,6845
Costo diario (600 ladrillos)	\$ 139,9645
<b>Costo unitario de ladrillo de cangahua</b>	<b>\$ 0,2333</b>

**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

#### **10.3.3.4. Comparación del costo de producción de los tres tipos de ladrillos ecológicos.**

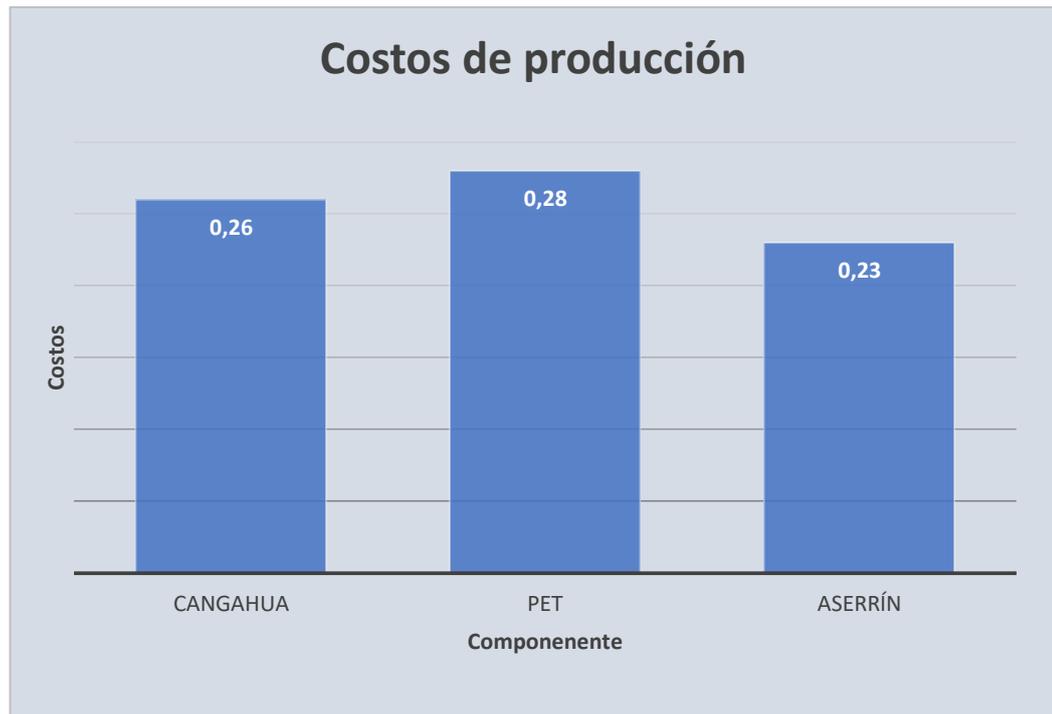
En el gráfico N°16 se muestran los costos de producción del ladrillo ecológico de: cangahua, PET y aserrín, teniendo en cuenta todos los aspectos que se hayan generado un gasto para la elaboración del ladrillo. Se debe tomar en cuenta que en cada tipo de ladrillo existe una diferencia en sus cantidades de proporción de sus componentes, el sueldo diario de los trabajadores es el mismo para la realización de los tres tipos de ladrillos al igual que el consumo energético, ya que sus procesos son iguales para la fabricación del producto.

El costo de producción más alto es el ladrillo compuesto por PET, que equivale a \$ 0,28, porque su primordial materia prima tiene un costo adicional, eso se le suma el costo de los demás materiales para la elaboración del ladrillo, siendo el que genera un poco más de gastos para la empresa Ecoladrillos Cotopaxi.

La composición de cangahua es el segundo costo más alto de los tres componentes, tiene una similitud de las proporciones de los diferentes materiales a utilizar que los del PET, pero sin un gasto de otra materia prima, porque este ladrillo se lo realiza a base de cangahua, cemento y agua con ningún otro tipo de material, el costo de producción es \$ 0,26.

Por último, la composición que genera menor costo de producción es de aserrín, ya que sus proporciones no son elevadas a comparación de las otras composiciones, dando un costo de producción de \$ 0,23. Mediante este último resultado se debe tomar en consideración que el aserrín no es un material adecuado para la fabricación de ladrillos ecológicos, esto se verifica gracias a los ensayos realizados en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional. Por ende, el costo de producción que menos genera gastos en la realización de los ladrillos ecológicos es el de cangahua, ya que también cumple con los requisitos de la normativa INEN 297.

**Gráfico 16.** Costo de producción de cangahua, PET y aserrín.



**Elaborado por:** Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

### **Ladrillo ecológico más óptimo para la construcción.**

El ladrillo ecológico que mejores propiedades posee es el de cangahua, con una resistencia a la compresión promedio de 9,7460 mayor que las otras composiciones, cumpliendo con los valores de la normativa INEN 297, también posee una resistencia a la flexión de 1,07 MPa, que aunque está por debajo de valores establecidos por la normativa INEN 297 poseen una resistencia a la flexión superior a un ladrillo tradicional y un porcentaje de absorción del 22%, que cumple con la normativa INEN 297, en base a su costo de producción el ladrillo tiene un valor de 0,26 centavos lo que significa que es menor a la del PET y cumple con especificaciones de la normativa, cabe mencionar que el ladrillo de menor costo es el de aserrín pero no cumple con el porcentaje máximo de absorción de humedad con referencia en la normativa, finalmente el ladrillo ecológico de cangahua tiene características para ser empleado en la construcción, al igual que el ladrillo de PET considerando que este ladrillo posee menores propiedades y mayor costo.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1. Impacto técnico**

En el proyecto planteado se analiza la factibilidad que tiene el ladrillo ecológico en su fabricación, planteando un control en la calidad de su ladrillo y costo unitario de producción, mediante la comparación de indicadores que permiten enfocarse al mejor ladrillo ecológico y en calidad y en su precio, determinando sus ventajas y desventaja en la elaboración de ladrillos ecológicos para la verificación de sus propiedades de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y porcentaje absorción de humedad.

### **11.2. Impacto social**

En el proyecto planteado en la elaboración de ladrillos ecológicos, posee un gran impacto social, puesto que la calidad de un producto beneficia el área de la construcción y así brinda un ladrillo ecológico certificado para la construcción con referencia a la normativa ecuatoriana, generando también un desarrollo en las personas con fuentes de trabajo y comercialización de la empresa de un ladrillo certificado del producto a nivel local y nacional.

### **11.3. Impacto ambiental**

En la elaboración de ladrillos ecológicos, no se contribuye al impacto ambiental y aportamos a la conservación del medio ambiente, ya que se elimina el uso de materiales combustibles eliminando la cocción, contrastando la difusión de humos o gases a la atmosfera, así contribuyendo a la vida del medio ambiente y a la protección de la vida del ser humano.

### **11.4. Impacto económico**

Los ladrillos ecológicos según sus características pueden ser más económicos que los ladrillos tradicionales, con referencia a materias primas se utilizan materiales reciclables, contribuyendo mediante su diseño tipo lego a disminuir su tiempo de construcción por lo que no necesita mucho cemento al acoplar los ladrillos y también posee sus caras exteriores completamente lisas que disminuye el uso de materiales para la mejor fachada de las paredes, disminuyendo costos de producción de elementos constructivos para la viviendas.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

En la tabla N°47 se especifica todos los gastos que se obtuvo en la realización del proyecto,

**Tabla 47.** Presupuesto para la elaboración del proyecto.

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>				
<b>RECURSOS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>Materia prima</b>				
Cemento (45 ladrillos)	68,55	lb	\$ 0,06818	\$ 4,674
Cangahua (45 ladrillos)	397,50	lb	\$ 0,00181	\$ 0,721
Agua (45 ladrillos)	48,75	lt	\$ 0,00041	\$ 0,020
Aserrín (15 ladrillos)	22,50	lb	\$ 0,02857	\$ 0,643
PET (15 ladrillos)	30,00	lb	\$ 0,07576	\$ 2,273
<b>Ensayos de laboratorio</b>				
Ensayo de resistencia a la compresión	15	Ladrillos	\$ 13,50	\$ 202,500
Ensayo de resistencia a la flexión	15	Ladrillos	\$ 10,00	\$ 150,000
Absorción de humedad	15	Ladrillos	\$ 8,50	\$ 127,500
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				\$ 488,331
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>Materiales y suministros</b>				
Impresiones	80	Unidades	\$ 0,05	\$ 4,00
Esféros	3	Unidades	\$ 0,30	\$ 0,90
Internet	250	Horas	\$ 0,60	\$ 150,00
Empastados	2	Unidades	\$ 15,00	\$ 30,00
Copias	50	Unidades	\$ 0,02	\$ 1,00
<b>Transporte</b>				
Visita a la empresa Ecoladrillos Cotopaxi	6	Visitas	\$ 3,00	\$ 18,00
Trayecto a la Escuela Politécnica Nacional	8	Viajes	\$ 11,00	\$ 88,00
Trayecto a la Universidad Técnica de Cotopaxi	20	Viajes	\$ 3,20	\$ 64,00
Vehículo particular	5	Viajes	\$ 10,00	\$ 50,00
<b>Gastos varios</b>				
Alimentación	70	Alimentación	\$ 4,00	\$ 280,00
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				\$ 685,90
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 1.174,231
<b>10%</b>				\$ 117,423
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1.291,654</b>

Elaborado por: Dylan Mena, Jonathan Villamarin.

### 13. CONCLUSIONES

- Los procesos que se desarrollan en la fabricación del ladrillo ecológico en la empresa “Ecoladrillos Cotopaxi”, son procesos que lo realizan en base a su experiencia, con un control en sus procesos determinamos que el proceso de tamizado tiene un grado de criticidad por sus desperdicios que genera al tamizar la cangahua, los otros procesos son manuales lo que dificulta el esfuerzo de sus trabajadores y el proceso de prensado presenta desperdicios pero se lo vuelve a procesar lo que permite que no exista material desechado, así contribuyendo que la calidad del ladrillo se determina en base a su composición.
- Mediante los ensayos ejecutados en los laboratorios, aplicando el procedimiento de la normativa INEN 294, se caracterizó que el ladrillo de cangahua tiene una resistencia a la compresión de 9,74 MPa, el ladrillo de PET tiene una resistencia a la compresión de 6,00 MPa y el ladrillo de aserrín tiene una resistencia a la compresión de 1,70 MPa; en los ensayos de la resistencia a la flexión, aplicando la normativa INEN 295, se determinó que el ladrillo de cangahua posee un módulo de rotura de 1,07 MPa, el ladrillo de PET posee un módulo de rotura de 1,01 Mpa y el ladrillo de aserrín posee un módulo de rotura de 0,28 MPa y aplicando la normativa INEN 296, del procedimiento de ejecución de los ensayos de porcentaje de absorción de humedad, se determinó que el porcentaje de absorción de la cangahua es de 22%, el porcentaje de absorción del PET fue 23% y el porcentaje de absorción del aserrín fue 48%.
- El ladrillo que obtiene mayores propiedades mecánicas es el ladrillo de cangahua, con una resistencia a la compresión de 9,74 MPa, con su módulo de rotura de 1,07 MPa y un porcentaje de absorción del 22%, cumpliendo con parámetros establecidos de resistencia mínima a la compresión y porcentaje de humedad según la normativa INEN 297, pero con un módulo de rotura inferior a la normativa y con referencia a un ladrillo tradicional posee características similares, considerando que su precio es de \$0,26 menor al ladrillo de PET y superior al ladrillo de aserrín, ya que el ladrillo de aserrín no cumple con estándares de calidad.

## 14. RECOMENDACIONES

- En el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos se recomienda realizar una estandarización de los procesos con el objetivo de cumplir características que posee la normativa.
- En la elaboración de los ladrillos ecológicos a base de aserrín se debería analizar las propiedades físicas y químicas que posee, puesto que presenta mayor porcentaje de absorción y bajas propiedades mecánicas en su resistencia.
- En la elaboración de ladrillos ecológicos es factible realizar un diseño experimental con materiales que puedan proporcionar al ladrillo un mayor módulo de rotura que cumplan con especificaciones con respecto a la normativa, o mejorar su composición ya que de ello depende la calidad del ladrillo.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. A. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Aguirre, L. F., & Arrieta, A. A. (2014). Estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la restauración de edificaciones de tipología colonial y republicano en la ciudad de Cartagena. *Trabajo de grado para optar al título de: Ingeniería Civil*. Universidad de cartagena, Cartagena.
- Asturias, I., & Aragón, D. (2014). Gúrus de la calidad. *Universidad del Valle de Guatemala - Control de Calidad*, 1-13.
- Barrera, A. (2016). El aserrín como material expresivo en el diseño interior. *Facultad de diseño*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Cahueñas, J. P. (2015). *Evaluación del carbono en cangahuas con diferente tiempo de habilitación, tipo de cultivo y tipo de nutrición del suelo*. Obtenido de <http://200.12.169.19/bitstream/25000/7255/1/T-UCE-0004-43.pdf>
- Caldas, F. J. (15 de Diciembre de 2016). *Ensayo de flexión*. Obtenido de [https://rita.udistrital.edu.co:23604/Documentos/Guias\\_de\\_laboratorio/resistencia/GL-RE02.pdf](https://rita.udistrital.edu.co:23604/Documentos/Guias_de_laboratorio/resistencia/GL-RE02.pdf)
- Camisión, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: PEARSON (Pentice Hall).
- Cantón, I. (2010). *Introducción a los procesos de Calidad*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/551/55119084001.pdf>
- Capote, R. (2016). Propiedades Mecánicas de los materiales. *Escuela Ingeniería Civil*. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Barcelona.

- Carrasco, E. L., & Tinoco, D. C. (2018). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la compañía minera sierra central S.A.C Chacapalpa/Oroya-Yauli-Junín. (*Para optar el título profesional de ingenieros metalúrgicos y de materiales*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huaycayo.
- Castillo, Y. (14 de Julio de 2011). *ABSORCIÓN*. Obtenido de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/materias/ope\\_3/absorcion\\_fundamentos.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/materias/ope_3/absorcion_fundamentos.pdf)
- Castro, Y., & Porras, M. (2011). *Factibilidad para la creación de una fábrica de ladrillo ecológico, hecho con material reciclable en Barrancabermeja*. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/23326/1/140968.pdf>
- Cervara Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2015). *Resistencia de materiales*. Barcelona, España: CIMNE.
- Chimbo, V. (2017). Analisis a la resistencia a la comprensión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua, y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma Ecuatoriana en la construcción (NEC 2015). *Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniería Civil*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Criollo, K., & Herrera, J. (2012). *Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de ladrillo ecológico en el Cantón Catamayo*. Obtenido de <http://192.188.49.17/jspui/bitstream/123456789/20485/1/KARINA%20MADELEYNE%20CRIOLLO%20VERA%20Y%20JESSIKA%20ILIANA%20HERRERA-ilovepdf-compressed.pdf>
- Duque, M. (s.f). Formación geológica de cangahua. *Geología e Hidrogeología*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Gaibor, A. M., & Guano, M. P. (2012). Resistencia de la cangahua en función de su composición mineralógica y contenido de humedad en dos sectores de Quito: Sur y Norte. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniería Civil*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- González, J. A. (10 de Julio de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/JOSEADANRESENDIZGONZ/proceso-y-beneficos-de-la-produccion-de-ladrillo-ecologico-jarg>
- Gutiérrez, S. C. (Agosto de 2014). *Control de Calidad en la Producción Industrial*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13153/TFG-I-174.pdf;jsessionid=AB98173861C5793EF27C5A5765620350?sequence=1>
- Hachi, J., & Rodríguez, J. (Marzo de 2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- INEN. (Mayo de 1977). *LADRILLOS CERAMICOS DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/LaboratoriosDECTCESPE/294-44909064>
- INEN. (1977). *LADRILLOS CERAMICOS DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION*. Obtenido de <https://181.112.149.204/buzon/normas/295.pdf>
- INEN. (Diciembre de 2015). *LADRILLOS CERAMICOS. DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD*. Obtenido de [https://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_296-1.pdf](https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_296-1.pdf)

- INEN 297. (Mayo de 1977). *LADRILLO CERAMICOS REQUISITOS*. Obtenido de <https://181.112.149.204/buzon/normas/297.pdf>
- Juarez. (2011). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MANUFACTURA DE EMPUÑADURAS DE PET RECICLADO. *e-Gnosis*, 1-12.
- Juárez, M., Santiago, M., & Vera, J. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. *e-Gnosis*, 1-12.
- Karina Madeleyne Criollo Vera, J. I. (2012). *Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de ladrillo ecológico en el Cantón Catamayo*. Obtenido de [192.188.49.17/jspui/bitstream/123456789/20485/1/KARINA%20MADELEYNE%20CRIOLLO%20OVERA%20Y%20JESSIKA%20ILIANA%20HERRERA-ilovepdf-compressed.pdf](https://192.188.49.17/jspui/bitstream/123456789/20485/1/KARINA%20MADELEYNE%20CRIOLLO%20OVERA%20Y%20JESSIKA%20ILIANA%20HERRERA-ilovepdf-compressed.pdf)
- Ministerio de agricultura y ganadería. (Mayo de 2019). *Evaluación del efecto del agave azul en la captura de agua y mejoramiento de la fertilidad en suelos volcánicos endurecidos (cangahuas)*. Obtenido de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/18794/1/T-UCE-0004-CAG-096.pdf>
- Montgomery, D. (2013). *Diseño y Análisis de experimentos*. Nueva Jersey: Wiley.
- Montoyo, A. (2012). *Proceso de producción*. Obtenido de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19047/1/Tema\\_4\\_-\\_Proceso\\_de\\_produccion.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19047/1/Tema_4_-_Proceso_de_produccion.pdf)
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de Materiales*. México: PEARSON.
- Organización Internacional de Normalización ISO:9001. (2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad, 2*. Obtenido de Organización Internaciocal de Normalización: [http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/iso\\_9001\\_2015\\_esp\\_rev.pdf](http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/iso_9001_2015_esp_rev.pdf)
- Ortega, C. A. (Febrero de 2013). *Control: cuarta etapa del proceso administrativo*. Obtenido de <http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/231/Controlcuartaetapadelprocesoadministrativo.pdf>
- Panchi y Collantes. (2013). *Contenido de humedad en las cangahuas*. Obtenido de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/18794/1/T-UCE-0004-CAG-096.pdf>
- Pipiraite, T. (2018). Humedades en edificación, estudio desde su origen hasta la actualidad y aplicaciones contemporáneas. *Grado en fundamento de Arquitectura*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Quishpe, J. (Mayo de 2019). *Evaluación del efecto del agave azul en la captura de agua y mejoramiento de la fertilidad en suelos volcánicos endurecidos (cangahuas)*. Obtenido de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/18794/1/T-UCE-0004-CAG-096.pdf>
- Ramirez, I. (2016). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo cemento con adición de cal hidratada al 5%, para muros. *TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL*. UNIVERSIDAD SAN PEDRO, Perú. Obtenido de [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5440/Tesis\\_57292.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5440/Tesis_57292.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Reinoso, E. L., & Vergara, L. A. (2018). Elaboración de ladrillos ecológicos a base de polietileno para la empresa Fudesma del cantón Latacunga, provincia de cotopaxi en el periodo Abril 2017-

- Febrero 2018. *Obtención del título de Ingeniero Industrial*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- Rendón, H. D. (2013). *Control estadístico de la calidad*. Medellín, Colombia: Centro Editorial de la Facultad de Minas.
- Rodriguez. (Marzo de 2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases de PET en Guayaquil*.  
Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Salinas, L. A. (2015). *Manual de albañilería para la construcción con bloques ecológicos*. Obtenido de <https://www.kioscoverde.bo/wp-content/uploads/2016/11/Manual-Construcci%C3%B3n-con-bloques-ecol%C3%B3gicos-2016.pdf>
- Sanabria, P. E. (Diciembre de 2014). *El concepto de calidad en las organizaciones: una aproximación desde la complejidad*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1872/187241606007.pdf>
- Santillana, J. (Julio de 2011). *Tipos de esfuerzos físicos*. Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- Serret, N., Giralt, G., & Quintero, M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Química*, 468-479.
- Suasnavas, D. (2017). Degradación de materiales plásticos "PET" (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión. *Monografía previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Químicas con Mención en Química Analítica*. Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Uribe, M. E. (2011). *Los Sistemas de Gestión de la Calidad- el enfoque teorico y la aplicación empresarial*. Universidad de Tolima, Inagué-Colombia.

# ANEXOS

*Anexo1. Hojas de vida del tutor y tesistas.*

## HOJA DE VIDA



### Datos Personales

Nombre: Benjamín Belisario Chávez Ríos

Cédula de identidad: 171676037-4

Dirección: Francisco de Orellana 862 y Gonzalo Pizarro, Pifo, Pichincha.

Teléfono: 022380899

Celular: 0961326990

E-mail: benjaminbchavezr@gmail.com

### Formación Académica

Estudio secundario: Colegio Municipal “Sebastian de Benalcázar”

Bachiller con especialización “Físico – Matemático”

Estudio superior: Escuela Politécnica del Ejército

Ingeniero Mecánico

Estudio de cuarto nivel: Politécnico de Milano

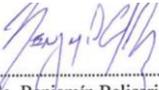
Master en Ciencias en “Ingeniería Mecánica y Sistemas de producción”

### Referencias

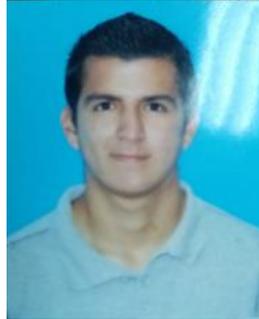
Ing. Jairo Becarías – Gerente “Ingeniería Aplicada” – cel: 0998348458

Ing. Rolando Pazmiño – Gerente “Instituto Tecnocuatoriano” – cel: 0999212501

Ing. César Chávez – Gerente línea cerdos “INTEGRACIÓN AVÍCOLA ORO” – cel: 0999212501

  
 .....  
 Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

## HOJA DE VIDA



### Datos Personales

Nombre: Dylan Alexander Mena Carrera

Cédula de identidad: 150090311-5

Dirección: Cotopaxi, Latacunga, Barrio 11 de Noviembre

Teléfono: 032255261

Celular: 0997066613

E-mail: alex\_andermc\_@hotmail.com

### Formación Académica

Estudio secundario: Colegio Fisco misional “San José”

Bachiller con especialización “Físico – Matemático”

Estudio superior: Universidad Técnica de Cotopaxi – Ingeniería Industrial (Décimo nivel)

### Referencias

Sr. Galo Carrera López – Gerente General “Mina Genoveva” – cel: 0998712532

Sr. Iván Mena Mena – Presidente “COMPAÑIA DE TRANSPORTE PESADO TRANSILICE Y AGREGADOS CIA. LTDA.” – cel: 0999720747

Ing. Jorge Carrera Zanafria – Gerente General “COMPAÑIA DE TRANSPORTE PESADO TRANSILICE Y AGREGADOS CIA. LTDA.” – cel: 0984661572

  
.....  
Dylan Alexander Mena Carrera

## HOJA DE VIDA



### Datos Personales

Nombre: Jonathan Marcelo Villamarin Jimenez

Cédula de identidad: 050390349-4

Dirección: Cotopaxi, Salcedo, Barrio San Miguel

Teléfono: N/A

Celular: 0984303190

E-mail: jonathan.villamarin3494@utc.edu.ec

### Formación Académica

Estudio primario: Escuela Fiscal “Federico González Suárez”

Estudio secundario: Instituto Tecnológico “Ramón Barba Naranjo”

Estudio superior: Universidad Técnica de Cotopaxi – Ingeniería Industrial (Décimo nivel)

### Referencias

Micaela Jimenez – Psicóloga Industrial – cel: 0984719890

Evelin Villamarin – Ing. Finanzas y Auditoría – cel: 0983242099



.....  
Jonathan Marcelo Villamarin Jimenez

**Anexo 2. Ladrillos ecológicos de cangahua, PET y aserrín.**

*Ladrillos ecológicos de cangahua y PET.*



**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

*Ladrillos ecológicos de aserrín.*



**Fuente:** Ecoladrillos Cotopaxi.

**Anexo 3. Ejecución de los ensayos de resistencia mecánica y absorción de humedad.**

*Reducción de zonas que no permitieron que el ladrillo esté totalmente liso.*



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

*Zonas de los ladrillos totalmente reducidas.*



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Proceso de refrentado del ladrillo.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Ladrillo refrentado.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Mitades de ladrillos.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Identificación de la prensa hidráulica.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Prensa hidráulica CMH120.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Muestra de centrada en la prensa para la compresión.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Rotura de la muestra de compresión.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Muestra centrada con apoyos para la flexión.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Rotura de la muestra de flexión.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Ladrillos en el horno 645A.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional

Muestras por ser retiradas del horno.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Muestra seca pesada en la balanza.



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional.

Muestras sumergidas en agua destilada.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Muestras retiradas del agua.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

Muestra húmeda pesada en la balanza.



Fuente: Escuela Politécnica Nacional.

**Anexo 4.** Informes de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y porcentaje de humedad.

Informe resistencia a la compresión de cangahua.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



**RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO**

INF. No. 19 - 0323-I  
Hoja 01 de 04

Quito, 18 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** Latacunga

**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*\*  
**MUESTRA:** LADRILLOS ECOLÓGICOS HUECOS - CANGAHUA CON CEMENTO HOLCÍM  
**NORMA:** INEN 297, INEN 294

N.	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	FECHA FABRICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO (cm)				ÁREA PROM. (cm <sup>2</sup> )	P.ESPEC. (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA		$f' b$		
			CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR				ALTURA	(kN)	(Ton)	(Mpa)	(kg / cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO							
1	CC1	26/10/2019	15.1	15.2	15.1	15.0	8.4	200.71	1.53	191.29	19.51	9.53	97.21
2	CC2	26/10/2019	15.1	15.1	15.1	15.1	8.2	201.11	1.57	192.64	19.64	9.58	97.71
3	CC3	26/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.3	199.02	1.61	184.53	18.82	9.27	94.57
4	CC4	26/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.7	198.14	1.74	201.76	20.57	10.18	103.86
5	CC5	26/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.3	198.51	1.64	201.81	20.58	10.17	103.70
<b>PROMEDIO:</b>								1.62	194.41	19.82	9.75	99.41	

Observación: El muestreo y resultados de los ensayos son responsabilidad del testista.



**ING. MERCEDES VILLACÍS**  
JEFE DE LABORATORIO






Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

Informe resistencia a la compresión de PET.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO

INF. No. 19 - 0323-I  
Hoja 02 de 04

Quito, 16 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** Latscunga

**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*\*  
**MUESTRA:** LADRILLOS ECOLÓGICOS HUECOS - PET CON CEMENTO HOLCIM  
**NORMA:** INEN 297, INEN 294

N.-	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	FECHA FABRICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO (cm)					ÁREA PROM. (cm <sup>2</sup> )	P.ESPEC. (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA		f' b	
			CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR		ALTURA			(KN)	(Ton)	(Mpa)	(kg / cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO							
1	CP1	31/10/2019	15.0	14.9	15.0	14.9	8.2	196.66	1.42	156.78	15.99	7.97	81.31
2	CP2	31/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.6	198.60	1.26	74.88	7.64	3.77	38.46
3	CP3	31/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.4	197.86	1.43	140.82	14.36	7.12	72.60
4	CP4	31/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.4	198.39	1.30	95.87	9.78	4.83	49.29
5	CP5	31/10/2019	15.1	14.9	15.1	14.9	8.0	198.27	1.49	125.29	12.76	6.32	64.46
<b>PROMEDIO:</b>									1.38	118.72	12.11	6.00	61.22

Observación: El muestreo y resultados de los ensayos son responsabilidad del testista.




ING. MERCEDES VILLACÍS  
JEFE DE LABORATORIO





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

Informe resistencia a la compresión de aserrín.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



**RESISTENCIA A COMPRESIÓN LADRILLO**

INF. No. 19 - 0323-I  
Hoja 03 de 04

Quito, 18 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** Latacunga

**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

**CONTRATISTA:** \*\*\*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*\*\*  
**MUESTRA:** LADRILLOS ECOLÓGICOS HUECOS - ASERRÍN CON CEMENTO HOLCIM  
**NORMA:** INEN 297, INEN 294

N.	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	FECHA FABRICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO (cm)					ÁREA PROM. (cm <sup>2</sup> )	P.ESPEC. (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA		f' b	
			CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR		ALTURA			(KN)	(Ton)	(Mpa)	(kg / cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	LARGO	ANCHO							
1	CA1	05/11/2019	15.4	15.4	15.4	15.4	7.9	208.58	1.27	34.87	3.56	1.67	17.05
2	CA2	05/11/2019	15.4	15.4	15.4	15.4	8.2	208.89	1.18	35.91	3.66	1.72	17.54
3	CA3	05/11/2019	15.4	15.5	15.4	15.5	6.0	210.40	1.17	32.19	3.28	1.53	15.61
4	CA4	05/11/2019	15.5	15.4	15.5	15.4	8.3	210.40	1.20	36.44	3.92	1.83	18.63
5	CA5	05/11/2019	15.5	15.4	15.5	15.4	8.2	210.40	1.18	37.84	3.86	1.80	18.34
<b>PROMEDIO:</b>									1.20	35.85	3.66	1.71	17.43

Observación: El muestreo y resultados de los ensayos son responsabilidad del testista.



ING. MERCEDES VILLACÍS  
JEFE DE LABORATORIO







ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

Informe resistencia a la flexión de cangahua y PET.



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### FLEXIÓN EN LADRILLO

INF. No. 019 - 0322 - I  
Hoja 1 de 2

Quito, 18 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** Latacunga  
**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS  
**CONTRATISTA:** \*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*  
**FECHA ENSAYO:** 12/12/2019  
**NORMA:** NTE INEN 295 - 1977

No	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO			DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	CARGA DE ROTURA (G) (N)	MÓDULO DE ROTURA (R) (Mpa)
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)			
1	FC1	301.00	150.40	82.80	150.00	4700.00	1.03
2	FC2	300.00	151.00	82.00	150.00	3600.00	0.80
3	FC3	300.00	150.80	81.40	150.00	5100.00	1.15
4	FC4	302.00	149.80	80.00	150.00	4500.00	1.06
5	FC5	300.00	149.20	83.10	150.00	6150.00	1.34
PROMEDIO							1.07
6	FP1	300.00	150.00	81.90	150.00	2350.00	0.53
7	FP2	301.00	151.20	80.50	150.00	5300.00	1.22
8	FP3	300.00	149.90	82.10	150.00	2600.00	0.58
9	FP4	301.00	152.00	81.50	150.00	6850.00	1.53
10	FP5	301.00	149.50	80.00	150.00	5300.00	1.25
PROMEDIO							1.02

  
**ING. MERCEDES VILLACÍS**  
 JEFE DEL LABORATORIO







ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Tel.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

Informe resistencia a la flexión de aserrín.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



**FLEXIÓN EN LADRILLO**

INF. No. 019 - 0322 - 1  
Hoja 2 de 2

Quito, 18 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** Latacunga  
**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS  
**CONTRATISTA:** \*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*  
**FECHA ENSAYO:** 12/12/2019  
**NORMA:** NTE INEN 295 - 1977

No	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES ENSAYO			DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	CARGA DE ROTURA (G) (N)	MÓDULO DE ROTURA (R) (Mpa)
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)			
1	FA1	308.00	154.00	82.00	150.00	1250.00	0.27
2	FA2	308.00	151.00	80.90	150.00	1030.00	0.23
3	FA3	307.00	153.00	81.50	150.00	1580.00	0.35
4	FA4	308.00	152.00	81.80	150.00	1450.00	0.32
5	FA5	308.00	153.00	80.00	150.00	1150.00	0.26
PROMEDIO							0.29
6	FAS1	308.00	152.00	80.00	150.00	1890.00	0.44
7	FAS2	307.00	150.00	82.00	150.00	1760.00	0.39
8	FAS3	307.00	151.00	81.00	150.00	1800.00	0.41
9	FAS4	308.00	150.80	80.00	150.00	1450.00	0.34
10	FAS5	308.00	151.10	80.50	150.00	1300.00	0.30
PROMEDIO							0.38



**ING. MERCEDES VILLACÍS**  
JEFE DEL LABORATORIO







Tel.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

Informe resistencia a la absorción de humedad de cangahua, PET y aserrín.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



**ABSORCIÓN LADRILLOS**

INF. No. 19 - 0321 - I  
Hoja 01 de 01

Quito, 18 de diciembre de 2019

**SOLICITA:** DYLAN MENA ; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Atención:** DYLAN MENA ; JONATHAN VILLAMARÍN  
**Dirección:** LATACUNGA  
**PROYECTO:** CONTROL EN CALIDAD EN EL PROCESO DE LADRILLOS ECOLÓGICOS  
**CONTRATISTA:** \*\*\*  
**FISCALIZADOR:** \*\*\*  
**MUESTRA:** LADRILLOS ECOLÓGICOS  
**NORMAS:** NTE INEN 296

MUESTRA	CÓDIGO IDENTIFICACIÓN	PESO SSS (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN %
1	HP1	5592.0	4693.5	19.14
2	HP2	5639.0	4424.5	27.45
3	HP3	5737.0	4795.5	19.63
4	HP4	5622.0	4387.5	28.14
5	HP5	5782.0	4836.0	19.56
<b>PROMEDIO</b>				22.78
6	HC1	5678.0	4540.5	25.05
7	HC2	5513.0	4474.0	23.22
8	HC3	5677.0	4553.0	24.69
9	HC4	6364.0	5383.5	18.21
10	HC5	5660.0	4672.0	21.15
<b>PROMEDIO</b>				22.46
11	HAS1	5163.0	3688.0	39.99
12	HAS2	5196.0	3590.5	44.72
13	HAS3	5225.0	3611.0	44.70
14	HAS4	5196.0	3590.5	44.72
15	HAS5	5138.0	3627.5	41.64
<b>PROMEDIO</b>				43.15
16	HAH1	5604.0	3631.0	54.34
17	HAH2	5568.0	3848.5	44.68
18	HAH3	5360.0	3526.0	52.01
19	HAH4	5332.0	3724.5	43.16
20	HAH5	5586.0	3837.5	45.56
<b>PROMEDIO</b>				47.95



Ing. Mercedes Villacis  
JEFE DE LABORATORIO






Tel.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15    Email: lemsur@epn.edu.ec

Fuente: Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

**Anexo 5.** Detalles de la prensa hidráulica y horno.

<b>PRENSA HIDRÁULICA</b>			
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FABRICANTE</b>
SUZPECAR	CMH – 120	****	SUZPECAR
<b>Intervalo indicación</b>			0-120000 kg
<b>Resolución</b>			1 kg
<b>Clase de exactitud</b>			(30000-100000)
			Clase 1
<b>Repetibilidad</b>			0.47%
<b>Incertidumbre</b>			0.30%
<b>LECTOR DE CARGA</b>			
Marca: CONTROLS	Modelo: DIGIMAX 3		Serie: 12017823
<b>HORNO</b>			
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FABRICANTE</b>
N/A	645A	V19AG7-11	N/A
<b>Intervalo indicación</b>			(10 300) °C
<b>Resolución</b>			1 °C
<b>Estabilidad</b>			1.35 °C
<b>Uniformidad</b>			0.98 °C
<b>Corrección (100 °C)</b>			0.60 °C

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional – LEMSUR.

**Anexo 6. Certificación.**  
Certificación RUC 1 de 2.

REGISTRO ÚNICO DE CONTRIBUYENTES PERSONAS NATURALES		SRI ...le hace bien al país!	
<b>NÚMERO RUC:</b>	0503398794001		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	VERGARA PACHECO LUIS ANIBAL		
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>		<b>OBLIGADO LLEVAR CONTABILIDAD:</b>	NO
<b>CLASE CONTRIBUYENTE:</b>	OTROS	<b>NÚMERO:</b>	S/N
<b>CALIFICACIÓN ARTESANAL:</b>	S/N		
<b>FEC. NACIMIENTO:</b>	04/11/1993	<b>FEC. INICIO ACTIVIDADES:</b>	21/10/2019
<b>FEC. INSCRIPCIÓN:</b>	21/10/2019	<b>FEC. ACTUALIZACIÓN:</b>	
<b>FEC. SUSPENSIÓN DEFINITIVA:</b>		<b>FEC. REINICIO ACTIVIDADES:</b>	
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA PRINCIPAL</b>			
C23900102 FABRICACIÓN DE COMPONENTES ESTRUCTURALES Y MATERIALES PREFABRICADOS PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN O DE INGENIERÍA CIVIL DE CEMENTO, PIEDRA ARTIFICIAL O YESO: LOSETAS, LOSAS, BALDOSAS, LADRILLOS, BLOQUES, PLANCHAS, PANELES, LAMINAS, TABLEROS, CANOS, TUBOS, POSTES, ETCÉTERA.			
<b>DOMICILIO TRIBUTARIO</b>			
Provincia: COTOPAXI Cantón: LATACUNGA Parroquia: 11 DE NOVIEMBRE (ILINCHISI) Calle: PRINCIPAL Numero: S/N Intersección: S/N Referencia: A UNA CUADRA DE LAS CANCHAS DEL BARRIO LA UNION, Barrio: LA UNION, Carretero: VIA A LUZ DE AMERICA, Telefono: 032380677 Email: luisvergara93@yahoo.com Celular: 0958776665			
<b>OBLIGACIONES TRIBUTARIAS</b>			
* DECLARACIÓN MENSUAL DE IVA			
<p><i>Son derechos de los contribuyentes: Derechos de trato y confidencialidad, Derechos de asistencia o colaboración, Derechos económicos, Derechos de información, Derechos procedimentales; para mayor información consulte en <a href="http://www.sri.gob.ec">www.sri.gob.ec</a>.</i></p> <p><i>Las personas naturales cuyo capital, ingresos anuales o costos y gastos anuales sean superiores a los límites establecidos en el Reglamento para la aplicación de la ley de régimen tributario interno están obligados a llevar contabilidad, convirtiéndose en agentes de retención, no podrán acogerse al Régimen Simplificado (RISE) y sus declaraciones de IVA deberán ser presentadas de manera mensual.</i></p> <p><i>Recuerde que sus declaraciones de IVA podrán presentarse de manera semestral siempre y cuando no se encuentre obligado a llevar contabilidad, transfiera bienes o preste servicios únicamente con tarifa 0% de IVA y/o sus ventas con tarifa diferente de 0% sean objeto de retención del 100% de IVA.</i></p>			
<b># DE ESTABLECIMIENTOS REGISTRADOS</b>			
<b># DE ESTABLECIMIENTOS REGISTRADOS</b>	1	<b>ABIERTOS</b>	1
<b>JURISDICCIÓN</b>	\ZONA 3\ COTOPAXI	<b>CERRADOS</b>	0
			
Código: RIMRUC2019002806755			
Fecha: 06/11/2019 15:20:03 PM			

Certificación RUC 2 de 2.

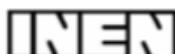
ESTABLECIMIENTOS REGISTRADOS		
<b>Nº. ESTABLECIMIENTO:</b>	001	<b>Estado:</b> ABIERTO - MATRIZ
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>	ECOLADRILLOS COTOPAXI	<b>FEC. INICIO ACT.:</b> 21/10/2019
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA:</b>	<b>FEC. CIERRE:</b>	
<b>FEC. REINICIO:</b>		
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA:</b> C23950102 FABRICACIÓN DE COMPONENTES ESTRUCTURALES Y MATERIALES PREFABRICADOS PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN O DE INGENIERÍA CIVIL DE CEMENTO, PIEDRA ARTIFICIAL O YESO: LOSETAS, LOSAS, BALDOSAS, LADRILLOS, BLOQUES, PLANCHAS, PANELES, LÁMINAS, TABLEROS, CANOS, TUBOS, POSTES, ETCÉTERA.		
<b>DIRECCIÓN ESTABLECIMIENTO:</b> Provincia: COTOPAXI Canton: LATACUNGA Parroquia: 11 DE NOVIEMBRE (LINCHISI) Barrio: LA UNION Calle: PRINCIPAL Numero: SN Interseccion: SN Referencia: A UNA CUADRA DE LAS CANCHAS DEL BARRIO LA UNION Carretero: VIA A LUZ DE AMERICA Email: luisvergara93@yahoo.com Telefono Domicilio: 032380677 Celular: 0958776665 Email principal: luisvergara93@yahoo.com		
		
Código: RIMRUC2019002806755 Fecha: 06/11/2019 15:20:03 PM		

Pag. 2 de 2

Fuente: SRI.

## Anexo 7. Normativa INEN 294.

CDU: 091.421



CO 02.07-301

Norma Técnica  
EcuatorianaLADRILLOS CERAMICOS  
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIONINEN 294  
1977-05**1. OBJETO**

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de ladrillos cerámicos que se emplean en albañilería para determinar su resistencia a la compresión.

**2. ALCANCE**

2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados en arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico-calcáreos.

**3. RESUMEN**

3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible.

**4. DISPOSICION ESPECÍFICA**

4.1 La carga que se aplique para determinar la resistencia a la compresión de un ladrillo ejercerá el esfuerzo correspondiente, en la misma dirección en que las cargas o los pesos propios vayan a actuar sobre él en las construcciones. En caso de duda, esta dirección corresponderá a la menor dimensión del ladrillo.

**5. METODO****5.1 Instrumental**

5.1.1 Puede usarse cualquier máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba.

**5.2 Preparación de las muestras**

5.2.1 Las muestras a utilizarse consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.

5.2.2 En caso de que las muestras presenten irregularidades de forma o sus caras tengan estrías o ranuras, se someterán al siguiente tratamiento de preparación:

- a) Se recubren las caras de la muestra, que van a estar en contacto con la máquina, con una capa compuesta por una mezcla que contenga azufre en proporción de 40 a 60% o (en masa) con arcilla, ceniza volcánica u otro material inerte. La aplicación de esta capa se hará de la manera indicada en el Anexo A.

(Continúa)

**Fuente:** Normativa Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 294

1977-05

## ANEXO A

### A.1 Colocación de las capas de mezcla de azufre

**A.1.1** Colocar cuatro barras de acero de sección transversal cuadrada de 25 mm de lado, sobre una lámina metálica previamente impregnada en aceite, para formar un molde rectangular, aproximadamente 12 mm mayor que las dimensiones de las aristas de la muestra.

**A.1.2** Calentar la mezcla de azufre en un recipiente controlado termostáticamente, hasta una temperatura suficiente para mantener la fluidez por un período de tiempo razonable, después del contacto con la superficie que se está cubriendo. Debe evitarse el subcalentamiento y agitarse el líquido en el recipiente inmediatamente antes de usarlo.

**A.1.3** Llenar el molde con la mezcla derretida. Colocar rápidamente la cara de la muestra que se esté alisando en el líquido y acomodarla de tal manera que sus ejes formen ángulos rectos con la superficie cubierta. Repetir la operación para la cara opuesta.

**A.1.4** El espesor de las dos capas deberá ser aproximadamente el mismo y deberá permitirse que la muestra permanezca sin perturbaciones hasta la solidificación completa de las mismas.

*(Continua)*

Fuente: Normativa Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 294

1977-05

#### APENDICE Y

Y.1 Las unidades de medida y cálculo de resistencia a la compresión están expresada de acuerdo a la Norma INEN 1. Sistema Internacional de Unidades SI.

Y.2 En vista de que en normas de referencia, textos de estudio y escalas de máquinas se mantiene el uso de otras unidades, en la Tabla 1 se indican las equivalencias más usuales para el cálculo.

**TABLA 1. Equivalencia de unidades SI con unidades tradicionales de cálculo de resistencia mecánica**

UNIDAD SI	EQUIVALENCIA	EQUIVALENCIA UNIDADES TRADICIONALES
1 N (Newton) 1 Pa (Pascal)	$\frac{N}{m^2}$	0,10 kgf $\frac{0,10 \text{ kgf}}{m^2}$
100 Pa	$\frac{N}{dm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{dm^2}$
10 000 Pa	$\frac{N}{cm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{cm^2}$
1 000 000 Pa (Mega pascal)	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{mm^2}$
1 MPa	$\frac{100 N}{m^2}$	$\frac{10 \text{ kgf}}{cm^2}$
0,1 MPa	$\frac{10 N}{cm^2}$	$\frac{1 \text{ kgf}}{cm^2}$

(Continua)

Fuente: Normativa Técnica Ecuatoriana.

NTE INEN 294

1977-05

## APÉNDICE Z

### Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 1 *Sistema Internacional de Unidades.*

INEN 292 *Ladrillos cerámicos. Muestreo.*

INEN 293 *Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.*

### Z.3 BASES DE ESTUDIO

Norma India IS: 3495-1966. *Method of sampling and testing clay building bricks.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1971.

Norma Argentina IRAM 1594 *Ladrillos para construcción. Métodos de ensayo generales.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972.

Fuente: Normativa Técnica Ecuatoriana.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 294	<b>TÍTULO: LADRILLOS CERAMICOS. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>	<b>Código:</b> CO 02.07-301
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de 1975-03-16 a 1975-04-30		

Subcomité Técnico: CO 02.07, *Ladrillos Ceramicos*

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1976-09-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:****INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Carlos Palacios

FABRICA CERINEC

Sr. Luis Borja

FABRICA ALFADOMUS

Ing. Gustavo Peñafiel

INEN

Dr. Jorge Palomeque

INEN

Arq. Carlos Maldonado

INEN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1977-05-19

Oficializada como: OPCIONAL  
Registro Oficial No. 677 de 1978-09-22

Por Acuerdo Ministerial No. 893 de 1978-08-17

## Anexo 8. Normativa INEN 295.

CDU: 691.421	<b>INEN</b>	CO 02.07-302
<b>Norma Técnica Ecuatoriana</b>	<b>LADRILLO CERAMICOS DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION</b>	<b>INEN 295</b>  1977-05
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería para determinar su resistencia a la flexión.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico- calcáreos.</p> <p><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillos, hasta determinar su resistencia máxima admisible.</p> <p><b>4. MÉTODO</b></p> <p><b>4.1 Instrumental</b></p> <p>4.1.1 Puede usarse cualquier máquina de las empleadas para ensayos de flexión, siempre que los apoyos tengan una longitud por lo menos igual al ancho de la muestra de prueba y aseguren su contacto total y permanente con la misma.</p> <p><b>4.2 Preparación de las muestras</b></p> <p>4.2.1 Las muestras a utilizarse consistirán en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.</p> <p><b>4.3 Procedimiento</b></p> <p>4.3.1 Colocar el ladrillo de muestra con su cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 15cm entre éstos. Hacer descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz. Las tres líneas de contacto se mantendrán paralelas. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.</p> <p>4.3.2 La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto.</p> <p><b>4.4 Cálculo</b></p> <p>4.4.1 El módulo de rotura se calcula con la ecuación siguiente:</p> $R = \frac{300 G l}{2b d^2}$ <p>Siendo:</p> <p>R = módulo de rotura, en Megapascales.  G = carga de rotura, en Newtones.  l = distancia entre apoyos en milímetros.  B = ancho de cara a cara de la muestra, en milímetros.  D = promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milímetros.</p> <p><b>4.5 Expresión de los resultados</b></p> <p>4.5.1 El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

### APÉNDICE Y

**Y.1** Las unidades de medida y cálculo de resistencia a la flexión están expresadas de acuerdo a la Norma INEN 1. Sistema Internacional de Unidades SI.

**Y.2** En vista de que en normas de referencia, textos de estudio y escalas de máquinas se mantiene el uso de otras unidades, en la Tabla 1 se indican las equivalencias más usadas para el cálculo.

**TABLA 1. Equivalencia de unidades SI con unidades tradicionales de cálculo de resistencia mecánica.**

UNIDADES SI	Equivalencia	Equivalencia Unidades Tradicionales
1 N (Newton)		0,10 kgf
1 Pa (Pascal)	$\frac{N}{m^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{m^2}$
100 Pa N	$\frac{N}{dm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{dm^2}$
10 000 Pa	$\frac{N}{cm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{cm^2}$
1 000 000 Pa (Megapascal)	$\frac{N}{mm^2}$	$\frac{0,10 \text{ kgf}}{mm^2}$
1 MPa	$\frac{100 N}{cm^2}$	$\frac{10 \text{ kgf}}{cm^2}$
0,1 MPa	$\frac{10 N}{cm^2}$	$\frac{1 \text{ kgf}}{cm^2}$

(Continúa)

**APENDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 1 *Sistema Internacional de Unidades.*

INEN 292 *Ladrillos cerámicos. Muestreo.*

INEN 293 *Ladrillo cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma Argentina IRAM 1549. *Ladrillos para construcción. Métodos de ensayos generales.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 295	<b>TÍTULO: LADRILLOS CERAMICOS. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION</b>	<b>Código:</b> <b>CO 02.07-302</b>
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	

Fechas de consulta pública: de 1975-03-16 a 1975-04-30

Subcomité Técnico: *CO 02.07, Ladrillos Ceramicos*

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1976-09-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:****INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Carlos Palacios

FABRICA CERINEC

Sr. Luis Borja

FABRICA ALFADOMUS

Ing. Gustavo Peñafiel

INEN

Dr. Jorge Palomeque

INEN

Arq. Carlos Maldonado

INEN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1977-05-19

Oficializada como: OPCIONAL  
Registro Oficial No. 677 de 1978-09-22

Por Acuerdo Ministerial No. 892 de 1978-08-17

**Fuente:** Normativa Técnica Ecuatoriana.

Anexo 9. Normativa INEN 296.



NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 296**  
Primera revisión  
2015-12

**LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE  
HUMEDAD**

CERAMIC BRICKS. DETERMINATION OF MOISTURE ABSORPTION

DESCRIPTORES: Ladrillos cerámicos, absorción humedad  
ICS: 91.100.25

3  
Páginas

Fuente: Normativa Técnica Ecuatoriana.

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>LADRILLOS CERÁMICOS DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD</b>	<b>NTE INEN 296:2015 Primera revisión 2015-12</b>
---	--	---

## 1. OBJETO

Esta norma establece el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería para determinar la absorción de la humedad.

Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico-calcáreos.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, están referidos y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 292, *Ladrillos cerámicos. Muestreo*

NTE INEN 293, *Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales*

## 3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en NTE INEN 293.

## 4. MÉTODO DE ENSAYO

### 4.1 Generalidades

El procedimiento descrito en esta norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad.

### 4.2 Equipo

Los equipos que se deben utilizar son los siguientes:

- Balanza con capacidad mínima de 5 kg y con escala que permita lecturas hasta de 0,5 g,
- Estufa de desecación regulada a una temperatura de 110 °C.

### 4.3 Preparación de las muestras

La muestra a ensayar consistirá en el número de ladrillos de acuerdo a la tabla 1 de la NTE INEN 292, que se desecarán en estufa a 110 °C hasta obtener una masa constante. Luego, se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1 %, se repetirá la operación.

#### 4.4 Procedimiento

Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada a una temperatura de 15 °C a 30 °C durante 24 horas. Al sacar las muestras del agua, secarlas con una toalla húmeda antes de pesarlas. La pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua.

#### 4.5 Cálculo

La absorción de cada muestra expresada en porcentaje se calcula por la ecuación siguiente:

$$\text{Absorción \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

donde

$P_1$  es la masa de la muestra desecada,

$P_2$  es la masa de la muestra después de 24 horas de haber sido sumergida.

#### 4.6 Expresión de los resultados

El promedio de los valores de absorción obtenidos en cinco muestras representa el porcentaje de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionado.

**APÉNDICE Z**  
**BIBLIOGRAFÍA**

UNE 67028:1997, *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de heladicidad*

UNE 67029:1995, *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de eflorescencia*

NCh 2457:2001, *Materiales de construcción y aislación. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad)*

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: LADRILLOS CERÁMICOS. DETERMINACIÓN DE** Código ICS:  
**NTE INEN 296 ABSORCIÓN DE HUMEDAD** **91.100.25**  
**Primera revisión**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2014-12-15	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 1977-05-19 Oficialización con el Carácter de Opcional por Acuerdo Ministerial No. 891 de 1978-08-17 publicado en el Registro Oficial No. 677 de 1978-09-22  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: 2015-01-22 al 2015-03-23

Comité Técnico de: **Ladrillos cerámicos**

Fecha de iniciación: 2015-08-20  
 Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación: 2015-09-03

**NOMBRES:**

Ing. Marco Carrillo (Presidente)  
 Ing. Marcelo Pavón  
 Ing. Fernando Villacís  
 Ing. Luis Saravia  
 Ing. Álvaro Soto  
 Ing. Luis Ortega (Secretario Técnico)

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

TERRAFORTE  
 MIDUVI  
 CICP  
 MTOP  
 MIPRO  
 Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 296:2015 (Primera revisión) reemplaza a la NTE INEN 296:1977.

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria  
 Registro Oficial No. 648 de 2015-12-14

Por Resolución No. 15378 de 2015-11-18

**Anexo 10.** Normativa INEN 297.



Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 297:1977**

---

---

**FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2014-06-03**

## **LADRILLOS CERÁMICOS. REQUISITOS**

**Primera edición**

CERAMIC BRICKS. REQUIREMENTS

First edition

---

DESCRIPTORES: Ladrillos cerámicos, requisitos  
CO 02.07-401  
CDU: 691.421  
ICS: 91.100.25

**Fuente:** Normativa Técnica Ecuatoriana.



CDU: 091.421

CO 02.07-401

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b>	<b>LADRILLOS CERAMICOS REQUISITOS</b>	<b>INEN 297</b>  1977-05
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico-calcáreos.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. CLASIFICACIÓN</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, los ladrillos cerámicos se clasifican en macizos y huecos.</p> <p>3.2 Los ladrillos macizos se clasifican, de acuerdo a su calidad, en tres tipos: tipo A, tipo B y tipo C.</p> <p>3.3 Los ladrillos huecos se clasifican, de acuerdo a su uso, en tres tipos: tipo D, tipo E y tipo F.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. REQUISITOS</b></p> <p>4.1 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con las siguientes características fundamentales:</p> <p>4.1.1 El tipo A, será ladrillo reprensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas.</p> <p>4.1.2 El tipo B, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciando-se 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.</p> <p>4.1.3 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.</p> <p>4.2 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos deberán ser ladrillos de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas.</p> <p>4.3 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos se emplearán en los siguientes usos estructurales.</p> <p>4.3.1 El tipo D, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

4.3.2 El tipo E, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.

4.3.3 El tipo F, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

4.4 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.**

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

## 5. SELECCIÓN DE MUESTRAS

5.1 Las muestras de ladrillo se seleccionarán de acuerdo a la Norma INEN 292. Ladrillos cerámicos. Muestreo.

NOTA 1. 1 MPa = 10 kgf/cm<sup>2</sup>

**APENDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

- INEN 292 *Ladrillos cerámicos. Muestreo.*  
INEN 293 *Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.*  
INEN 294 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión.*  
INEN 295 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión.*  
INEN 296 *Ladrillos cerámicos. Determinación de la absorción de la humedad.*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma Española UNE 41 004. *Calidades y medidas de ladrillos de arcilla cocida.* Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972.

Norma Venezolana NORVEN 76-1-60. *Ladrillos de arcilla.* Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1960.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 297	<b>TÍTULO: LADRILLOS CERAMICOS. REQUISITOS</b>	<b>Código:</b> CO 02.07-401
-----------------------------------	--	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No.        de publicado en el Registro Oficial No.    de  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de 1975-03-16 a 1975-04-30

Subcomité Técnico: **CO 02.07, Ladrillos Cerámicos**

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1976-09-22

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

Ing. Carlos Palacios  
 Sr. Luis Borja  
 Ing. Gustavo Peñafiel  
 Dr. Jorge Palomeque  
 Arq. Carlos Maldonado

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

FABRICA CERINEC  
 FABRICA ALFADOMUS  
 INEN  
 INEN  
 INEN

Otros trámites: ♦<sup>1</sup> Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **REGULARIZADA**, pasando de **VOLUNTARIA a OBLIGATORIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1985-11-13 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 893 de 1985-11-21, publicado en el Registro Oficial No. 333 del 1985-12-12

♦<sup>10</sup> Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.

Esta NTE INEN 297:1977, ha sido confirmada en 2014-06-03

**El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1977-05-19**

Oficializada como: OPCIONAL  
 Registro Oficial No. 677 del 1987-09-22

Por Acuerdo Ministerial No. 890 del 1978-08-17