



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS
PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO,
CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO,
CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
(NEC 2015).**

AUTOR: VÍCTOR GERSON CHIMBO ANDY

TUTOR: ING. Mg. SANTIAGO MEDINA

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Santiago Medina certifico que el presente Informe Final Experimental **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015)”** realizado por el señor Víctor Gerson Chimbo Andy Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. Mg. Santiago Medina

TUTOR

AUTORÍA

Yo, Víctor Gerson Chimbo Andy, con CI. 160054649-1 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015)”, es de mi completa autoría.

Víctor Gerson Chimbo Andy

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015)”** del egresado Víctor Gerson Chimbo Andy, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman,

Ing. Mg. Carlos Navarro

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Diego Chérrez

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 2017

Autor

Víctor Gerson Chimbo Andy

DEDICATORIA

A Dios, por ser quien me ha dado las fuerzas necesarias, por darme la vida, la inteligencia y la capacidad para triunfar en tan grande meta de algunas que me propuesto.

A mis queridos y amados padres Víctor y Yolanda, que con sus consejos, amor, respeto, ejemplo y su incondicional y constante apoyo han logrado formarme y llenarme de espíritu para superarme y ser un profesional en la vida.

A mis hermanos Daniel y Byron, que me han sido mis más cercanos ejemplos a seguir para poder llegar a ser un profesional.

A mi hijo Jeremy, que desde el momento que supe que venía en camino ha sido el centro de mi deseo para llegar a ser alguien en la vida y darle un futuro adecuado que él se merece.

A esa persona especial que fue uno de los motivos que me ayudo a esmerarme y seguir estudiando.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que a más por darme paciencia, el espíritu de superarme, inteligencia para poder terminar mis estudios me ha rodeado de personas buenas y maravillosas.

A mis padres que a pesar de los errores que he cometido durante todo este transcurso me han sabido comprender, tener paciencia y brindarme su apoyo incondicional.

A mis hermanos Daniel, Byron y Roger que me han brindado el apoyo ya sea moral y con recursos económicos necesarios e importantes para terminar mi carrera.

A la Fundación de Desarrollo Social Mano Amiga, en especial al *Lic. Néstor Gómez* por su generosidad y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A mi tutor Ing. Mg. Santiago Medina que a más de su amabilidad y disponibilidad, brindo su conocimiento para llevar adelante el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la *Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica* por brindarme el conocimiento y formarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES	IV
DERECHOS DEL AUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVIII

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1	TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2	ANTECEDENTES	1
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	5
1.4.1	Objetivo General	5
1.4.2	Objetivos Específicos.....	5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1	Ladrillo prensado interconectable o ladrillo modular	6
2.1.2	Las principales partes de un ladrillo (caras y aristas)	10
2.1.3	Tipos de Ladrillos	11
2.1.4	Aglomerantes	13

2.1.5	Componentes del Ladrillo	14
2.1.6	Identificación y Clasificación del Material de Mezcla.	25
2.1.7	Granulometría de los Suelos	29
2.1.8	Límites de Plasticidad o Límites Atterberg.....	30
2.1.9	Resistencia a la compresión del ladrillo prensado.	32
2.2	HIPÓTESIS	34
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	34
2.3.1	Variable Independiente	34
2.3.2	Variable Dependiente.....	34

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	36
3.3.1	Variable Independiente	37
3.3.2	Variable Dependiente.....	38
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	39
3.5	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	39
3.5.1	Plan de Procesamiento de la Información.....	39
3.5.2	Plan de Análisis.....	40

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS	41
4.1.1	Obtención de los Materiales de Mezcla.	41
4.1.2	Dosificación de la Mezcla para elaborar los ladrillos prensados interconectables.	48
4.1.3	Elaboración de Ladrillos Prensados Interconectables.....	51
4.1.4	Ensayo de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables.....	55
4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	84
4.2.1	Análisis Granulométrico del material de mezcla.	84
4.2.2	Límites de Plasticidad del material de mezcla.	84

4.2.3	Ensayo de Compresión de las Muestras de Ladrillos.	85
4.2.4	Comparación de la Resistencia a Compresión de un Ladrillo Tradicional.....	85
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	85

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	86
5.2	RECOMENDACIONES	89

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1.	BIBLIOGRAFÍA	90
2.	ANEXOS	95
2.1.	ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Granulometría en porcentaje de materiales analizados.....	19
Tabla N°2. Composición química del barro	21
Tabla N° 3. Propiedades Físicas de la puzolana.....	24
Tabla N° 4. Composición Químicas de la puzolana.....	24
Tabla N°5. Identificación de los suelos mediante SUCS	26
Tabla N° 6. Clasificación de los suelos mediante SUCS	26
Tabla N° 7. Características de los suelos según SUCS	28
Tabla N° 8. Grado de Plasticidad (Sower)	32
Tabla N° 9. Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada.....	33
Tabla N° 10. Granulometría de la Cangahua.....	43
Tabla N° 11. Granulometría del Barro.....	44
Tabla N° 12. Granulometría de la Puzolana.....	45
Tabla N°13. Límites de Plasticidad de la Cangahua	46
Tabla N°14. Límites de Plasticidad del Barro	47
Tabla N° 15. Dosificación de la mezcla para fabricar ladrillos.....	50
Tabla N° 16. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Cangahua. ..	52
Tabla N° 17. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Barro.	53
Tabla N°18. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Puzolana.....	53
Tabla N°19. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.....	57
Tabla N°20. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.....	58
Tabla N°21. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.	59
Tabla N°22. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.....	60
Tabla N° 23. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.....	61
Tabla N° 24. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.	62

Tabla N° 25. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.	63
Tabla N° 26. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.	64
Tabla N° 27. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Ladrillos prensado interconectable.	7
Gráfico N°2. Dimensiones existentes de los ladrillos prensado interconectables ecológicos.....	10
Gráfico N°3. Caras y aristas de los ladrillos.....	11
Gráfico N°4. Formas y tipos de ladrillos.....	12
Gráfico N°5. Ladrillos prensados.	13
Gráfico N°6. Mapa en donde se encuentra la Cangahua en el Ecuador.....	18
Gráfico N°7. Representación de la Curva Granulométrica	29
Gráfico N°8. Determinación del Limite Líquido en la Curva de Escurrimiento.....	31
Gráfico N°9. Transporte de los Materiales de Mezcla	42
Gráfico N°10. Proceso de Tamizado de Materiales (tamiz # 4).....	42
Gráfico N°11. Mezclado de material más porcentaje de cemento (sin agua).	51
Gráfico N°12. Verificación de la humedad adecuada de la mezcla.	52
Gráfico N°13. Fabricación de ladrillos en la maquina prensadora.....	54
Gráfico N°14. Almacenamiento de ladrillos prensados interconectables.	54
Gráfico N°15. Curado de ladrillos.....	55
Gráfico N°16. Ensayo de Compresión en los Ladrillos Prensados Interconectables.....	55
Gráfico N°17. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.....	66
Gráfico N°18. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.....	67
Gráfico N°19. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.....	68
Gráfico N°20. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	69

Gráfico N°21. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	70
Gráfico N°22. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	71
Gráfico N°23. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	72
Gráfico N°24. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	73
Gráfico N°25. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.	74
Gráfico N°26. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.	75
Gráfico N°27. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.	76
Gráfico N°28. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.	77
Gráfico N°29. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.	78
Gráfico N°30. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.	79
Gráfico N°31. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.	80
Gráfico N°32. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.	81

Gráfico N°33. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.....	82
Gráfico N°34. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.....	83

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015)”.

AUTOR: Víctor Gerson Chimbo Andy

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Medina

FECHA: Marzo 2017

El presente trabajo experimental tiene como objetivo brindar los resultados de un estudio a compresión de muestras de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cangahua y puzolana con diferentes porcentajes de cemento añadido.

En primera instancia se determinaron las propiedades de los materiales a emplear, provenientes de las minas ubicadas en la provincia de Cotopaxi, verificando de esa manera la granulometría y el índice de plasticidad de cada material cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM 421-78 e INEN 691 respectivamente. Con estos antecedentes se procedió al cálculo de la dosificación para realizar la mezcla y consecutivamente con la finalidad de obtener los mejores resultados que aporten confiabilidad y basado en la normas NTE INEN 293 y NTE INEN 574 se elaboran muestras y se ensayan a compresión respectivamente. Además, para poder realizar la mezcla para elaborar ladrillos se establecerán al menos tres porcentajes diferentes de 10%, 15% y 20% de cemento para cada tipo de material y obtener tres muestras de ladrillos de cada porcentaje de mezcla establecido (nueve muestras) para tener un valor de resistencia más real. Los ensayos se deben realizar a las edades de 7, 14 y 28 días, por lo que se tendría 27 muestras para cada mezcla, teniendo un total de 81 muestras.

El proceso de curado de los ladrillos es de manera práctica que consiste en saturar las unidades con agua totalmente, 3 veces al día por tres días y dejarlas secar al ambiente in situ. Transcurridos los días necesarios de curado de los ladrillos se procede a ensayarlas a compresión donde se verifica que el porcentaje óptimo de cemento añadido para los ladrillos elaborados con barro y cangahua es del 15%, alcanzando resistencias considerablemente mayores al mínimo establecido por la NEC de 3MPa (30 kg/cm^2) para muros de mampostería confinada, además de ser superior al mínimo de 20 kg/cm^2 para los ladrillos artesanales. Los ladrillos elaborados con puzolana no alcanzaron la resistencia mínima requerida para muros de mampostería confinada, pero cumplen con la resistencia mínima a compresión para ladrillos artesanales.

EXECUTIVE SUMMARY

THEME: "ANALYSIS OF THE RESISTANCE TO COMPRESSION OF INTERCONNECTABLE PRESSED BRICKS ELABORATED FROM CLAY, CANGAHUA AND PUZZOLANA, WITH CEMENT ADDITIONS, FULFILLING THE ECUADORIAN CONSTRUCTION STANDARD (NEC 2015)."

AUTHOR: Víctor Gerson Chimbo Andy

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Medina

DATE: March 2017

The present experimental work aims to provide the results of a compression study of samples of interconnected pressed bricks made of clay, cangahua and pozzolana with different percentages of cement added.

In the first instance, the properties of the materials to be used were determined from the mines located in the province of Cotopaxi, thus verifying the granulometry and the plasticity index of each material, complying with the specifications of ASTM 421-78 and INEN 691 respectively. With this background, the dosage was calculated to perform the mixing and consecutively in order to obtain the best results that contribute reliability and based on the standards NTE INEN 293 and NTE INEN 574 samples are prepared and are tested under compression respectively. In addition, in order to be able to make the brick mix, at least three different percentages of 10%, 15% and 20% of cement should be established for each type of material and three brick samples of each percentage of the mixture (nine samples) Have a more real resistance value. The tests should be performed at the ages of 7, 14 and 28 days, so that there would be 27 samples for each mixture, having a total of 81 samples.

The process of curing the bricks is in a practical way consisting of saturating the units with water totally, 3 times a day for three days and let them dry to the environment in situ. After the necessary days of curing of the bricks, it is proceeded to test them to compression where it is verified that the optimal percentage of cement added for the bricks made with mud and cangahua is of 15%, reaching resistances considerably higher than the minimum established by the NEC of 3MPa (30kg/cm^2) for confined masonry walls, in addition to being higher than the minimum of 20kg/cm^2 for brickwork. The bricks made with pozzolana did not reach the minimum resistance required for confined masonry walls, but they comply with the minimum compressive strength for handcrafted bricks.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).

1.2 ANTECEDENTES

Como se indica en [1] La tradición en el uso de mampuestos, ya sea para dividir ambientes o como simple relleno de paredes, ha permitido que el hombre desarrolle diferentes tipos de mampuestos. Partiendo de los adobes, mampuestos que se han fabricado desde la antigüedad, sin ninguna técnica ni un conocimiento real de las características físicas y mecánicas de los mismos, luego se da paso a la aparición del ladrillo en la época de las grandes culturas para llegar a su apogeo en la época de la arquitectura romana en donde al mampuesto simplemente se lo trabaja como pieza cerámica decorativa. Con la aparición del cemento Portland se proyecta la elaboración de un nuevo mampuesto al cual se trata de dar características tales como baja densidad y una resistencia media. Mientras tanto el ladrillo sigue mejorando su textura hasta tal punto en que luego de que se llega a su fabricación más tecnificada en él se trata de encontrar característica de resistencia, entonces estos mampuestos pasan a tomarse en cuenta ya en el plano estructural como elementos mismos de la estructura con sus propias características.

B. Piedra [2] indica que los ladrillos prensados son también conocidos como ladrillos ecológicos prensados, debido a que están hechos de materiales alternativos, en este caso suelo-cemento, que permiten reducir los gastos de energía y materia prima que requieren los ladrillos convencionales.

La protección del medio ambiente, también es una necesidad que está despertando interés en todos los sectores, tal es así como en el momento de construir una vivienda se puede contar con las propiedades de los ladrillos ecológicos, que están elaborados de suelo-cemento o suelo-cal. Además, hay que considerar que los ladrillos convencionales dañan el medio ambiente porque utilizan leña y otros materiales especialmente para su cocimiento; uno de los grandes beneficios de los ladrillos considerados ecológicos es que pueden regular el ambiente de la vivienda. Por este motivo, una de estas alternativas es la de analizar el tipo de ladrillo suelo-cemento tomando en cuenta los beneficios que dará, tanto en el ámbito económico, ecológico y en su resistencia. Los resultados obtenidos en países latinoamericanos han demostrado una buena calidad y desempeño, los sistemas constructivos son simples y la inversión en equipamiento es mínima.

Dentro de las investigaciones destacadas realizadas por universidades internacionales están la Pontificia Universidad Católica del Perú donde se realizó una tesis [3] para estudiar de manera experimental el comportamiento sísmico de un material no convencional como son los ladrillos ecológicos prensados, los cuales son elaborados con una mezcla de suelo, cemento y agua, mezclados y tamizados de manera que puedan ser comprimidos por una prensa hidráulica que ejerce una fuerza de 7 toneladas. Además se utilizó el procedimiento constructivo que el ladrillo ecológico propone, donde las columnas se refuerzan interiormente, utilizando los alveolos del mismo ladrillo para colocar tanto el refuerzo como las tuberías para instalaciones eléctricas y sanitarias. El suelo empleado en la fabricación de las unidades ecológicas de suelo cemento es conformado por tierra arcillosa (65%), cemento (20%), arena fina (10%) y agua (5%), las tierras más adecuadas para la fabricación

de las unidades son aquellas que cumplen con las siguientes características:

Aquellas que pasen por el tamizado de 4.8 mm al 100%.

Aquellas que pasen por el tamizado de 0.075 mm de 10% al 50%.

Límite de liquidez menor o igual al 45%.

Índice de plasticidad menor o igual al 18%.

Cuyos resultados demuestran que los ladrillos ecológicos prensados de suelo cemento alcanzaron una resistencia a la compresión de 99.5 kg/cm^2 , valor superior a la resistencia mínima exigida por la Norma de Adobe E.080 (12 kg/cm^2) y siendo equivalente a la resistencia característica a compresión de los ladrillos clase III (95 kg/cm^2) de la Norma de Albañilería E.070.

En el Instituto Politécnico José A. Echeverría (La Habana)[4], se realizó trabajos de diplomatura para el estudio de la durabilidad de ladrillos prensados de suelo cemento en donde los niveles de variación de cemento son de 0, 2.5, 5, 7.5, y 10% y los del agua serán los que se determinen en el ensayo similar al Próctor. Además, las edades de los ensayos para determinar la resistencia a la compresión son a 7, 14 y 28 días.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La tierra es la mejor opción para construir para millones de personas en la mayoría de los países. En América Latina, Asia, África y hasta en Europa en su pasado se empleaba el adobe en más de una docena de técnicas diferentes, ya sea con arcilla cruda o cocida.

Según varios análisis, la mitad de la población mundial no vive en una vivienda digna, a menos que construya con ladrillos. Actualmente la contaminación ambiental es uno de los problemas más graves de Salud Pública que se presentan a nivel mundial. Por esto, es de primordial interés crear en las personas un conocimiento y una conciencia para la solución de dicho problema por la contaminación por la producción de ladrillos cocidos que producen gran cantidad de gases. En España y en otros países con recursos, muchos de los edificios de nueva construcción están diseñados bajo la conciencia del cambio climático, con sistemas de ahorro de energía y por lo tanto bajas emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. [5]

En vista de la gran demanda en el mercado de materiales para la construcción. En el Ecuador se ha incrementado de una manera considerable en los últimos años, plantas que se dedican a la producción de ladrillos.

Como consecuencia en el área constructiva que se vive en la provincia de Manabí por el terremoto de 7.8 en la escala de Richter ocurrido el 16 de abril de 2016, la demanda en la producción de ladrillos y bloques se ha incrementado en esta zona. En un recorrido por las ladrilleras de la provincia de Manabí se constató que los negocios recuperaron su producción por la demanda del material para la reconstrucción de las viviendas. [6]

En la provincia de Cotopaxi existen variedad de artesanos que se dedican a producir ladrillos y bloques. Por ejemplo, la Fundación de Desarrollo Social Mano Amiga FUEDESMA de la provincia de Cotopaxi tiene ideas innovadoras de realizar edificaciones de casas populares utilizando ladrillos prensados de suelo-cemento las mismas que reducirían los costos, tanto en materiales como en mano de obra, además, se evita la contaminación debido a que el material no tiene el proceso de cocción y evita la emisión de CO₂. [7]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos prensados interconectables.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar los ladrillos prensados con distinta dosificación.
- Determinar el porcentaje óptimo de mezcla suelo y cemento.
- Comparar la resistencia máxima obtenida con la resistencia de un ladrillo tradicional.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La investigación se basa en el estudio de la resistencia a compresión de ladrillos prensados interconectables de suelo con adiciones de cemento. Para el desarrollo del tema se requiere conocer conceptos sobre el ladrillo, sus componentes y propiedades, el material y sus diferentes características, entre otros aspectos descritos a continuación.

Ladrillo o Mampuesto

Como se indica en [8] es una pieza cerámica empleada en albañilería, de forma ortodrómica, fabricada por moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa.

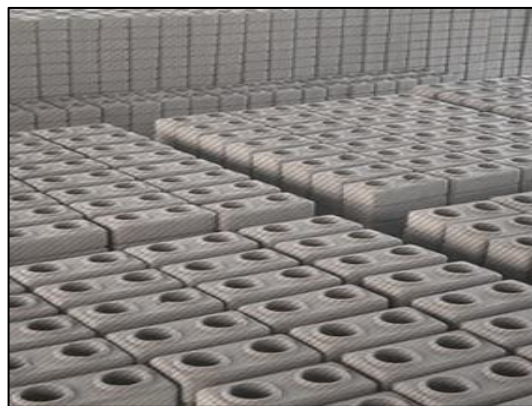
2.1.1 Ladrillo prensado interconectable o ladrillo modular

Es aquel ladrillo hecho de una mezcla de cemento, suelo y agua, que se combinan de una manera especial para luego ser prensado, manual o mecánicamente, compactando la mezcla aumentada a un 52% de su volumen original. El resultado de esta compresión es que las partículas de suelo quedan firmemente adheridas reduciendo el espacio intergranular debido al aumento de la superficie relativa del contacto grano-cemento.

De este modo el cemento empleado adquiere mayor eficiencia aún en proporciones mínimas. Como resultado se obtiene un ladrillo de mayor densidad, altamente compacto, con excelentes propiedades resistentes a presiones mecánicas. Poseen la característica de ser mampuestos, es decir, sus dimensiones permiten manipularlos cómodamente con una mano. Por el escaso volumen interno arriba mencionado, el consumo de agua para el proceso es significativamente inferior, menos de un 20% en volumen. Como si todas estas ventajas fueran pocas, no requiere de cocido con combustibles fósiles, por lo que no contamina durante el proceso con algún tipo de emisión. Por ser producido en molde (matriz) los acabados son tersos y sus medidas constantes en el tiempo sin importar el número de ladrillos elaborados.[8’]

No sufre de contracciones o deformaciones por cocción. Esto implica una metodología de construcción mucho más práctica con paredes lisas que no requieren frisado impermeabilizante. Incluso puede aplicársele a pincel una capa de hidrófugo líquido como única medida de acabado. El beneficio principal a corto plazo es que el costo de cada ladrillo significa entre un tercio y un cuarto del precio del ladrillo convencional. Es posible elaborarlo en la obra, evitando así costos adicionales de flete. Con una espera de 7 días el ladrillo estará fraguado y listo para su uso.

Gráfico N° 1.Ladrillos prensado interconectable.



Fuente: “Ladrillos Eco modulares”. Internet: <http://ladrillosecomodulares.com/paginas/faq/ladrilloseco.html>

La suma de sus características físicoquímicas y económicas generan un producto sustituyente de la unidad tradicional de construcción, siendo su principal característica su aporte como alternativa ecológica responsable y sustentable.

Responsable desde el punto de vista de la toma de conciencia del perjuicio ecológico causado el medio ambiente y las comunidades por el emplazamiento de canchadas y hornos de ladrillo cocido.

Sustentable, por ser un medio sensiblemente más económico de producción al ser elaborado por el usuario directo, sin desgaste del recurso natural y además permite la participación directa del consumidor, tanto para viviendas sociales como para la elaboración de viviendas de alto costo.[8’]

Como se indica en [8’] se citan ventajas de los ladrillos prensados o ladrillos modulares como son los siguientes:

- ✓ Disminución del tiempo de construcción en un 30% con relación a la albañilería convencional, debido al diseño de encajamiento modular que tienen los ladrillos.
- ✓ Economía en el costo final hasta de un 40% en las paredes de ladrillos ecológicos en relación con los ladrillos o bloques de arcilla cocido.
- ✓ Estructura - Las columnas son embutidas en los huecos de los ladrillos, distribuyendo mejor la carga de peso sobre las paredes.
- ✓ Economía de 100% en el uso de madera para encofrado de pilares o columnas y vigas.
- ✓ Economía de hasta 100% en la mezcla para el asentamiento
- ✓ Economía de hasta 50% en las cabillas.
- ✓ Los Ladrillos ecológicos son curados con agua y sombra, diferente de los ladrillos convencionales que dependen de la quema de leña en hornos, contribuyendo a la deforestación y a la quema.

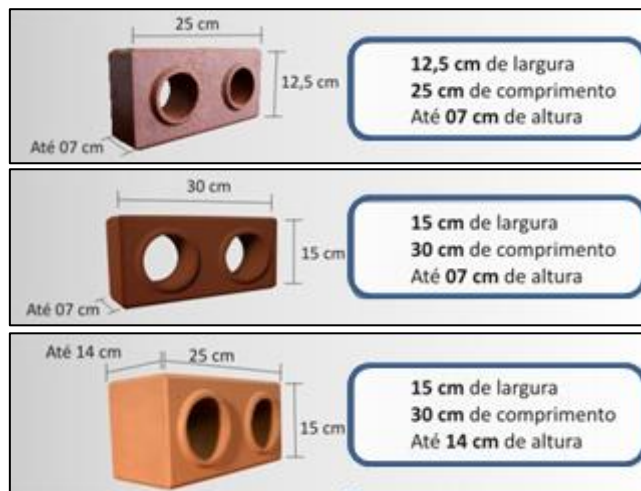
- ✓ Mayor durabilidad que el ladrillo común, pues llega a ser hasta 6 veces más resistente
- ✓ Fácil acabado. Si se prefiere no requiere frizar o pintar, economizando más aún. Los ladrillos prensados interconectables ya tienen un lindo acabado, semejante a los ladrillos decorativos, necesitando el uso de apenas un impermeabilizante a base de silicón o acrílico.
- ✓ Obra más limpia y sin desechos.
- ✓ Acústica. Como el ladrillo prensados interconectables posee dos huecos, las paredes forman un aislamiento acústico, disminuyendo los ruidos provenientes de la calle que van hacia el interior de la casa.
- ✓ Aislamiento térmico (calor). Los huecos de los ladrillos son importantes, pues forman cámaras térmicas evitando con eso que el calor externo penetre en el interior de la residencia.
- ✓ Aislamiento térmico. Con el frío acontece lo contrario, pues la temperatura de la casa se torna más caliente que la externa.
- ✓ Protección de la humedad. Los agujeros también propician la evaporación del aire, evitando con eso la formación de humedad en las paredes y en el interior de la construcción, lo cual causa daños a la salud o materiales.
- ✓ Instalaciones Hidráulicas - Todas las tuberías son embutidas en los agujeros evitando la rotura de paredes, necesaria en la albañilería convencional.
- ✓ Instalaciones Eléctricas. Así como las instalaciones hidráulicas, las instalaciones eléctricas también son embutidas en los agujeros, dejando así de un lado tubos conductores de cable y los cajetines de luz, pudiendo así los interruptores y tomacorrientes ser fijados directamente sobre los ladrillos.

Algunas Otras Ventajas

- ✓ Pueden ser producidos con el propio suelo local y en el propio perímetro de la obra, reduciendo o eliminando el costo de transporte
- ✓ No requiere de mano de obra especializada.
- ✓ No consume combustible en su fabricación, por tanto es un proceso de fabricación ecológica.

- ✓ Se puede eliminar el uso de revestimiento para protección de la acción directa del agua.

Gráfico N°2. Dimensiones existentes de los ladrillos prensado interconectables ecológicos.



Fuente: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-701082575-projeto-prensa-tijolo-ecologico-hidraulica-_JM

2.1.2 Las principales partes de un ladrillo (caras y aristas)

Soga.- Dimensión correspondiente al lado mayor o largo.

Tizón.- Dimensión correspondiente al lado intermedio o ancho.

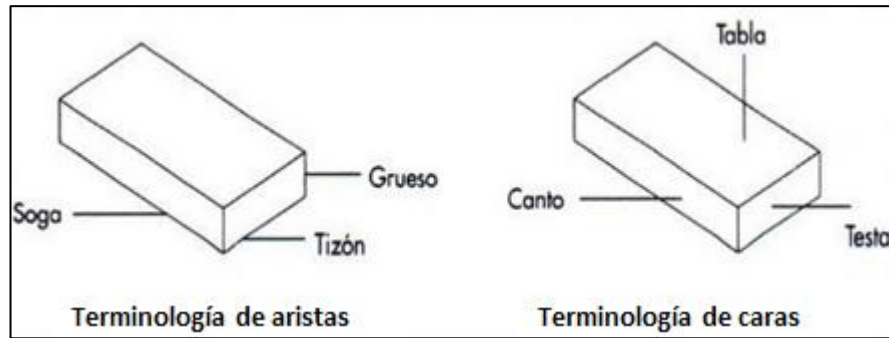
Grueso.- Dimensión al lado menor o altura.

Tabla.- Cara mayor de una pieza de mampostería (soga x tizón).

Canto.- Cara mediana de una pieza de mampostería (soga x grueso).

Testa.- Cara menor de una pieza de mampostería (tizón x grueso).

Gráfico N°3.Caras y aristas de los ladrillos



Fuente: L. Jiménez. “Técnicas de la Construcción con Ladrillos”. Pag. 18

Hueco.- Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.

Tabiquillo.- Material entre huecos de una pieza.

Área bruta.- Área de la sección de la pieza sin descontar el área de los huecos.

Resistencia a compresión.- Resistencia media a compresión de un número especificado de piezas de mampostería.[8]

2.1.3 Tipos de Ladrillos

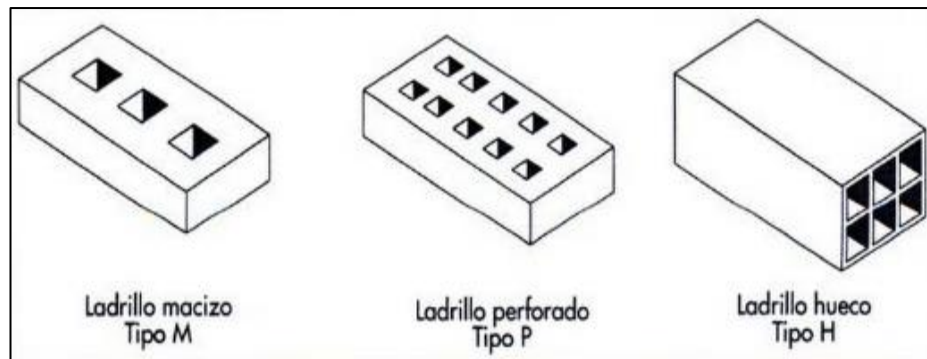
Ladrillos según su forma pueden ser:

Macizo.- Que se designa con la letra M, y es un ladrillo totalmente macizo o con taladros en tabla, de volumen no superior al 10%.

Perforado.- Que se designa con la letra P, y es todo aquel ladrillo con taladros en tabla, de volumen superior al 10%.

Hueco.- Que se designa con la letra H, siendo ladrillos con taladro en canto o testa.

Gráfico N°4. Formas y tipos de ladrillos



Fuente: L. Jiménez. “Técnicas de la Construcción con Ladrillos”. Pag. 18

Ladrillos según su forma de fabricación o cocción pueden ser:

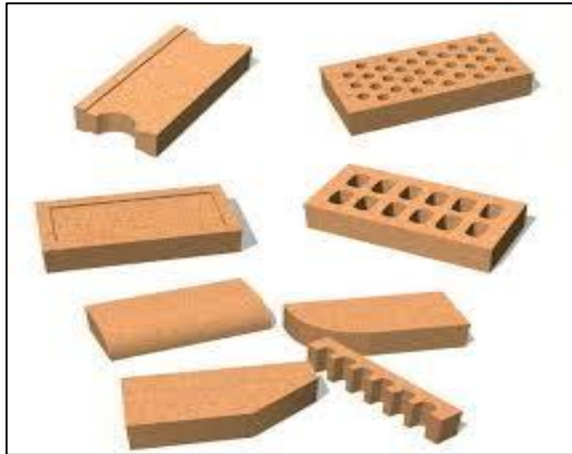
Adobe.- Se llama así a los ladrillos obtenidos mediante amasado de arcilla con paja y solo secado al sol, sin cocción.

Toscas de tejar.- Aquellos ladrillos que se realizan artesanalmente a mano con ayuda de gradillas, muy utilizada en decoración y cocida en hornos abiertos de tipo hormigueros.

Mecánicos, ordinarios o galleteros.- Aquellos ladrillos que se fabrican mecánicamente moldeados con malaxadoras galleteras y cocidas en hornos fijos.

Prensados.- Son los ladrillos de caras muy finas, fabricadas por prensas de estampa y cocidos en hornos fijos.

Gráfico N°5.Ladrillos prensados.



Fuente: L. Jiménez. "Técnicas de la Construcción con Ladrillos". Pag. 19

Ladrillo clínker o gresificado.- Están compuestos de arcillas especiales cocidas a altas temperaturas, con lo que se obtiene un ladrillo de mayor densidad y baja absorción de agua. De terminación gres, esmaltado y rústico.

Ladrillo refractario.- Es usado en lugares donde habitualmente se producen fuego y altas temperaturas. Generalmente está constituido de los mismos materiales que un ladrillo común pero en distintas proporciones. Útil para calderas y chimeneas.[8]

2.1.4 Aglomerantes

Material que en estado de pasta (polvo fino más agua) puede ser moldeado y mezclado con otros materiales, gracias a su adherencia permite unirlos, endureciéndolos y formando un solo cuerpo con adecuada resistencia mecánica.

Estos pueden ser:

Hidráulicos.- Como el cemento y cal hidráulica, que endurecen en presencia del agua, incluso bajo esta.

Aéreos.- En este grupo encontramos a la cal, el yeso, la magnesia, que son aglomerantes que fraguan en presencia del aire, no son adecuados en exposición al agua.

Hidrocarbonatados.- Formado por hidrocarburos en estado líquido o viscoso, como el alquitrán y el betún que adquieren dureza al evaporarse sus disolventes. [10]

2.1.5 Componentes del Ladrillo

Cemento

Conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcillas calcinadas, con adición de yeso, que tiene la propiedad de fraguar y endurecer al contacto con el agua, adquiriendo resistencias considerables. Se clasifica según su:

Composición Química.- Forman parte de esta categoría los cementos portland, puzolánicos, con cenizas volantes, sideropuzolanicos, naturales, escorias, siderúrgicos, aluminosos sulfatados.

Fraguado.- Se considera en base al tiempo de su fraguado como lentos o rápidos, tomando como base 1 hora reloj. [10]

Utilización.- Empleados para propósitos especiales en obras características están los cementos resistentes a los sulfatos, de alta resistencia inicial, de bajo calor de hidratación, resistentes al agua de mar, de albañilería, cementos blancos. [11]

Resistencia.- Acorde a la resistencia a la compresión del hormigón a una edad determinada, a los 28 días de edad para hormigones de uso normal, y a los 90 días para uso especial.

El tipo de cemento más comúnmente empleado es el cemento hidráulico portland constituido por aproximadamente 60% de caliza y 40% de arcilla que es mezclado, llevado a hornos con grandes temperaturas y finalmente mediante pulverización se obtiene el denominado clinker que en conjunto con el yeso y demás aditivos constituyen los distintos tipos de cemento portland.

Como se indica en [12] se denomina al cemento portland como cemento hidráulico producido por pulverización de clinker, consistente esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos cristalinos, conteniendo usualmente uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso.

Este tipo de cemento se clasifica en cinco categorías, cuya base de materiales es la misma pero con la dosificación se varían algunas de las propiedades, formando cemento para determinados fines dependiendo la aplicación.

Tipo I.- Cemento de uso común utilizado en la construcción en general, donde el hormigón no se encontrará expuesto a sulfatos. Dentro de esta categoría se tiene [13] al cemento Tipo IA con aditivo incorporadores de aire, Tipo IE que contiene alrededor del 20% de puzolana en el momento de moler el Clinker, y el Tipo IP se incluye entre el 20 y 40% de puzolana en el momento de moler el Clinker, para que reaccione con la cal y colabore con la resistencia. En el Ecuador se usa cemento Tipo IP o IE, cuyos beneficios son la resistencia a aguas con sulfatos y generar menor calor de hidratación.

Tipo II.- Cemento con moderado calor de hidratación y resiste a sulfatos. Pueden usarse como cementos antibacteriales. [13]

Tipo III.- Cemento de fraguado rápido y que alcanza una resistencia elevada en poco tiempo (aproximadamente 24 horas) empleado en obras que se encuentran en contacto con el agua, su inconveniente es el elevado calor de hidratación que se genera. [13]

Tipo IV.- Cemento de fraguado lento, empleado en obras civiles de gran tamaño debido a su bajo calor de hidratación. [13]

Tipo V.- Cemento usado en ambientes expuestos a sulfatos, gracias a la resistencia que presenta ante estos. [13]

El cemento portland debe ser lo suficientemente fino para hidratarse correctamente y lo suficientemente grueso para emitir menos calor de hidratación y proporcionar la resistencia requerida. Este es distribuido en sacos, los mismos que deben ser almacenados en un lugar seco y deben ser usados preferentemente antes del mes de suministrado.

La densidad real del cemento esta alrededor de los 3 kg/dm³, valor que para dosificaciones es determinado mediante ensayos de laboratorio en el que se emplea el método del picnómetro con gasolina.

Material de Mezcla

Los materiales de mezcla para elaborar los ladrillos prensados interconectables son: la cangahua, el barro y la puzolana, por lo cual se procede a describir cada una de los materiales.

a) **Cangahua.-** Se denomina cangagua 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. [14]

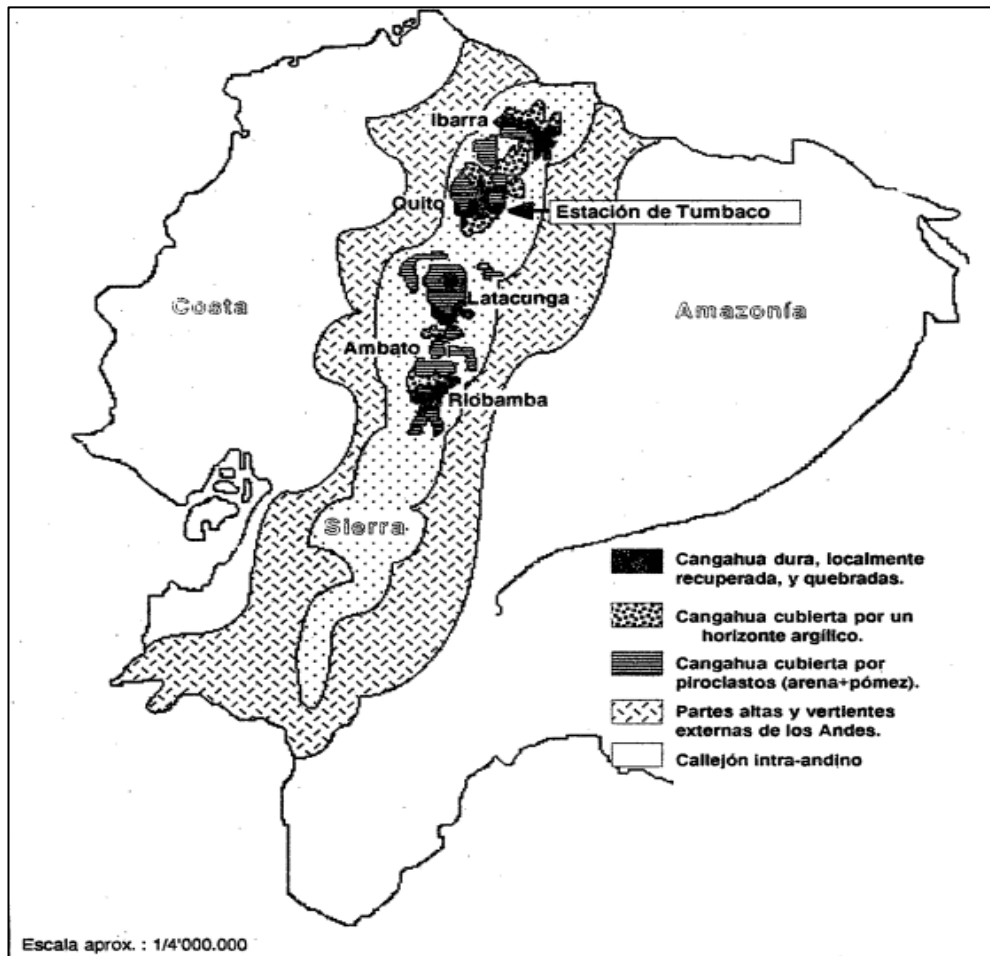
Cangahua es una ceniza volcánica que con el paso del tiempo se ha consolidado dando lugar a una roca blanda muy resistente por lo cual es apto para la construcción. En verano es muy difícil de excavar en este tipo de suelo, mientras que en invierno es más fácil debido a cierto grado de humedad.

Estos suelos volcánicos endurecidos, llamados cangahua, se formaron por el depósito, la removilización, la meteorización y endurecimiento de materiales lanzados por erupciones a lo largo del arco volcánico, los componen bloques de limo ocasionado por la degradación de átomos muy finos que miden desde los 10 a los 50 micrómetros. En América Latina se estima que aproximadamente $1.4E+6$ km² están cubiertos de suelos volcánicos, lo que representa el 23% de su superficie. [15]

En efecto, la palabra cangahua es bien antigua por ser de origen quechua, siendo originalmente su escritura " cangagua", que significa "tierra dura estéril". Los investigadores, los primeros en descubrir la Cangahua en el Ecuador, entre los que se puede citar Wolf (1892)y Sauer (1965), coincidieron en esta definición considerando a este suelo como una toba endurecida que hace más pensar en una roca que en una tierra blanda o en un depósito suelto. [16]

En el siguiente grafico realizado con base en los mapas de Cohet-Daage y Zebrowski, 1982-84,[16] se esquematiza un mapa de terreno típico del callejón intra-andino, donde se puede distinguir los depósitos de cangahua.

Gráfico N°6. Mapa en donde se encuentra la Cangahua en el Ecuador



Fuente: Custode et al. "La Cangahua en el Ecuador". Pag. 334.

En el caso primero, se puede tener una superficie dura aflorante o un suelo que es el resultado del ablandamiento de dicha superficie "dura" por el hombre. En la otra situación, los casos más representativos de recubrimiento de la cangahua pueden ser debidos a un material negro, generalmente de textura limo-arcillosa y siempre con un horizonte argílico al contacto con la cangahua o por un material claro, poco evolucionado y con numerosos elementos gruesos, en contacto directo sobre la Cangahua.

✓ Características Físicas de la Cangahua

De acuerdo con el trabajo de investigación geotécnica realizada por la EPMMOP, por el Ing. Miguel Chávez [15], el *contenido de humedad* de la cangahua varía entre 21% y 32%.

Además, se determinó que la cangahua predominante es limo arenoso (ML), con los siguientes límites Atterberg: límite plástico promedio 24%; límite líquido promedio 33%, con un índice de plasticidad de 9%, el suelo es poco plástico.

A continuación se muestra los diferentes valores de *granulometría* [15] de las diferentes muestras de cangahua.

Tabla N° 1. Granulometría en porcentaje de materiales analizados.

Lugar	Granulometría en porcentaje (%)					
	Arcilla		Limo		Arena	
			Fino	Grueso	Fino	Grueso
Chuspiaco	Mínimo	12.5	27.3	16.9	19.1	2.4
	Mediano	16.3	33.7	21.6	21.9	4.4
	Máximo	21.9	38.9	27.9	30.9	7.6
Cangahua	Maximo	9.2	16.9	13	10.9	15.1

Fuente: Custode et al. "La Cangahua en el Ecuador"

Como se puede observar la cangahua es un material poco homogéneo con bastante limo y arena y una tasa baja de arcilla.

La cangahua tiene aproximadamente 55% de limo, 15% de arcilla y 30% de arena.

El peso específico de la cangahua varía entre 2.58 g/cm³ y 2.59 g/cm³, mientras la relación de vacíos está entre valores de 0.83 y 1.32, y con una porosidad entre 45% y 58 %.[15]

✓ **Características Mecánicas de la Cangahua.**

La cangahua tiene una resistencia al corte la misma que varía entre 0.5 kg/cm^2 y 1.5 kg/cm^2 . Además, su Angulo de fricción interna se encuentra entre 23° y 32° ; el coeficiente de Poisson se encuentra entre 0.3 y 0.4; el coeficiente de permeabilidad K del cangahua varía entre $1.35 \text{ E } -6$ y $4.48 \text{ E } -6 \text{ m/s}$ según el autor francés DUCHAUFOR; algunos valores que se manejan para la cohesión de la cangahua están en el orden de $1 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$. [15]

b) Barro.- Se denomina barro a un suelo que es una mezcla de limo, arcilla y materia orgánica. Este tipo de suelo es deseable para la agricultura ya que la mezcla de tamaños de granos y sustancias orgánicas permiten que el agua se drene a través del sistema mientras permite el grado necesario de retención de agua y nutrientes en el suelo. El componente orgánico es la clave para la identificación de un suelo como el barro. Un barro muy alto en arena es llamado barro arenoso, mientras que una mezcla con más limo sería un barro limoso. [17]

El barro es uno de los primeros materiales usados por el hombre para construir refugios. El barro apilado a mano (cob), en forma de ladrillos (adobe), o compactado (tapial) es una forma muy barata y poco tecnificada de crear paredes y muros, por lo que ha sido ampliamente utilizado por las civilizaciones antiguas así como por las culturas ubicadas en entornos desérticos, donde escasea la piedra y la madera.

Composición química del barro.- La composición común del barro es muy parecida a la de la corteza terrestre como se aprecia fácilmente en la siguiente tabla.[18]

Tabla N°2. Composición química del barro

		CORTEZA		BARRO
SiO ₂		59.14		57.02
Al ₂ O ₃		15.34		16.15
Fe ₂ O ₃		06.88		06.70
MgO		03.49		03.08
CaO		05.08		04.26
Na ₂ O		03.84		02.38
K ₂ O		03.13		02.03
H ₂ O		01.15		03.45
TiO ₂		01.05		00.91

Fuente: http://www.salonhogar.com/est_soc/mundo/cerámica/elbarro.htm

Naturaleza física de barro.-La naturaleza física del barro es mucho más compleja que su naturaleza química. La química del barro es fácil de estudiar por medio de análisis rutinarios, pero la física sólo se puede saber por medio de estudios microscópicos y análisis más complejos. Se estima que una partícula de barro mide aproximadamente un micrón (milésima parte de un milímetro). [18]

Plasticidad.-El barro es único por esta propiedad. Ningún otro material sintético o natural puede igualar esta característica, por esta razón son tan variadas las formas que se pueden obtener con el barro. Cuando el barro es mojado, el agua humedece todas las partículas, creando una película que las une, de esta forma al ser cambiadas de posición, éstas no se separan. [18]

Otro factor que influye en la plasticidad de un barro es el carbón. Las partículas orgánicas, pueden servirle al barro como una goma que une sus partículas, Entre más contenido carbonoso mantenga el barro, será más elástico. Es difícil evaluar la elasticidad entre diferentes barros, ya que ésta siempre cambia de acuerdo con el contenido de agua, carbono y su reacción con el medio ambiente.[18]

Como se indica en [18] existen dos principales tipos de barro, el barro primario y el barro secundario. Éstas son las características de cada uno:

- ✓ **Barro primario:** Es el que se extrae justo del lugar en donde se encuentra la roca ígnea de donde proviene. Los barros primarios son raros, porque la mayoría de los barros han sido cambiados de lugar por el agua, aire, nieve, etc. El barro primario se caracteriza por ser menos plástico y estar más granulado.

- ✓ **Barro secundario:** Es el barro que ha sido transportado de su lugar de origen por medio de la lluvia y aire, este barro es más plástico, ya que se ha mezclado con más materia orgánica que los primarios.

Un barro recién extraído puede no ser utilizable directamente. Muchas veces es necesario agregar distintos materiales para que pueda ser utilizado. El elemento principal en esta preparación es el agua, la cual le da características de plasticidad y consistencia. Además es necesario agregar minerales como el feldespatos y otro tipo de barros.

c) **Puzolana.**-La puzolana son también conocida como Polvo Blanco en la Provincia de Cotopaxi, son bancos de arena volcánica, generalmente son usadas para hacer tabiques o ladrillos.

Según la ASTM (American Society for Testing and Materials) las puzolanas naturales son materiales sílicos o sílico-aluminosos que por sí solos poseen poco o nulo valor cementante, pero finamente divididos, en presencia de humedad, reaccionan químicamente con la portlandita (hidróxido de calcio Ca(OH)_2) a temperatura ordinaria para formar compuestos con propiedades cementantes.[19]

Como se indica en [20] se consideran generalmente como puzolanas los materiales que, carentes de propiedades cementicias y de la actividad hidráulica por sí solos, contienen constituyentes que se combinan con cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos. En tal sentido, las puzolanas dan propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como es la cal. Son por consiguiente, materiales reactivos frente a la cal en las condiciones normales de utilización ordinaria de conglomerantes (morteros y hormigones).

Las puzolanas, según su origen, se clasifican en dos grandes grupos el de las naturales y el de las artificiales.

Puzolanas Naturales.-Los materiales denominados puzolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico.

Las puzolanas naturales de origen mineral son productos de transformación del polvo y “cenizas” volcánicas.

Las puzolanas naturales de origen orgánico son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formadas en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparzones silíceos de animales.[20]

Puzolanas artificiales.- Se definen éstas como materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno, el formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa y otro el constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales.[20]

Las propiedades de las puzolanas dependen de la composición química y la estructura interna. Se prefieren puzolanas con composición química tal que la presencia de los tres principales óxidos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) sea mayor del 70%. Se trata que la puzolana tenga una estructura amorfa. [21]

Tabla N° 3. Propiedades Físicas de la puzolana

Ph	7
Punto de Fusión	800-900°C
Punto de Inflamabilidad	No Inflamable
Aspecto Físico	Sólido
Forma	Granulado o en Rocas
Colores	Rojizo-Rosado o Negro
Olor	Inodora
Solubilidad en Agua	Insoluble

Fuente: A. Suarez y M. Urgiles. "Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana". Pag. 53.

Tabla N° 4. Composición Químicas de la puzolana.

Elemento	% Sobre la masa total
Dióxido de Silicio (SiO_2)	65%
Óxido de Aluminio (Al_2O_3)	14%
Óxido de Calcio (Ca O)	5%
Óxido Férrico (Fe_2O_3)	4%
Óxido de Potasio (K_2O)	3%
Otros Óxidos (**)	9%

Fuente: A. Suarez y M. Urgiles. "Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana". Pag. 53.

Agua de Amasado

Agua empleada para conseguir la mezcla entre el cemento y suelo, formando un material trabajable, plástico y moldeable.

Se debe tener en cuenta no emplear agua con contenido de grasas, aceites, hidratos de carbono, materia orgánica, sulfatos, debido a que disminuyen la resistencia, el

agua para amasado debe ser agua que se pueda beber. Esta debe cumplir requisitos expuestos en la norma INEN 2617.

2.1.6 Identificación y Clasificación del Material de Mezcla.

Clasificación del Suelo según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Ya que el material de mezcla es proveniente del suelo, para clasificarlo se realizaran ensayos de granulometría mediante tamizado [22] y los ensayos de plasticidad y límite líquido.

Según el SUCS se utilizan los siguientes ensayos:

✓ **Granulometría: Porcentaje de arenas y finos**

Norma ASTM D421-78/ AASHTO T87-70

✓ **Límite Líquido**

Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691

✓ **Límite Plástico**

Norma ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/ INEN 691

Para identificar el tipo de suelo se utilizan las siguientes tablas.

Tabla N°5. Identificación de los suelos mediante SUCS

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	LETRA	DEFINICIÓN
G	Grava	P	Pobrementemente gradado (tamaño de partícula uniforme)
S	Arena	W	Bien gradado (tamaño de partícula diversos)
M	Limo	H	Alta plasticidad
C	Arcilla	L	Baja plasticidad
O	Orgánico		

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tabla N° 6. Clasificación de los suelos mediante SUCS

Divisiones mayores	Símbolo del grupo	Nombre de grupo			
Suelos granulares grueso Más del 50% retenido en el tamiz n° 200(0.075)	Grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien gradada, grava fina a gruesa	
			GP	Grava pobremente gradada	
		Grava con más 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	GM	Grava limosa	
			GC	Grava arcillosa	
	Arena > 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien gradada, arena fina a gruesa	
			SP	Arenan pobremente gradada	
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	SM	Arena limosa	
			SC	Arena arcillosa	
	Suelos de grano fino Más del 50% pasa el tamiz n°200	Limos y arcillas Límite líquido < 50	Inorgánico	ML	Limo
				CL	Arcilla
		Orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica	
Limo y arcilla Límite líquido > 50		Inorgánico	MH	Limo de alta plasticidad , limo elástico	
			CH	Arcilla de alta plasticidad	
		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico	
Suelos altamente orgánicos			PT	Turba	

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Tabla N° 7. Características de los suelos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad óptima P.M. gr/cm ³	CBR In Situ %
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GV	Excelente			
		GI	Bueno a excelente	Excelente	2.00-2.24	60-80
		GM } u	Bueno a excelente	Excelente	1.76-2.08	25-60
				Acceptable a mala	2.08-2.32	40-80
		GC	Bueno	Mala a impermeable	1.91-2.24	20-40
	Arenas	SV	Bueno			
		SI	Acceptable a bueno	Excelente	1.76-2.08	20-40
		SM } u	Acceptable a bueno	Excelente	1.60-1.92	10-25
				Acceptable a mala	1.92-2.16	20-40
		SC	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL<50)	ML	Malo a aceptable	Acceptable a mala	1.60-2.00	5-15
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60-2.00	5-15
		OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8
	Limos y arcillas (LL>50)	MH	Malo	Acceptable a mala	1.28-1.60	4-8
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44-1.76	3-5
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28-1.68	3-5
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Acceptable a mala	-	-

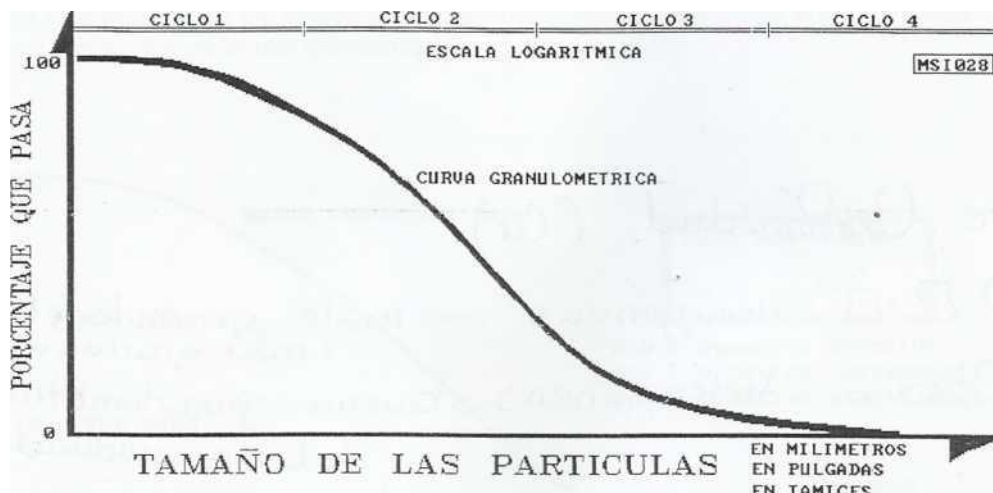
Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, Modificado

2.1.7 Granulometría de los Suelos

Como se indica en [22] este método consiste en separar una muestra de suelo convenientemente seleccionada en grupos de partículas que tienen el mismo rango de tamaños lo que se logra con la utilización de tamices, se pueden encontrar gravas, arenas, limos y arcillas, de esta manera se clasifica en el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

El análisis granulométrico por tamizado se enfoca en la separación del suelo ordenando los tamices de mayor a menor abertura, se calcula analíticamente mediante tablas los porcentajes retenidos por cada tamiz y mediante una gráfica se expresa una curva representada en un papel denominado "log-normal" el cual tiene en el eje horizontal una escala logarítmica y en el eje vertical una escala natural. [23]

Gráfico N°7. Representación de la Curva Granulométrica



Fuente: L. Pérez. Mecánica de Suelos I. Ambato, Ecuador, 2013, p. 33.

Los suelos están conformados por partículas que pueden ser grandes y fáciles de manipular, hasta pequeñas que no se puedan ver con un microscopio. La

granulometría es un parámetro útil para la construcción de proyectos tanto estructurales como viales. [23]

2.1.8 Límites de Plasticidad o Límites Atterberg

Como se indica en [24] se la define la plasticidad como la propiedad de un material que es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variaciones volumétricas apreciables, sin desmoronarse y agrietarse.

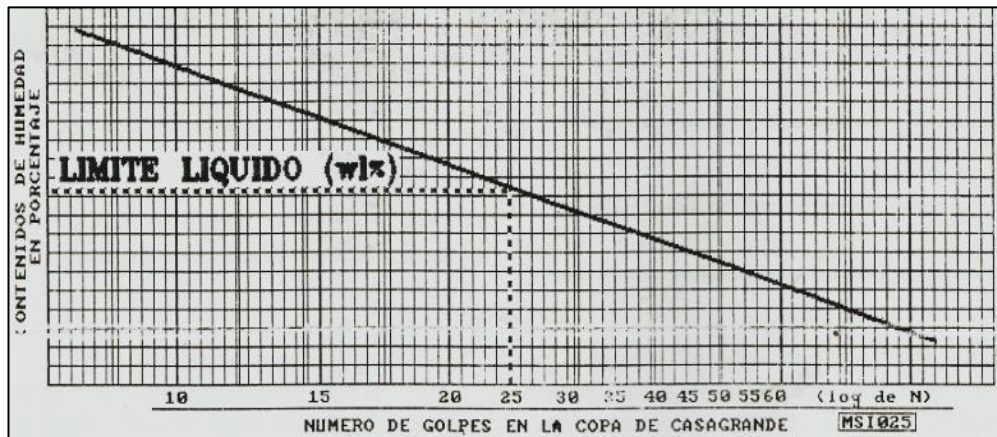
Límite Líquido (LL%)

Es la frontera entre el estado semilíquido y el plástico. El contenido de humedad del suelo debe expresarse como el porcentaje de agua, en relación con el peso secado en el horno.

La determinación del Límite líquido es un procedimiento de laboratorio por el cual la coordenadas entre número de golpes de la Copa Casagrande versus el Contenido de humedad permiten graficar en un papel semilogarítmico la Curva de Ecurrimiento.

La curva de escurrimiento representa la relación de su contenido de humedad y su correspondiente número de golpes, la escala logarítmica representara el número de golpes y la escala natural o aritmética el porcentaje de humedad. Se traza la línea recta entre los tres o más puntos marcados.[24]

Gráfico N°8. Determinación del Limite Liquido en la Curva de Ecurrimiento.



Fuente: L. Pérez. Mecánica de Suelos I. Ambato, Ecuador, 2013, p. 29.

El contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como Líquido del suelo y que teóricamente significa que el suelo alcanza una resistencia al corte (S).

$$0 < S \leq 0.25 \text{ gr/cm}^2$$

Límite Plástico (LP%)

Es la frontera entre el estado plástico y semisólido. El LP se calcula igual que un contenido de humedad promedio, se determina enrollando pequeñas muestra de 3mm de diámetro y cuando estas tienen tal cantidad de agua que empiezan a resquebrajarse.[24]

Índice Plástico (Ip%)

Se calcula el Índice Plástico de un suelo cohesivo [24] como la diferencia numérica entre su Límite Líquido y su Límite Plástico de la siguiente manera:

$$Ip = LL\% - LP\%$$

Excepción: Se indicara la diferencia calculada de acuerdo a la ecuación anterior, como el Índice Plástico, excepto con los siguientes casos [24]:

Cuando LL o LP no pueden ser determinados, infórmese Ip como no plástico (NP).

Cuando el suelo es muy arenoso, el LP deberá determinarse antes del LL. Si el LP no puede ser determinado, indíquese tanto el LL como el LP como NP.

Cuando el LP es igual o mayor que el LL, indíquese el Ip como NP.

En la siguiente tabla se presentan valores del Índice de Plasticidad para evaluar la plasticidad del suelo.

Tabla N° 8. Grado de Plasticidad (Sower)

<i>IP</i>	DESCRIPCIÓN
0-3	No Plástico
3-15	Ligeramente Plástico
15-30	Baja Plasticidad
>30	Alta Plasticidad

Fuente: L. Pérez. Mecánica de Suelos I. Ambato, Ecuador, 2013, p. 30.

2.1.9 Resistencia a la compresión del ladrillo prensado.

Resistencia a la Compresión.- Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. Es decir, la resistencia es la fuerza de rotura dividida entre el área bruta de bloque o ladrillo.

La resistencia a la compresión en ladrillos o unidades de mampostería es la resistencia media a compresión de un número especificado de piezas de mampostería.[8]

Como indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción [26] para viviendas de dos pisos con luces de hasta cinco metros, las unidades que se empleen en la construcción de muros de mampostería confinada deben tener al menos las resistencias mínimas que se proporcionan en la siguiente tabla.

Tabla N° 9. Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada.

Tipo de Unidad	f'_{cu} (MPa)
Ladrillo macizo	2
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de hormigón ó de arcilla	3

Fuente: NEC_SE_VIVIENDA 2015. Pág. 64

Donde:

f'_{cu} : Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta (MPa).

2.1.10 Resistencia a Compresión del Ladrillo Artesanal.

El ladrillo artesanal es un elemento de mampostería que a pesar de no cumplir con la especificación **INEN 294**, se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo, cuya resistencia bruta no debe ser menor que $f'_m=2$ MPa (20 kg/cm²).

2.2 HIPÓTESIS

El ladrillo prensado interconectable elaborado de material de suelo y adiciones de cemento cumple con la resistencia a compresión normativa.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente

El ladrillo prensado interconectable elaborado de material de suelo y adiciones de cemento.

2.3.2 Variable Dependiente

Resistencia a compresión del ladrillo prensado.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN APLICADA

El estudio en cuestión tiene como propósito determinar una característica importante en el ladrillo prensado interconectable elaborado de material de suelo y adiciones de cemento, de tal manera que su uso sea factible y más conveniente que los ladrillos tradicionales, considerándolo como la mejor alternativa para realizar mamposterías en diferentes obras civiles.

INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Para el desarrollo de la investigación y la obtención de resultados se requiere elaborar los ladrillos con material de suelo y diferentes porcentajes de adiciones de cemento, las mismas que son dosificadas y ensayadas en un laboratorio que preste las facilidades y equipo necesario para este fin.

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación es experimental debido a que se necesita ejecutar ensayos de compresión en diversas unidades de ladrillos prensados interconectables elaborados de material de suelo y adiciones de cemento, dosificadas cuidadosamente en laboratorio con varios porcentajes de cemento, determinando el porcentaje óptimo de

cemento cuya influencia en la resistencia a la compresión del ladrillo a varias edades sea admisible. Estos son estudios poco analizados en el medio actualmente y con este informe se da paso a posibles perfeccionamientos y aplicaciones futuras.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta investigación el objeto en estudio son las unidades de ladrillos prensados interconectables elaboradas de material de suelo y adiciones de cemento, por lo cual no se puede cuantificar el universo. Con la finalidad de obtener los mejores resultados que aporten confiabilidad y basado en la normas NTE INEN 293 y NTE INEN 574 se elaboran muestras y se ensayan a compresión respectivamente. Además, para poder realizar la mezcla para elaborar ladrillos se establecerán al menos tres porcentajes diferentes de cemento para cada tipo de material y obtener tres muestras de ladrillos de cada porcentaje de mezcla establecido (nueve muestras) para tener un valor de resistencia más real. Los ensayos se deben realizar a las edades de 7, 14 y 28 días, por lo que se tendría 27 muestras para cada mezcla, teniendo un total de 81 muestras.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

El ladrillo prensado interconectable elaborado de material de suelo y adiciones de cemento.

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El ladrillo prensado interconectable, es una mezcla de agua, material de suelo y un porcentaje de cemento hidráulico, con la finalidad de analizar su influencia en la resistencia a la compresión.	Ladrillo	Resistencia a la compresión (f'c)	¿Qué dosificación nos garantiza un ladrillo prensado con adecuada resistencia a la compresión?	Ensayos de laboratorio. Normas: INEN, ASTM.
	Material de mezcla (suelo)	Calidad	¿Cuáles son las características del material de suelo para ser empleado en la muestra para ladrillo?	Investigación bibliográfica y experimental
		Cantidad	¿Cuál es el porcentaje óptimo material para elaborar el ladrillo?	Ensayos de laboratorio. Análisis y comparación de resultados.
	Cemento	Cantidad	¿Cuál es el porcentaje óptimo de cemento para elaborar el ladrillo?	Ensayos de laboratorio. Análisis y comparación de resultados.

Cuadro N° 1.Operacionalización de variable independiente

3.3.2 Variable Dependiente

La Resistencia a compresión del ladrillo prensado.

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La resistencia a la compresión de una unidad de ladrillo prensado es la carga axial de compresión máxima alcanzada por la sección de ladrillo antes de la falla.	Calidad del ladrillo.	Calidad	¿Cuál sería la calidad de la unidad de ladrillo prensado interconectable?	Normas: INEN, ASTM.
	Ensayo de compresión	Volumen Peso	¿Cuál es el tamaño nominal y el peso obtenido de la unidad de ladrillo prensado inteconectable?	Norma INEN
		Equipo Materiales	¿Qué equipo y materiales se debe usar para elaborar y ensayar la unidad de ladrillo prensado interconectable?	Norma INEN

Cuadro N° 2. Operacionalización de variable dependiente.

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Analizar la resistencia a compresión de la unidad de ladrillo prensado interconectable elaborado de material de suelo y adiciones de cemento.
2. ¿De qué personas u objetos?	De unidades de ladrillos prensados interconectables elaborado de material de suelo y adicionando tres diferentes porcentajes de cemento.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Influencia en la resistencia a la compresión de ladrillos prensado interconectables.
4. ¿Quién?	Víctor Gerson Chimbo Andy
5. ¿Dónde?	Instalaciones de la Fundación de Desarrollo Social Mano Amiga en la ciudad de Latacunga. Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	Mediante pruebas y ensayos de laboratorio.

Cuadro N°3. Recolección de información.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 Plan de Procesamiento de la Información.

- ✓ Revisión crítica, técnica y detallada de la información recolectada.
- ✓ Tabulación de datos acorde a las variables de la hipótesis, manejo de la información.
- ✓ Representación gráfica de resultados.

3.5.2 Plan de Análisis

- ✓ Analizar e interpretar los resultados obtenidos, haciendo referencia a los objetivos e hipótesis.

- ✓ Verificación de la hipótesis, determinación de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Previa elaboración de la dosificación de los ladrillos prensados interconectables que permita obtener una adecuada resistencia a la compresión a cada edad de ensayo 7, 14 y 28 días respectivamente, se procede a realizar ensayos a los materiales de mezcla provenientes de la Provincia de Cotopaxi, tales como la granulometría, límite líquido, índice plástico.

Se realizó cada ensayo siguiendo la respectiva norma INEN, para obtener resultados idóneos.

4.1.1 Obtención de los Materiales de Mezcla.

Para la fabricación de ladrillos prensados interconectables con una resistencia a la compresión a los 28 días de edad igual a 30 kg/cm^2 a las que se añadirá porcentajes de adiciones de cemento de 10%, 15% y 20% para las edades de ensayo de compresión de 7, 14 y 28 días, se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Transporte de material desde las diferentes minas de la Provincia de Cotopaxi al sitio donde se va a fabricar los ladrillos.



Gráfico N°9. Transporte de los Materiales de Mezcla

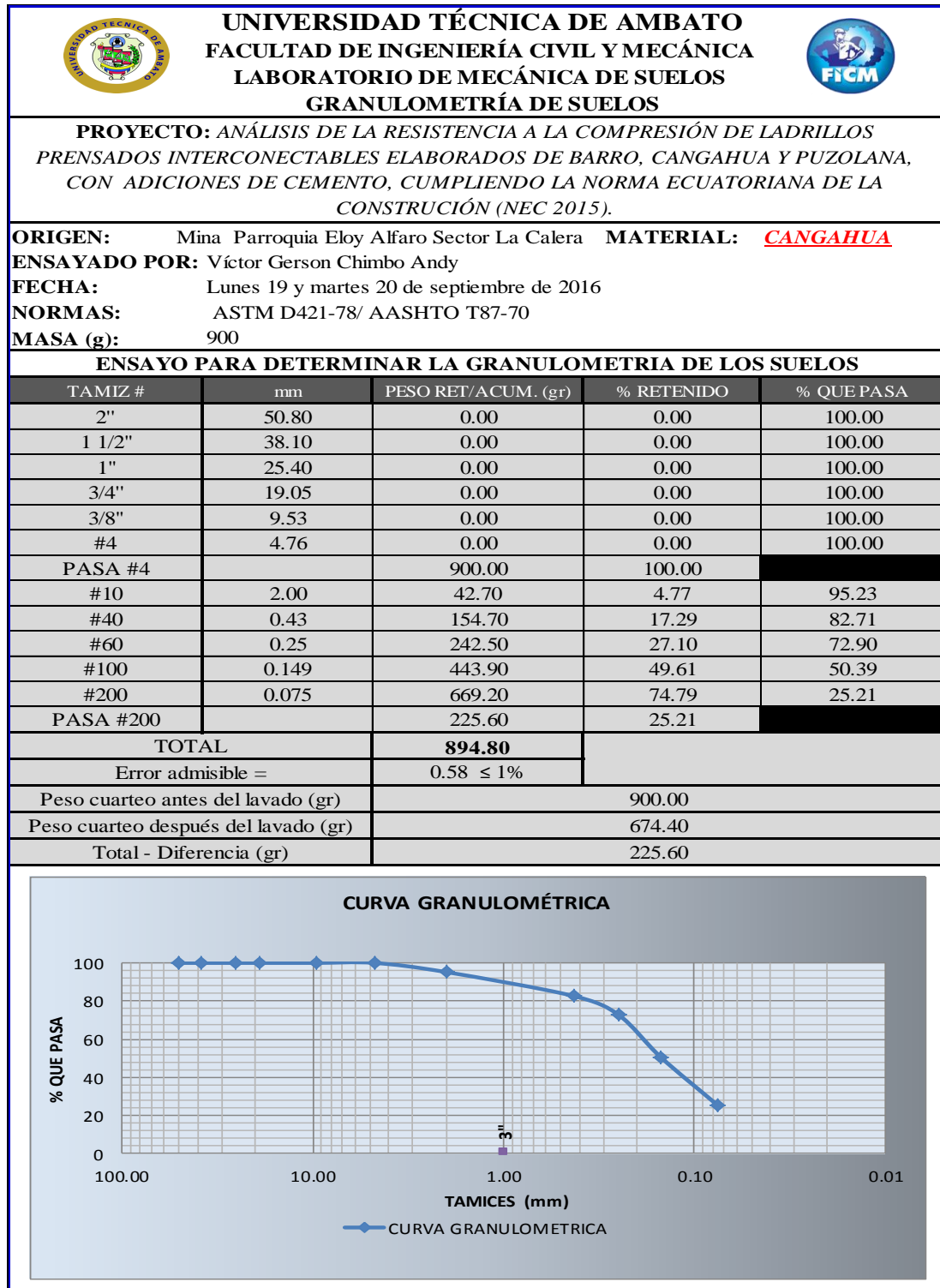


Gráfico N°10. Proceso de Tamizado de Materiales
(tamiz # 4)

Una vez tamizados los distintos materiales de mezcla se procede a determinar la Granulometría y el Índice de Plasticidad de cada uno.

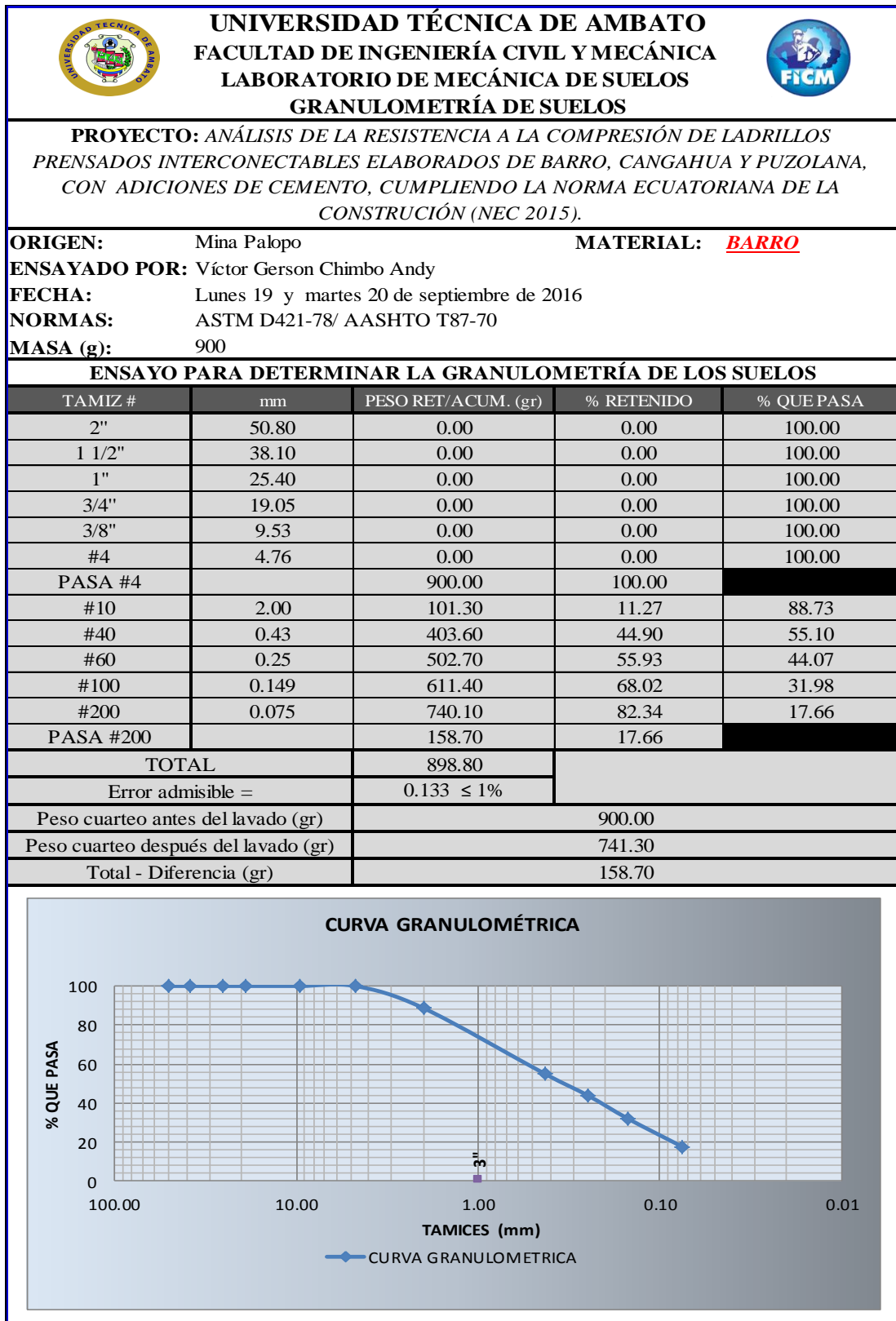
Ensayo N°1.- Análisis Granulométrico

Tabla N° 10. Granulometría de la Cangahua.



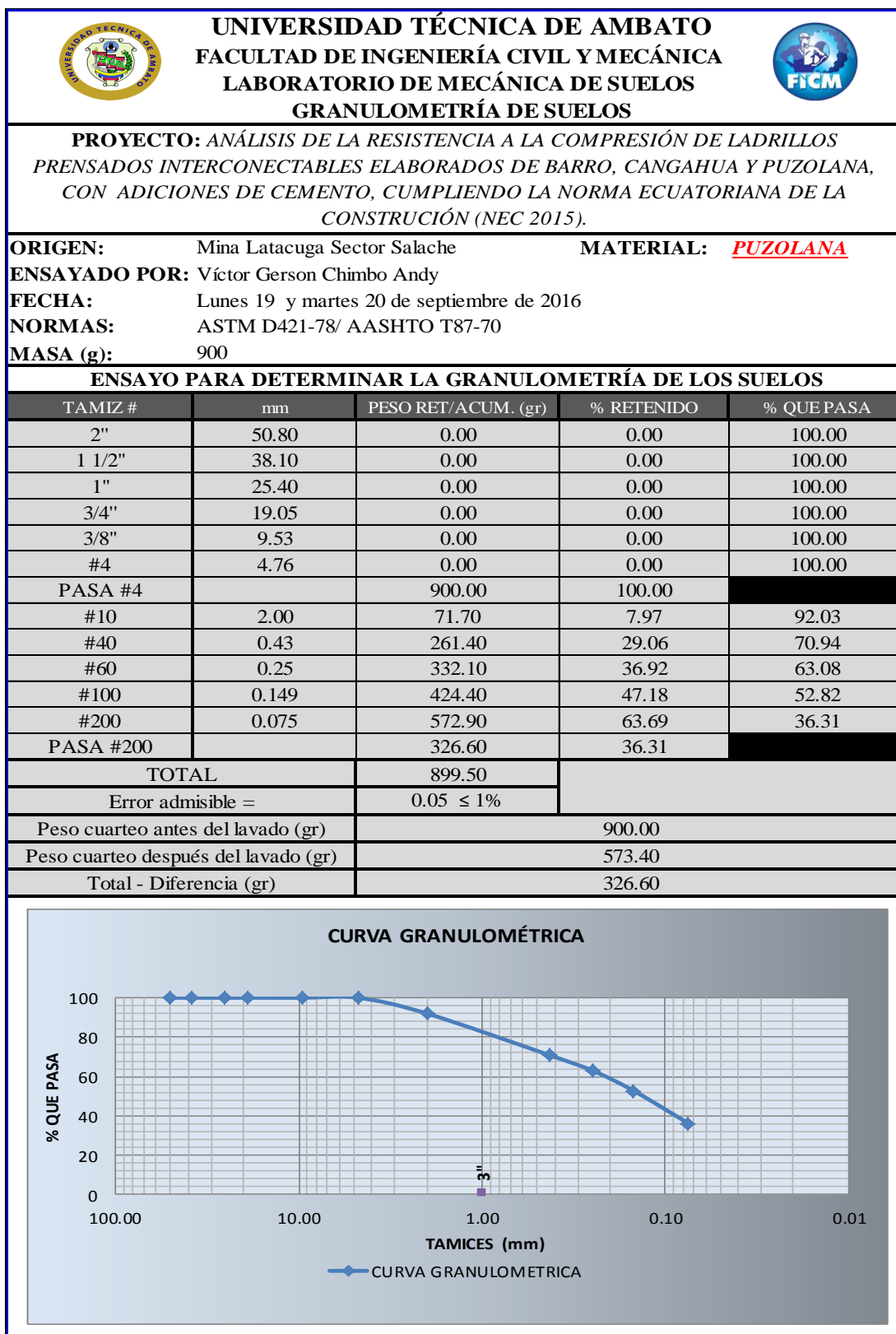
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 11. Granulometría del Barro.



Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy



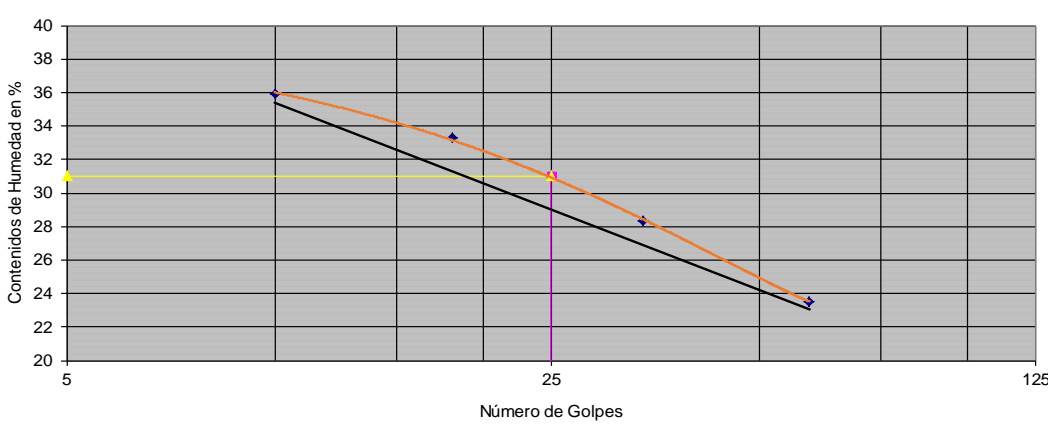
Tabla N° 12. Granulometría de la Puzolana.



Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy



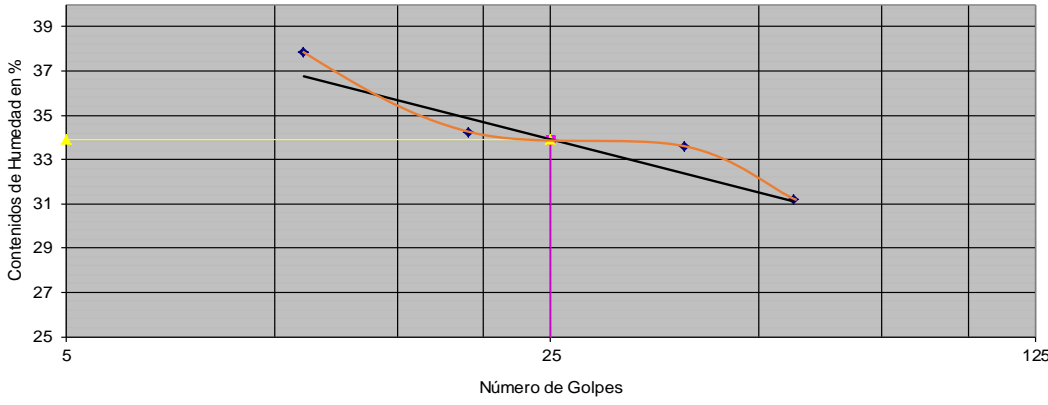
Ensayo N°2.- Determinación de los Límites de Plasticidad

Tabla N°13. Límites de Plasticidad de la Cangahua

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE MEZCLA									
<i>PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).</i>									
ORIGEN:	Mina Parroquia Eloy Alfaro Sector La Calera	MATERIAL:	<u>CANGAHUA</u>						
ENSAYADO POR:	Víctor Gerson Chimbo Andy								
FECHA:	Miércoles 21 y jueves 22 de septiembre de 2016								
NORMAS:	ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/INEN 691								
MASA (g):	250								
1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%									
Recipiente número		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	26.1	28.3	25.3	24.8	26.7	26.6	26.4	23.4
Peso seco + recipiente	Ws+rec	22	23.9	21.7	21.5	23.3	23.2	23.4	21.2
Peso recipiente	rec	10.8	11.4	11.2	11.3	11.4	11.1	11.1	11.5
Peso del agua	Ww	4.10	4.40	3.60	3.30	3.40	3.40	3.00	2.20
Peso de los sólidos	Ws	11.20	12.50	10.50	10.20	11.90	12.10	12.30	9.70
Contenido de humedad	w%	36.61	35.20	34.29	32.35	28.57	28.10	24.39	22.68
Contenido de humedad promedio	w%	35.90		33.32		28.34		23.54	
Número de golpes		10.00		18.00		34.00		59.00	
2 Determinación Gráfica									
									
1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%									
Recipiente número		1	2	3	4	5			
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	6.8	7.1	6.7	6.8	6.9			
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6.7	6.9	6.6	6.6	6.7			
Peso recipiente	rec	6.2	6.0	6.2	6.1	6.1			
Peso del agua	Ww	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20			
Peso de los sólidos	Ws	0.50	0.90	0.40	0.50	0.60			
Contenido de humedad	w%	20.00	22.22	25.00	40.00	33.33			
Contenido de humedad promedio	w%	22.41							
LÍMITE LIQUIDO LI%		31.00							
LÍMITE PLASTICO Lp%		22.41							
INDICE DE PLASTICIDAD Ip% (LL-LP)		8.59							

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N°14. Límites de Plasticidad del Barro

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE MEZCLA									
<i>PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).</i>									
ORIGEN:	Mina Palopo	MATERIAL:	<u>BARRO</u>						
ENSAYADO POR:	Víctor Gerson Chimbo Andy								
FECHA:	Miercoles 21 y jueves 22 de septiembre de 2016								
NORMAS:	ASTM D424-71/ AASHTO T90-70/INEN 691								
MASA (g):	250								
1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%									
Recipiente número		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	20.8	20	23.5	24.7	20.4	22.4	23.8	24
Peso seco + recipiente	Ws+rec	18.2	17.6	20.3	21.4	18.1	20	20.9	21.1
Peso recipiente	rec	11.4	11.2	11.1	11.6	11.3	12.8	11.8	11.6
Peso del agua	Ww	2.60	2.40	3.20	3.30	2.30	2.40	2.90	2.90
Peso de los sólidos	Ws	6.80	6.40	9.20	9.80	6.80	7.20	9.10	9.50
Contenido de humedad	w%	38.24	37.50	34.78	33.67	33.82	33.33	31.87	30.53
Contenido de humedad promedio	w%	37.87		34.23		33.58		31.20	
Número de golpes		11.00		19.00		39.00		56.00	
2 Determinación Gráfica									
									
1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%									
Recipiente número		1	2	3	4	5			
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	6.6	6.7	6.8	6.1	6.9			
Peso seco + recipiente	Ws+rec	6.5	6.6	6.7	5.9	6.8			
Peso recipiente	rec	6.1	6.2	6.2	5.3	6.2			
Peso del agua	Ww	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10			
Peso de los sólidos	Ws	0.40	0.40	0.50	0.60	0.60			
Contenido de humedad	w%	25.00	25.00	20.00	33.33	16.67			
Contenido de humedad promedio	w%	23.33							
LIMITE LIQUIDO LI%		33.90							
LIMITE PLASTICO Lp%		23.33							
INDICE DE PLASTICIDAD Ip% (LL-LP)		10.57							

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

4.1.2 Dosificación de la Mezcla para elaborar los ladrillos prensados interconectables.

La dosificación al peso de cada material y porcentaje de cemento a añadir se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Dosificación del Material al Peso} = \frac{\text{Cantidad de Material}}{\text{Cantidad de Cemento}}$$

Se propone agregar cemento al 10%, 15% y 20% del material requerido, considerando un promedio de 5000 gramos de material para fabricar un ladrillo de (30cmx15cmx7.5cm).

✓ Dosificación para el 10% de cemento.

Determinación de la cantidad de cemento propuesto.

$$\text{Cant. Cemento} = \% \text{ Cemento} * \text{Cant. Material}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 10\% * 5000\text{gr}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 500\text{gr}$$

$$\text{Dosificación del Material al Peso} = \frac{5000\text{gr}}{500\text{gr}} = 10$$

Se obtiene la dosificación al peso calculada de 1:10

✓ **Dosificación para el 15% de cemento.**

Determinación de la cantidad de cemento propuesto.

$$\text{Cant. Cemento} = \% \text{ Cemento} * \text{Cant. Material}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 15\% * 5000\text{gr}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 750\text{gr}$$

$$\text{Dosificación del Material al Peso} = \frac{5000\text{gr}}{750\text{gr}} = 6.67 \approx 7$$

Se obtiene una dosificación al peso calculada de 1:6.67, los valores deben ser números enteros por lo que se considera la dosificación aproximada de 1:7, para lo cual se vuelve a calcular la cantidad de material real.

$$\text{Cant. del Material} = (\text{Dosif. de material al peso})(\text{cant. cemento})$$

$$\text{Cant. del Material} = (7)(750\text{gr})$$

$$\text{Cant. del Material} = 5250 \text{ gr}$$

✓ **Dosificación para el 20% de cemento.**

Determinación de la cantidad de cemento propuesto.

$$\text{Cant. Cemento} = \% \text{ Cemento} * \text{Cant. Material}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 20\% * 5000\text{gr}$$

$$\text{Cant. Cemento} = 1000\text{gr}$$

$$\text{Dosificación del Material al Peso} = \frac{5000\text{gr}}{1000\text{gr}} = 5$$

Se obtiene una dosificación al peso calculada de 1: 5

✓ **Dosificación del Agua (W)**

La expresión para el cálculo es la siguiente:

$$W = \frac{\text{Cantidad de Agua}}{\text{Cantidad de Cemento}}$$

Para determinar la cantidad de agua a utilizar en la mezcla se realiza de forma práctica la misma que se explica con más detalle más adelante.

Estos valores permiten obtener rápidamente una dosificación al peso para cualquier número de muestras que se requiera fabricar.

Tabla N° 15. Dosificación de la mezcla para fabricar ladrillos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).							
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy PESO DEL MATERIAL REQUERIDO (gr): 5000							
DOSIFICACION AL PESO PARA 1 LADRILLO						CANTIDADES PARA TRES LADRILLOS	
PORCENTAJE DE CEMENTO PROPUESTO	PESO DEL CEMENTO PROPUESTO	DOSIFICACIÓN AL PESO CALCULADA	DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA		PESO FINAL DEL MATERIAL (gr)	CEMENTO (gr)	MATERIAL (gr)
			CEMENTO	MATERIAL			
10%	500	10	1	10	5000	1500	15000
15%	750	6.67	1	7	5250	2250	15750
20%	1000	5	1	5	5000	3000	15000

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

4.1.3 Elaboración de Ladrillos Prensados Interconectables.

Con la dosificación calculada tenemos la cantidad de material a emplear para cada grupo de ladrillos con los diferentes porcentajes de cemento a añadir, se fabricarán las muestras y se ensayarán a compresión.

✓ *Preparación de la Mezcla.*

El Barro es proveniente de la mina Palopo, la Cangahua es proveniente de la mina de la parroquia Eloy Alfaro sector Calera y la Puzolana de la mina Latacunga sector Salache.

La preparación de la mezcla comienza colocando el material respectivo (ya sea el barro, cangahua o puzolana) y cemento (puzolánico tipo IP) previamente pesadas acorde a la dosificación calculada, esto se mezcla adecuadamente para después ir añadiendo el agua poco a poco hasta que la mezcla adquiriera una humedad óptima.

Mediante un sencillo ensayo de campo, conocido como la “prueba de la muñeca”, se determina, en forma práctica, la humedad óptima de la mezcla.

Se toma un puñado de tierra humedecida y se aprieta con la mano.

Se deja caer desde una altura de 1 metro. Si la mezcla se desintegra en una cantidad considerable de terrones, semejante a la mezcla original, LA HUMEDAD ES ÓPTIMA.



Gráfico N°11. Mezclado de material más porcentaje de cemento (sin agua).



Gráfico N°12. Verificación de la humedad adecuada de la mezcla.

Tabla N° 16. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Cangahua.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PRENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).						
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy				MUESTRA TIPO 		
MATERIAL: CANGAHUA						
PORCENTAJE DE CEMENTO PROPUESTO	DOSIFICACIÓN AL PESO			CANTIDADES PARA 3 MUESTRAS TIPO (gr)		
	W	C	CANGAHUA	W	C	CANGAHUA
10%	1.13	1	10	1700	1500	15000
15%	0.84	1	7	1900	2250	15750
20%	0.60	1	5	1800	3000	15000



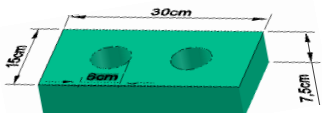
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 17. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Barro.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).						
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy MATERIAL: BARRO				MUESTRA TIPO 		
PORCENTAJE DE CEMENTO PROPUESTO	DOSIFICACIÓN AL PESO			CANTIDADES PARA 3 MUESTRAS TIPO (gr)		
	W	C	BARRO	W	C	BARRO
10%	1.33	1	10	2000	1500	15000
15%	1.02	1	7	2300	2250	15750
20%	0.73	1	5	2200	3000	15000

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N°18. Dosificación Óptima para Tres Ladrillos Elaborado con Puzolana.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
PROYECTO: ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS PENSADOS INTERCONECTABLES ELABORADOS DE BARRO, CANGAHUA Y PUZOLANA, CON ADICIONES DE CEMENTO, CUMPLIENDO LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC 2015).						
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy MATERIAL: PUZOLANA				MUESTRA TIPO 		
PORCENTAJE DE CEMENTO PROPUESTO	DOSIFICACIÓN AL PESO			CANTIDADES PARA 3 MUESTRAS TIPO (gr)		
	W	C	PUZOLANA	W	C	PUZOLANA
10%	1.80	1	10	2700	1500	15000
15%	1.29	1	7	2900	2250	15750
20%	0.93	1	5	2800	3000	15000

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy



Gráfico N°13. Fabricación de ladrillos en la maquina prensadora.

El proceso de curado de los ladrillos que se realiza en la fabricación es de manera práctica que consiste en saturar las unidades con agua totalmente, 3 veces al día por 3 días y dejarlas secar al ambiente in situ, por lo que se empleó ese mismo procedimiento para la elaboración de muestras previo a trasladarlas al laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Técnica de Ambato y ensayarlas a compresión.



Gráfico N°14. Almacenamiento de ladrillos prensados interconectables.



Gráfico N°15. Curado de ladrillos

4.1.4 Ensayo de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables

Transcurridos los días necesarios de curado de los ladrillos, son pesados y medidos para proceder al ensayo de compresión según la norma Inen 574 donde se aplica una carga axial de compresión al ladrillo a una velocidad determinada hasta que se produzca la falla en el espécimen. La resistencia del ladrillo se calcula dividiendo la carga máxima soportada para el área de aplicación.



Gráfico N°16. Ensayo de Compresión en los Ladrillos Prensados Interconectables.

Los resultados obtenidos del ensayo de compresión a las distintas edades en los ladrillos elaborados se presentan en las siguientes tablas de acuerdo al porcentaje de cemento adicionado en la mezcla. La comparación entre los diversos resultados permitirá establecer las conclusiones del estudio en cuestión.

Tabla N°19.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN:		Mina Parroquia Eloy Alfaro Sector Calera		MATERIAL: <u>CANGAHUA</u>		NORMA: INEN 574		
ELABORADO POR:		Víctor Gerson Chimbo Andy						
FECHA DE ELAB.:		14/12/2016						
FECHA DE ENSAYO:		21/12/2016						
EDAD:		7 Días						
Área:		421.73 cm ²						
Volumen:		0.0032 m ³						
Nº	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σ _c Kg/cm ²
1	10%	4.773	1491.56	1475.94	34.1	3477.23	8.25	8.27
2		4.695	1467.19		33.9	3456.84	8.20	
3		4.701	1469.06		34.6	3528.22	8.37	
4	15%	4.806	1501.88	1473.65	44.3	4517.34	10.71	11.03
5		4.635	1448.44		45.9	4680.50	11.10	
6		4.706	1470.63		46.6	4751.88	11.27	
7	20%	4.555	1423.44	1398.85	54.9	5598.24	13.27	13.10
8		4.005	1251.56		54.8	5588.04	13.25	
9		4.869	1521.56		52.8	5384.10	12.77	



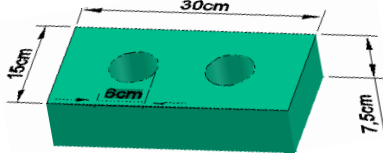
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N°20.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina de Palopo ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 14/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 21/12/2016 EDAD: 7 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>BARRO</u>			NORMA: INEN 574			
								
N°	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σ _c Kg/cm ²
1	10%	4.785	1495.31	1481.87	33.4	3405.85	8.08	8.20
2		4.740	1481.25		36.0	3670.98	8.70	
3		4.701	1469.06		32.3	3293.68	7.81	
4	15%	4.665	1457.81	1452.50	46.3	4721.29	11.20	9.98
5		4.622	1444.38		39.6	4038.08	9.58	
6		4.657	1455.31		37.9	3864.72	9.16	
7	20%	4.814	1504.38	1471.88	49.2	5017.00	11.90	12.87
8		4.593	1435.31		55.7	5679.82	13.47	
9		4.723	1475.94		54.8	5588.04	13.25	

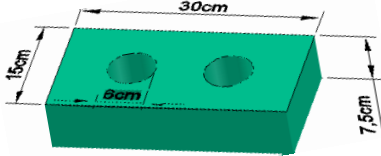
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N°21.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 7 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina Latacunga Sector Salache ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 14/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 21/12/2016 EDAD: 7 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>PUZOLANA</u>		NORMA: INEN 574				
								
Nº	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σc Kg/cm ²
1	10%	3.491	1090.94	1174.06	21.1	2151.60	5.10	5.13
2		3.985	1245.31		21.3	2172.00	5.15	
3		3.795	1185.94		21.2	2161.80	5.13	
4	15%	3.747	1170.94	1185.63	35.1	3579.20	8.49	7.83
5		3.885	1214.06		31.8	3242.70	7.69	
6		3.750	1171.88		30.2	3079.54	7.30	
7	20%	3.936	1230.00	1213.85	46.6	4751.88	11.27	11.23
8		3.872	1210.00		46.0	4690.69	11.12	
9		3.845	1201.56		46.7	4762.07	11.29	


Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N°22.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina Parroquia Eloy Alfaro Sector Calera		MATERIAL: <u>CANGAHUA</u>			NORMA: INEN 574			
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy								
FECHA DE ELAB.: 22/12/2016								
FECHA DE ENSAYO: 05/01/2017								
EDAD: 14 Días								
Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³								
Nº	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σc Kg/cm ²
1	10%	3.906	1220.63	1224.90	83.6	8524.83	20.21	21.07
2		3.966	1239.38		94.1	9595.53	22.75	
3		3.887	1214.69		83.7	8535.02	20.24	
4	15%	4.059	1268.44	1290.73	118.2	12053.05	28.58	28.96
5		4.140	1293.75		122.4	12481.33	29.60	
6		4.192	1310.00		118.7	12104.03	28.70	
7	20%	4.012	1253.75	1258.23	148.0	15091.80	35.79	35.55
8		3.978	1243.13		146.5	14938.84	35.42	
9		4.089	1277.81		146.6	14949.04	35.45	


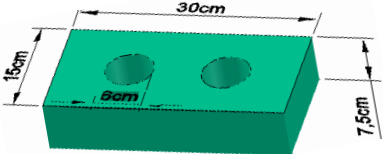
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 23.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina de Palopo ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 22/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 05/01/2017 EDAD: 14 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>BARRO</u>			NORMA: INEN 574			
N°	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σ_c Kg/cm ²
1	10%	4.063	1269.69	1260.52	83.5	8514.63	20.19	20.17
2		3.952	1235.00		83.5	8514.63	20.19	
3		4.086	1276.88		83.2	8484.04	20.12	
4	15%	3.824	1195.00	1212.29	97.0	9891.25	23.45	23.93
5		3.891	1215.94		100.9	10288.94	24.40	
6		3.923	1225.94		99.0	10095.19	23.94	
7	20%	4.030	1259.38	1238.65	117.5	11981.67	28.41	28.42
8		3.832	1197.50		121.1	12348.76	29.28	
9		4.029	1259.06		114.0	11624.76	27.56	

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 24.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 14 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina Latacunga Sector Salache ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 22/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 05/01/2017 EDAD: 14 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>PUZOLANA</u>		NORMA: INEN 574				
								
Nº	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	σ _c Kg/cm ²
1	10%	3.155	985.94	956.35	47.3	4823.26	11.44	11.62
2		3.005	939.06		45.7	4660.10	11.05	
3		3.021	944.06		51.2	5220.95	12.38	
4	15%	3.217	1005.31	1001.77	67.4	6872.89	16.30	14.90
5		3.251	1015.94		56.8	5791.99	13.73	
6		3.149	984.06		60.7	6189.68	14.68	
7	20%	2.954	923.13	956.04	87.5	8922.52	21.16	21.21
8		3.105	970.31		86.1	8779.76	20.82	
9		3.119	974.69		89.5	9126.46	21.64	


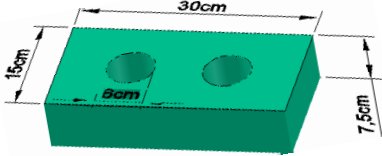
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 25.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina Parroquia Eloy Alfaro Sector Calera		MATERIAL: <u>CANGAHUA</u>			NORMA: INEN 574			
ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy								
FECHA DE ELAB.: 07/12/2016								
FECHA DE ENSAYO: 04/01/2017								
EDAD: 28 Días								
Área: 421.73 cm ²								
Volumen: 0.0032 m ³								
								
N°	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	f'cu Kg/cm ²
1	10%	4.112	1285.00	1293.34	115.2	11747.13	27.85	28.07
2		4.094	1279.38		116.4	11869.50	28.14	
3		4.210	1315.63		116.7	11900.09	28.22	
4	15%	4.381	1369.06	1316.25	151.4	15438.50	36.61	35.33
5		4.104	1282.50		145.4	14826.67	35.16	
6		4.151	1297.19		141.5	14428.98	34.21	
7	20%	4.066	1270.63	1316.88	161.3	16448.02	39.00	38.38
8		4.220	1318.75		156.1	15917.77	37.74	
9		4.356	1361.25		158.8	16193.09	38.40	

Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 26.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina de Palopo ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 07/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 04/01/2017 EDAD: 28 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>BARRO</u>		NORMA: INEN 574				
								
N°	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	f'cu Kg/cm ²
1	10%	4.266	1333.13	1330.52	105.6	10768.20	25.53	25.56
2		4.307	1345.94		103.3	10533.67	24.98	
3		4.200	1312.50		108.2	11033.33	26.16	
4	15%	4.136	1292.50	1285.00	128.9	13144.14	31.17	31.60
5		4.069	1271.56		132.7	13531.63	32.09	
6		4.131	1290.94		130.5	13307.30	31.55	
7	20%	4.281	1337.81	1312.50	142.6	14541.15	34.48	34.12
8		4.047	1264.69		139.5	14225.04	33.73	
9		4.272	1335.00		141.2	14398.39	34.14	

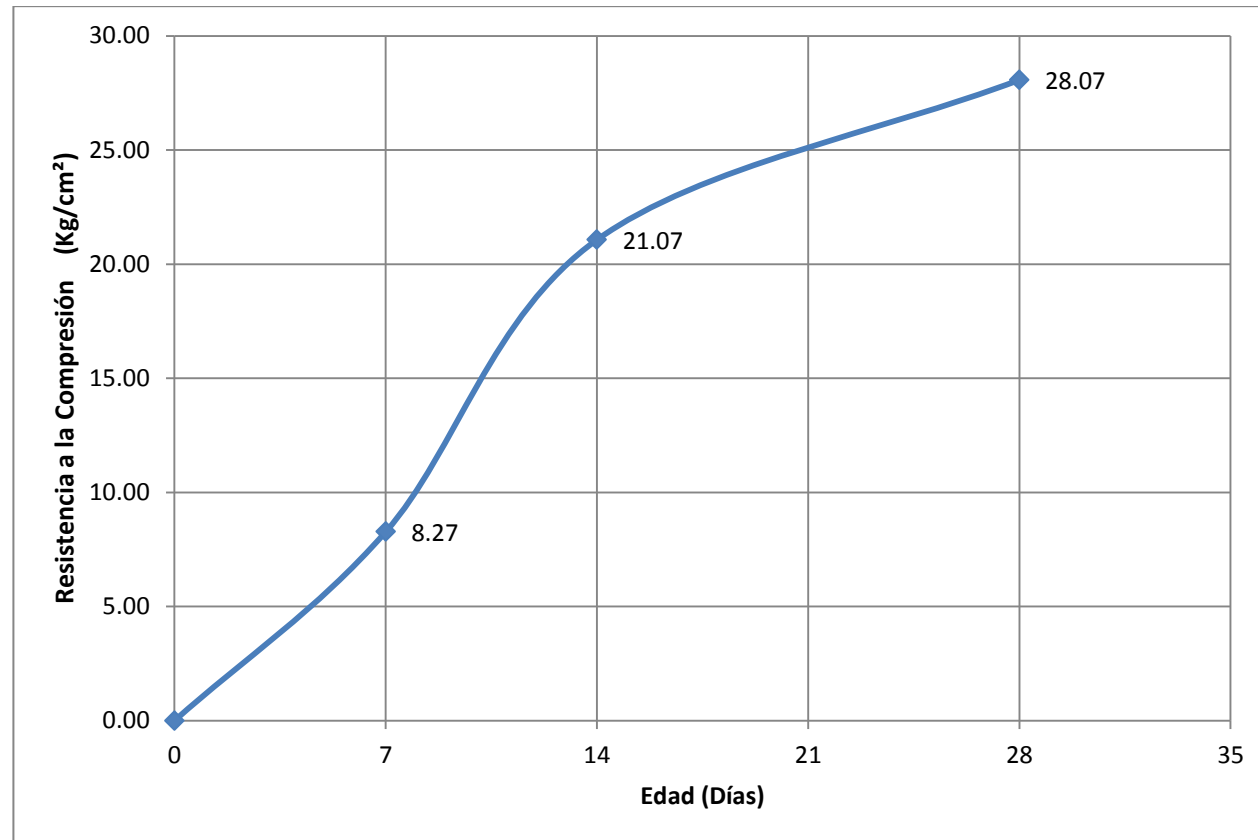
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Tabla N° 27.- Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ORIGEN: Mina Latacunga Sector Salache ELABORADO POR: Víctor Gerson Chimbo Andy FECHA DE ELAB.: 07/12/2016 FECHA DE ENSAYO: 04/01/2017 EDAD: 28 Días Área: 421.73 cm ² Volumen: 0.0032 m ³		MATERIAL: <u>PUZOLANA</u>		NORMA: INEN 574				
								
N°	% de Cemento	Peso Kg	Densidad Ladrillo Kg/m ³	Densidad Promedio Kg/m ³	Carga (P) KN	Carga (P) KG	Esfuerzo de Compresión Kg/cm ²	f'cu Kg/cm ²
1	10%	3.210	1003.13	991.15	65.0	6628.16	15.72	16.10
2		3.069	959.06		65.8	6709.73	15.91	
3		3.236	1011.25		68.9	7025.84	16.66	
4	15%	3.362	1050.63	1057.09	86.6	8830.74	20.94	21.62
5		3.495	1092.19		85.9	8759.36	20.77	
6		3.291	1028.44		95.7	9758.68	23.14	
7	20%	3.466	1083.13	1058.65	111.2	11339.24	26.89	26.83
8		3.327	1039.69		109.7	11186.29	26.52	
9		3.370	1053.13		112.0	11420.82	27.08	

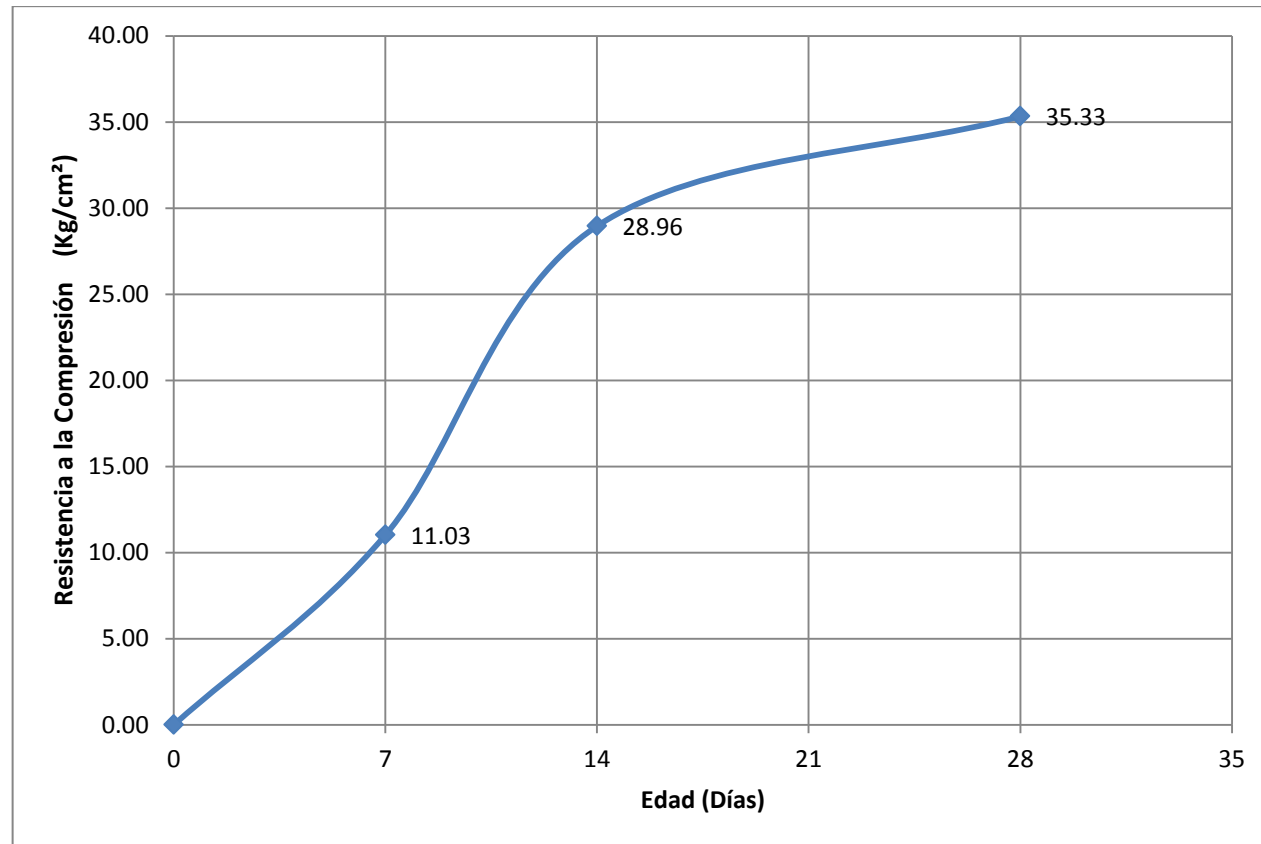
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°17. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



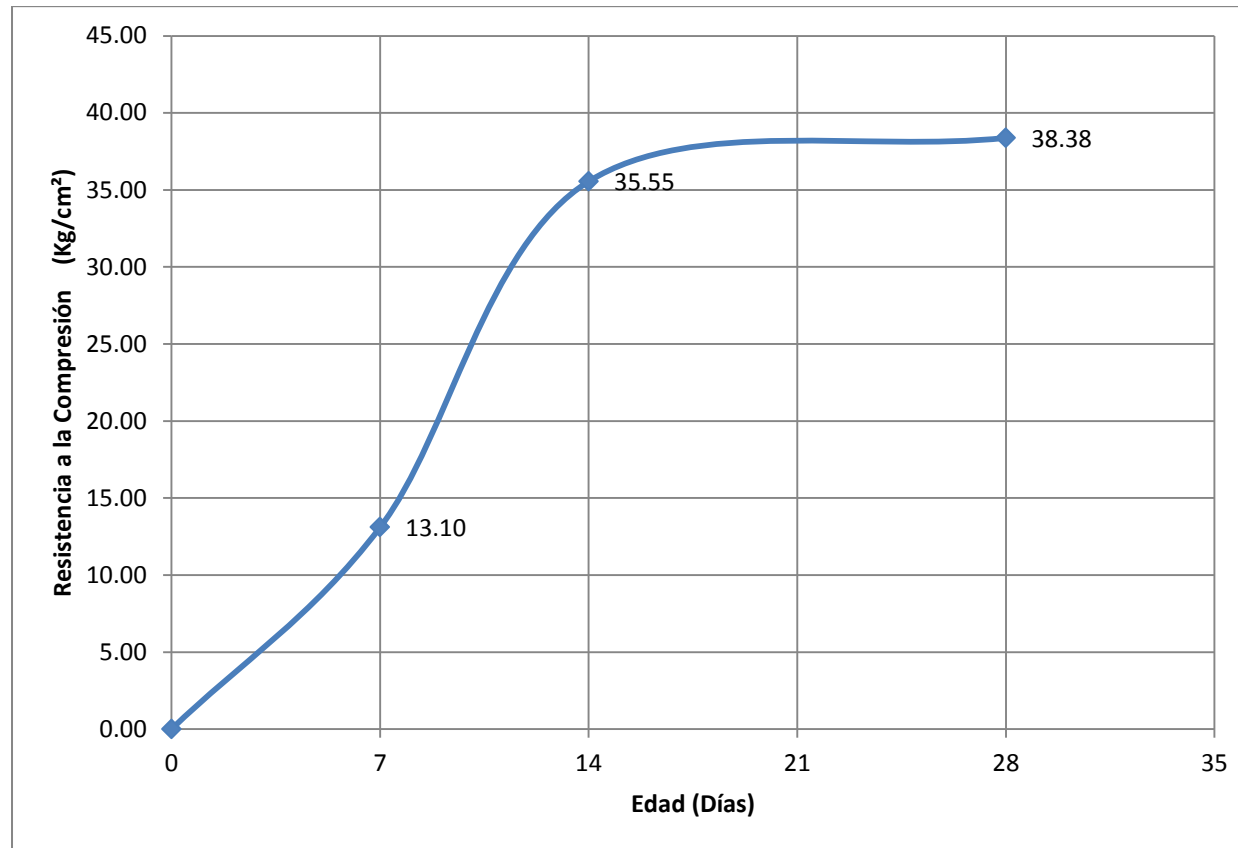
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°18. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



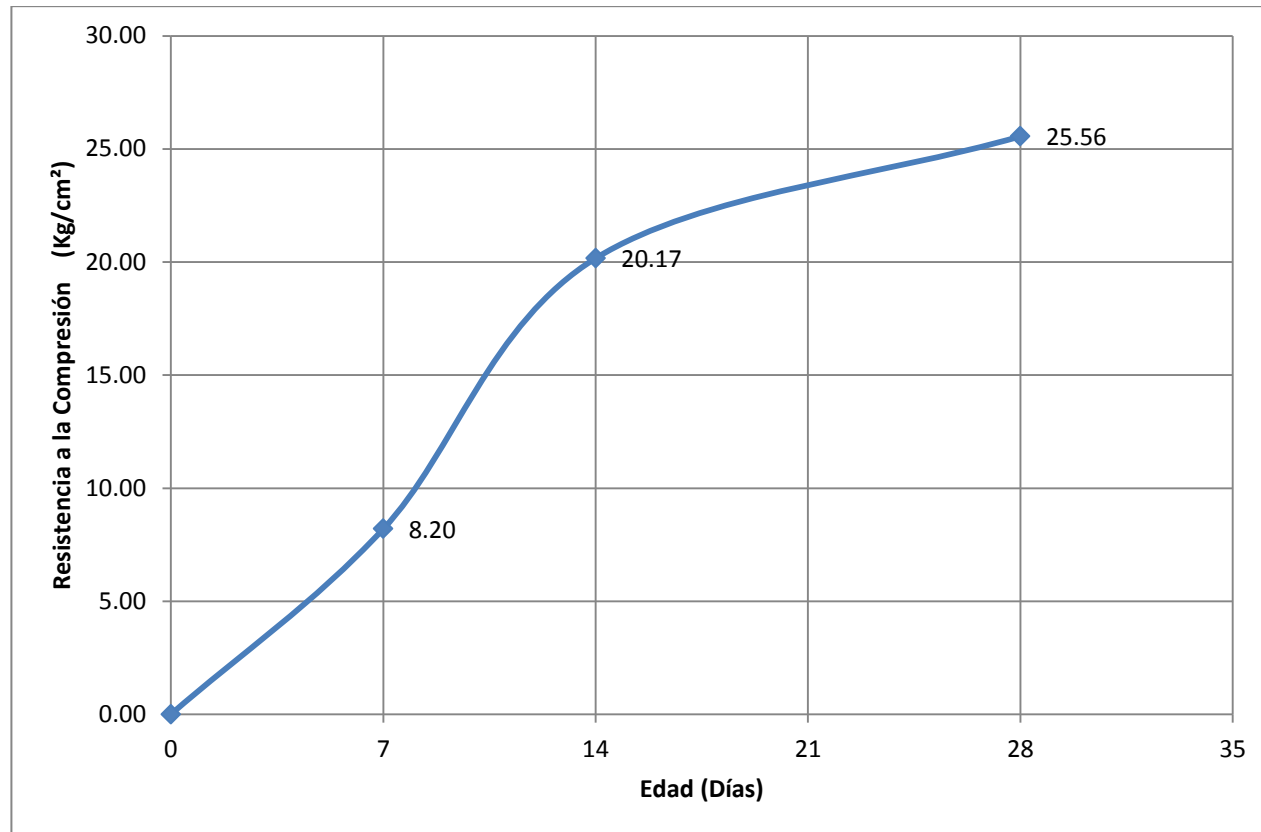
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°19. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



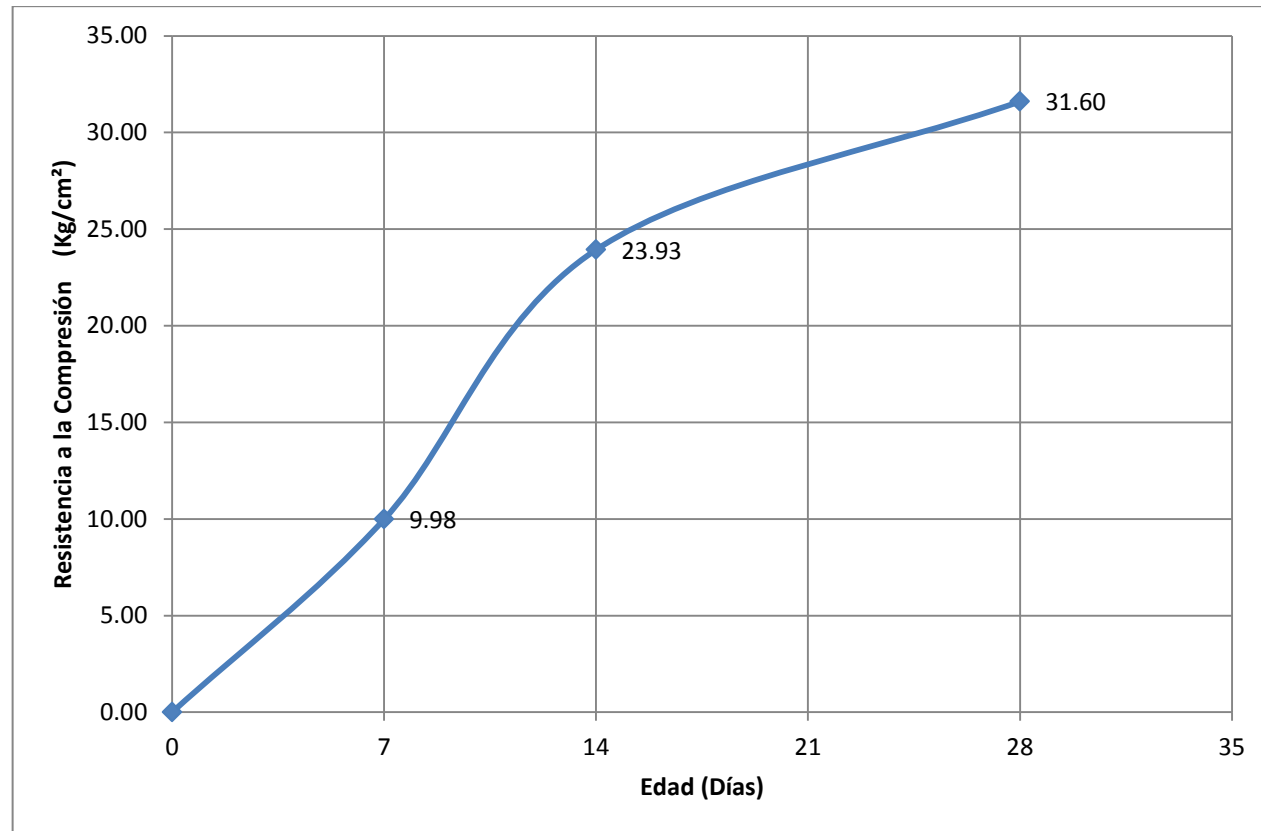
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°20. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



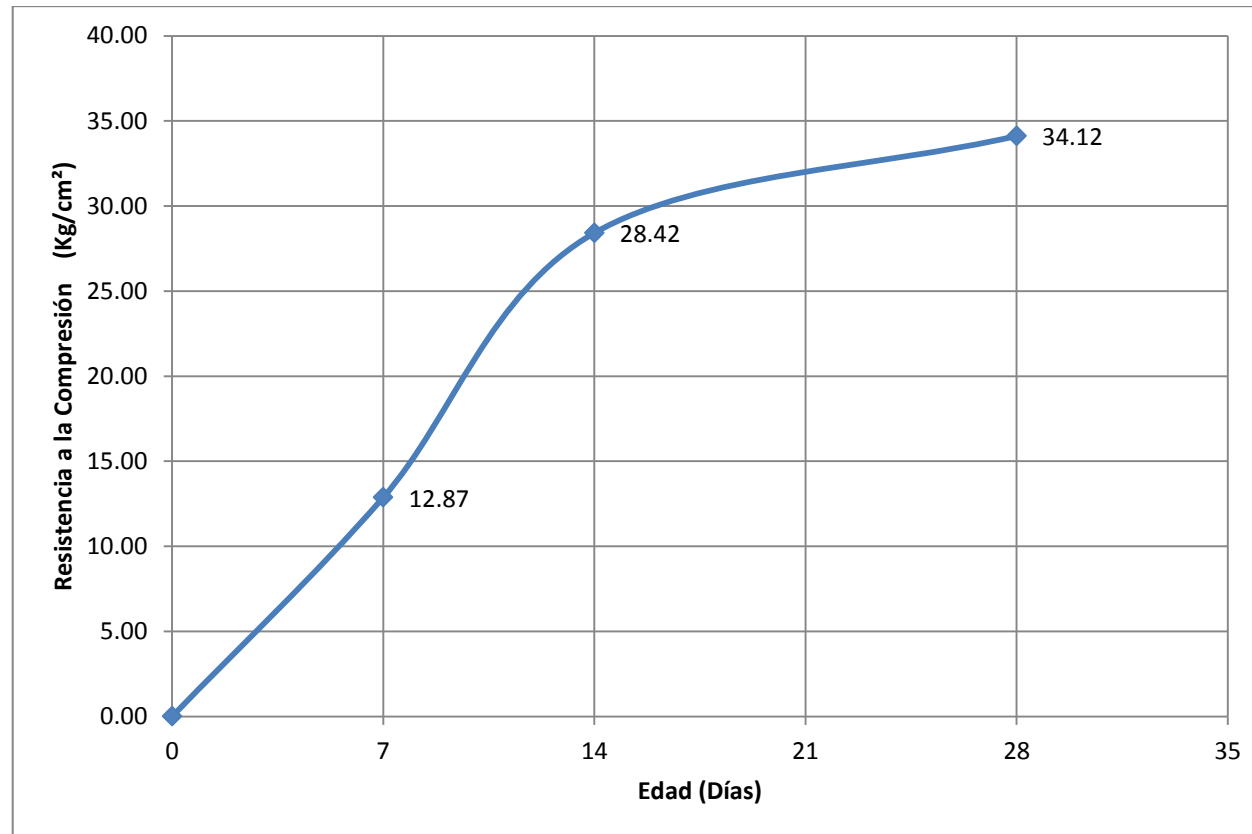
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°21. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



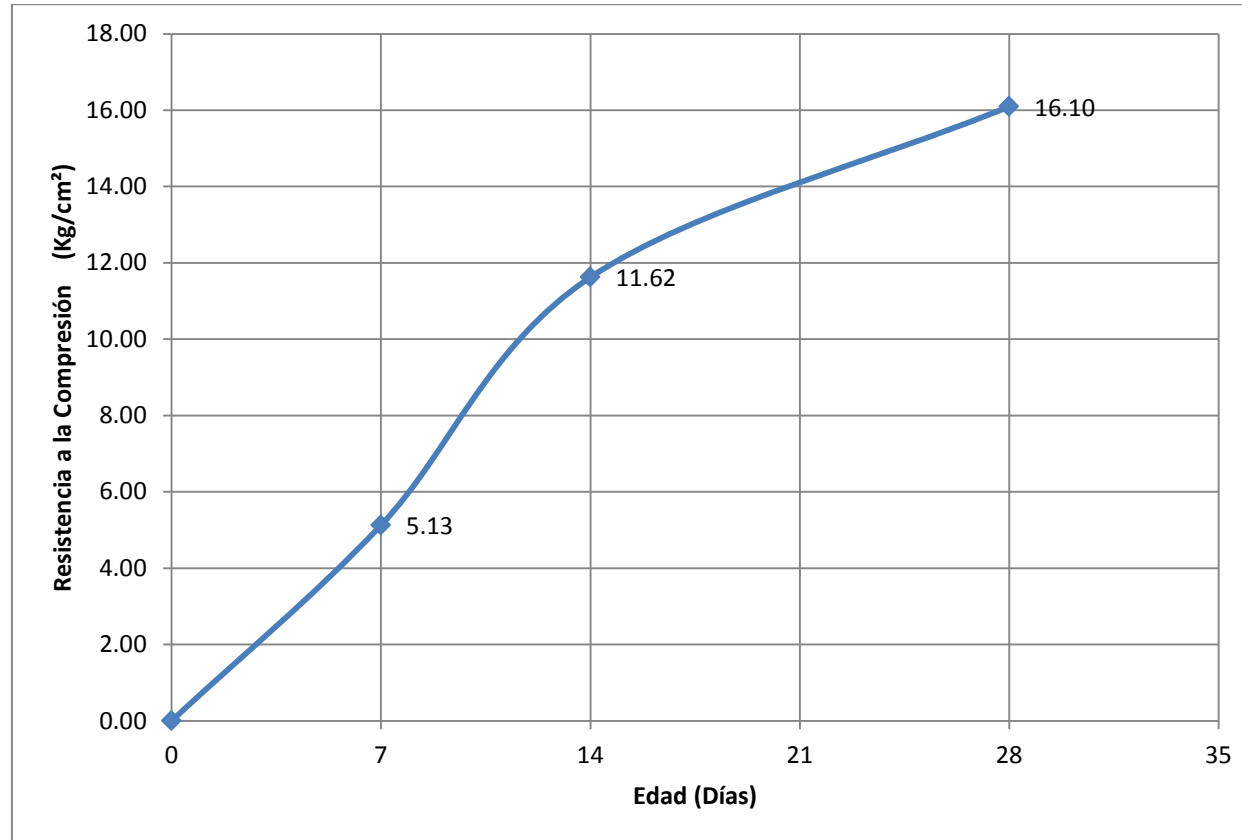
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°22. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



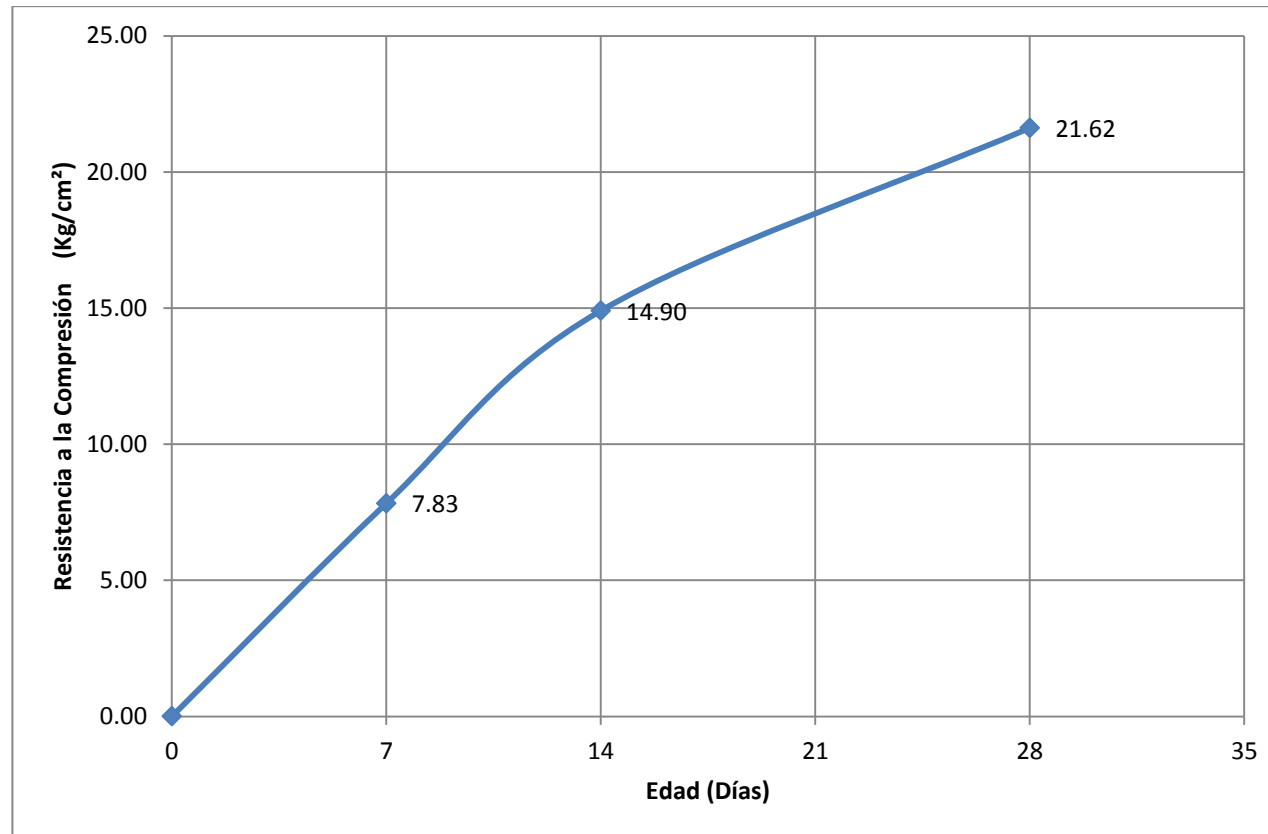
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°23. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



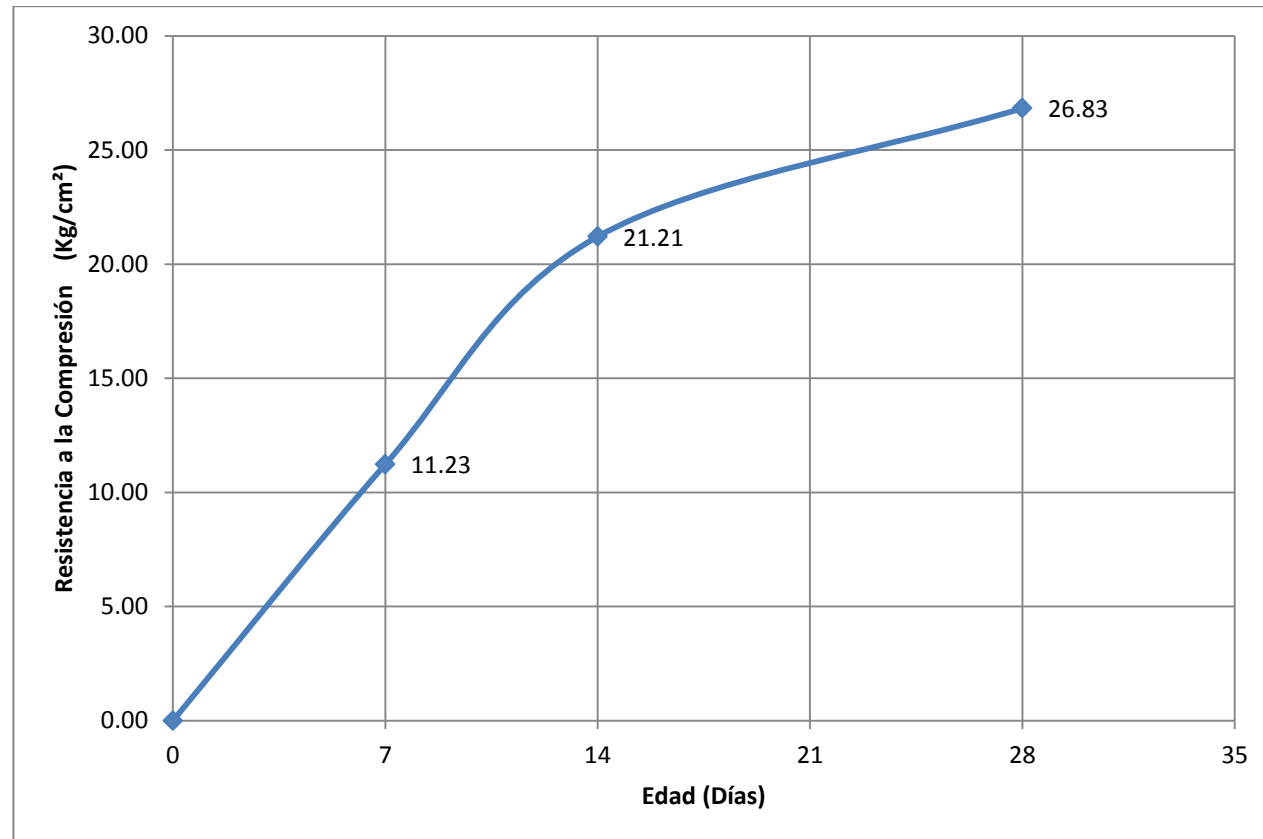
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°24. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



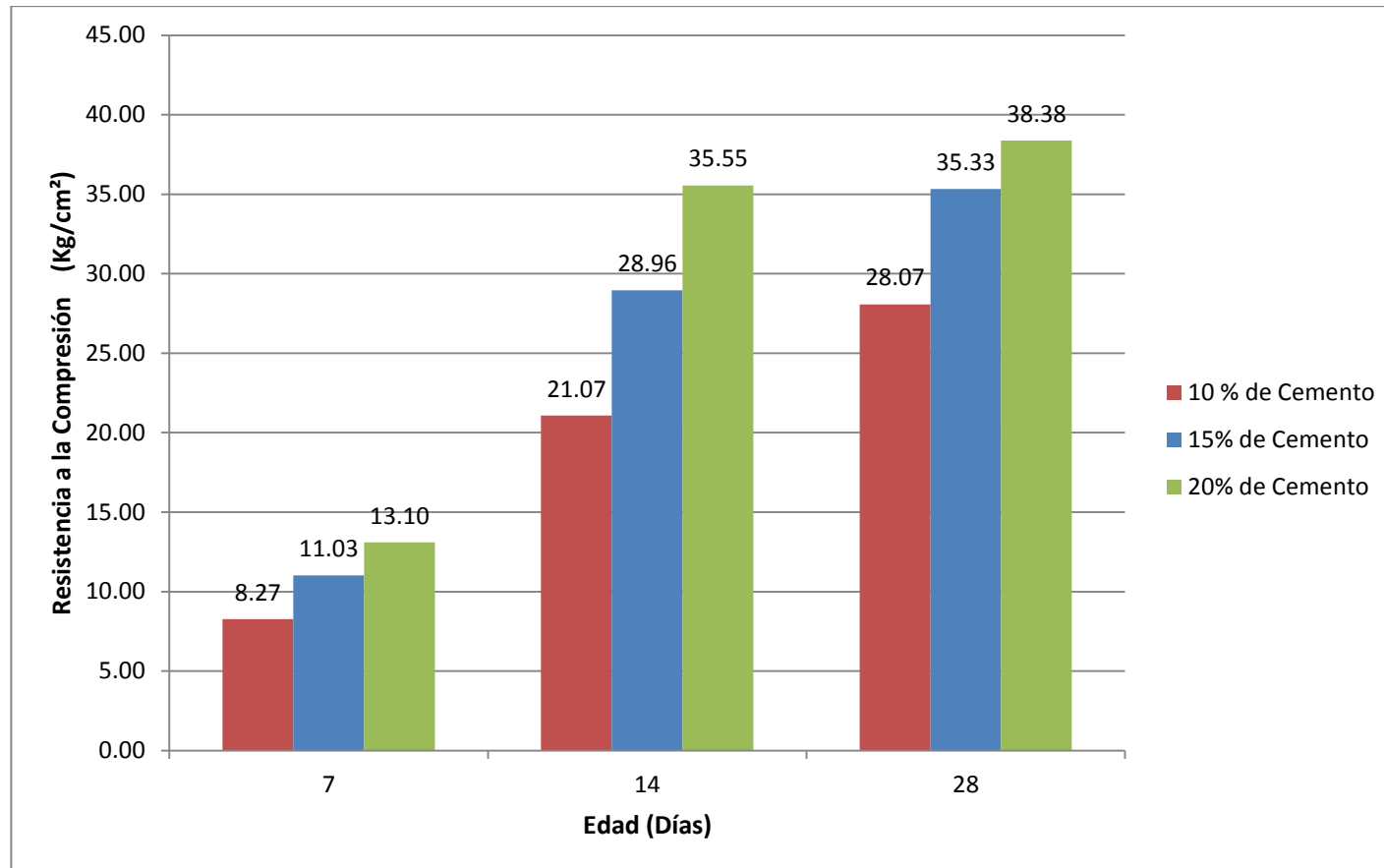
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°25. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad de Ladrillo.



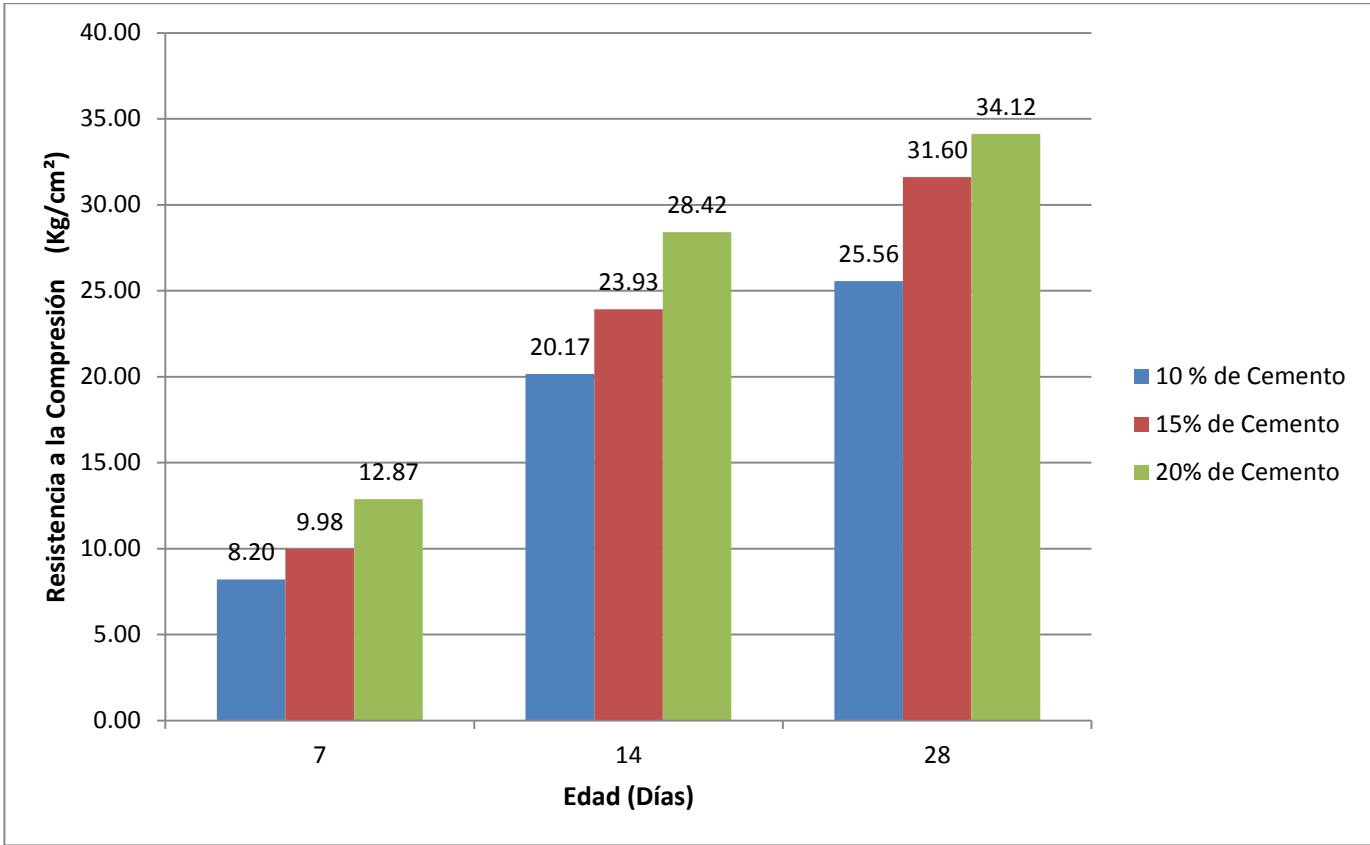
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°26. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.



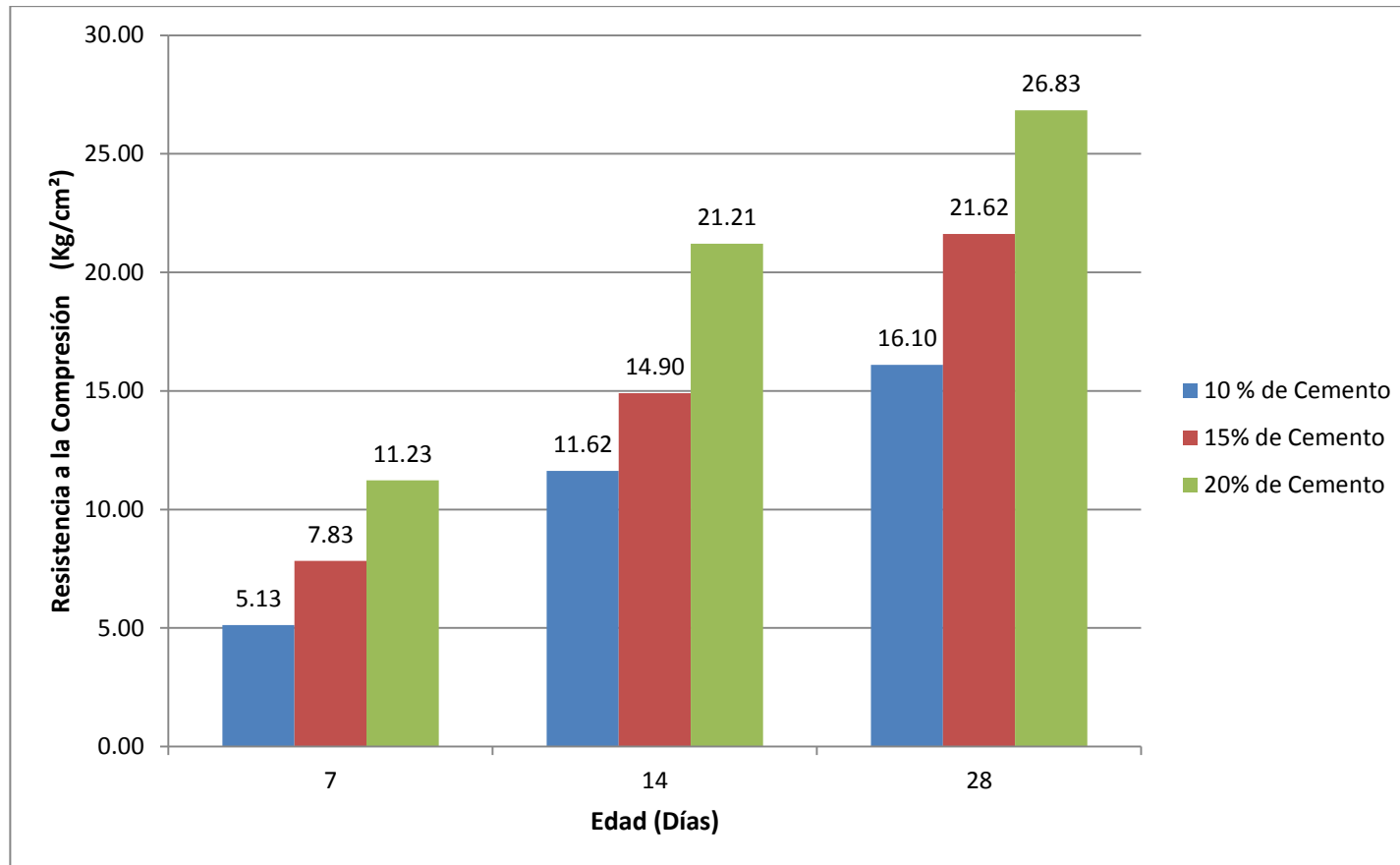
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°27. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.



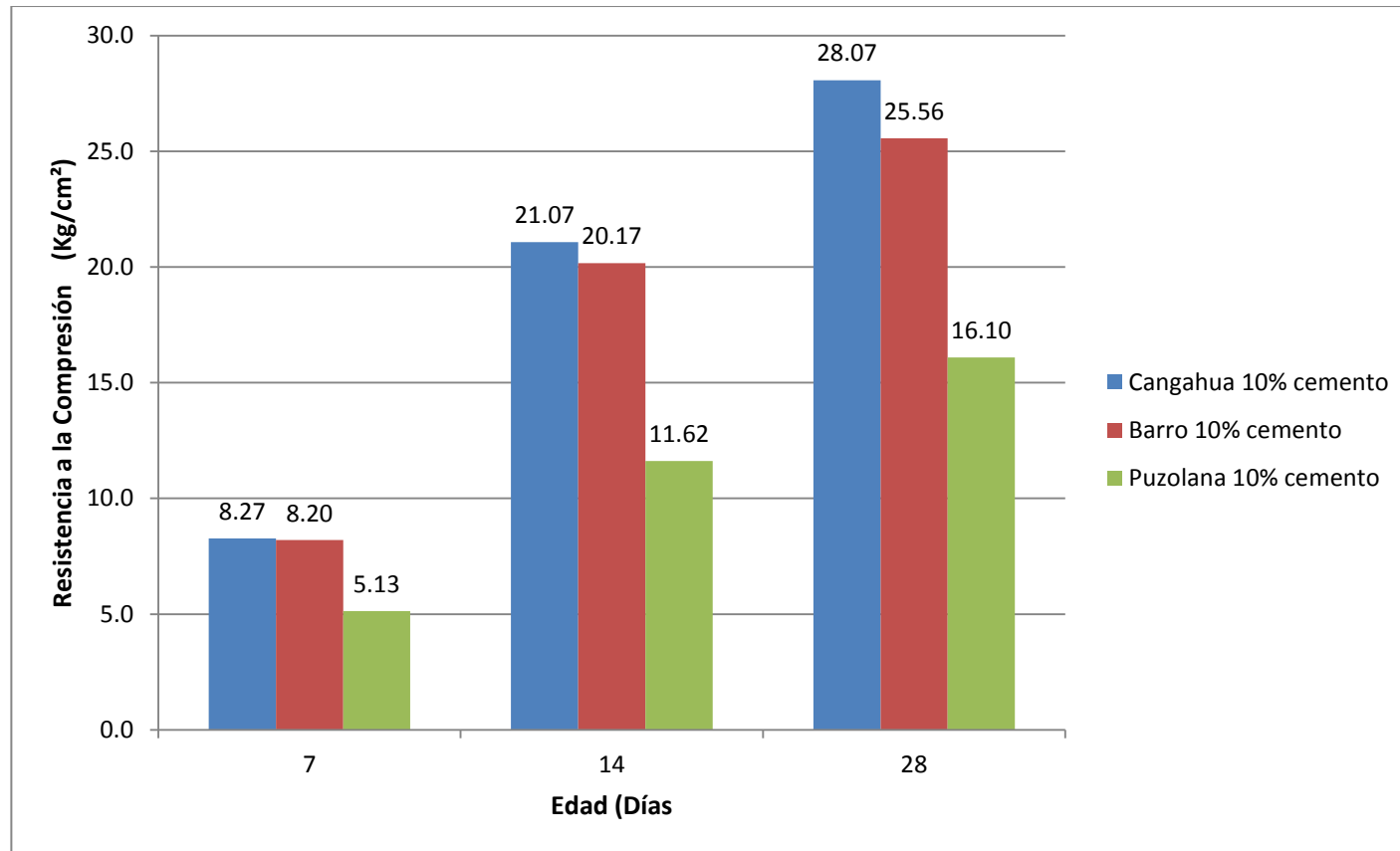
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°28. Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento vs. Edad del Ladrillo.



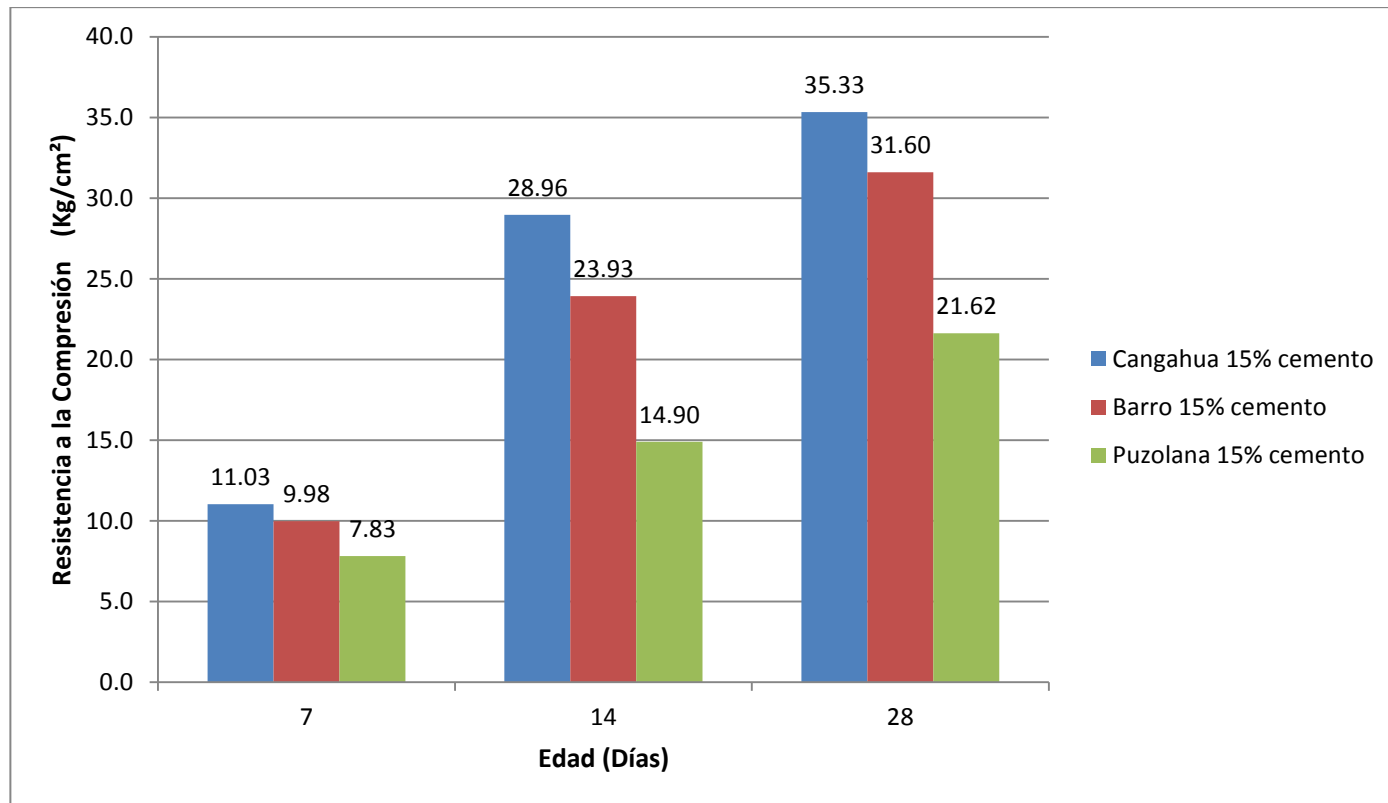
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°29. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 10% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.



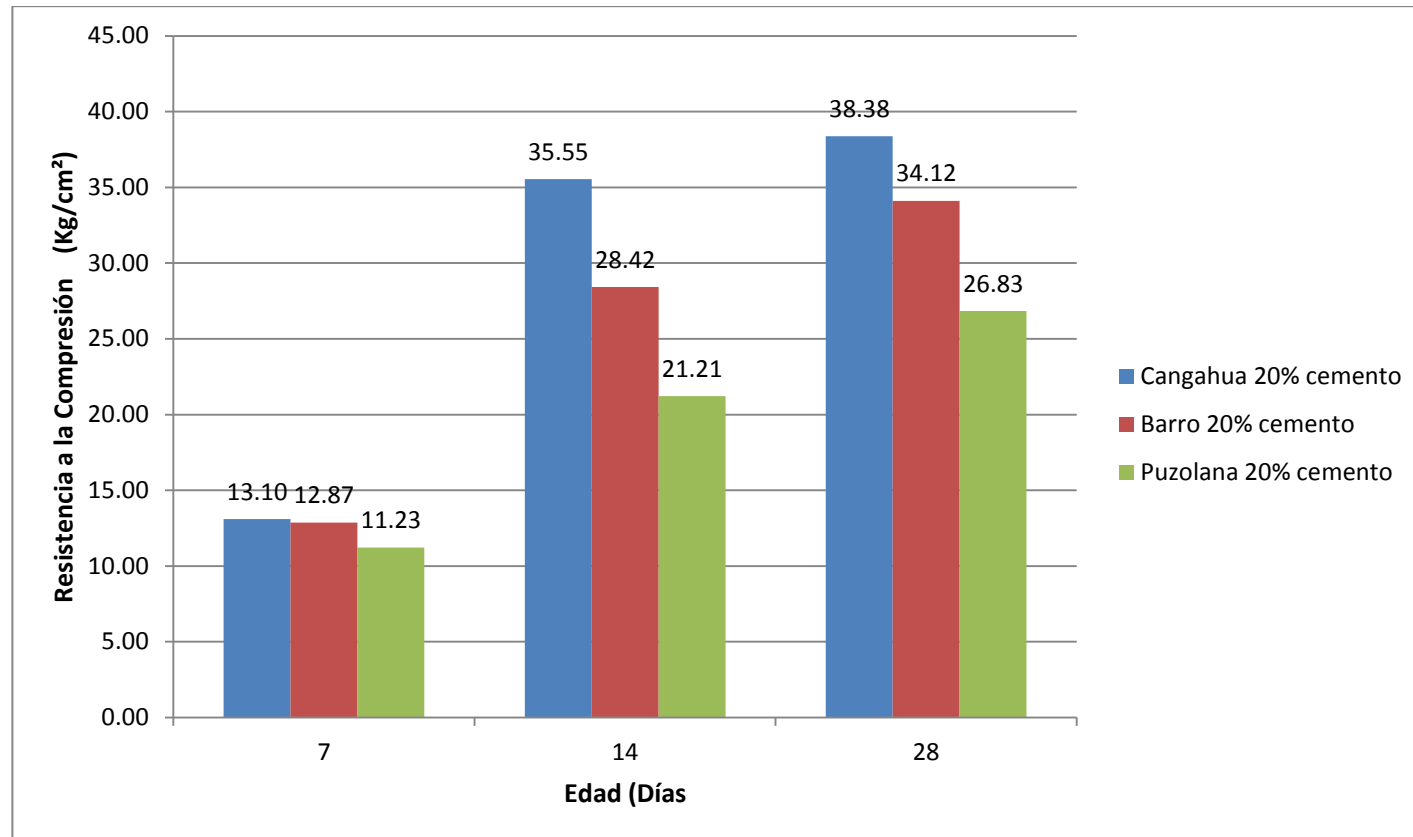
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°30. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 15% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.



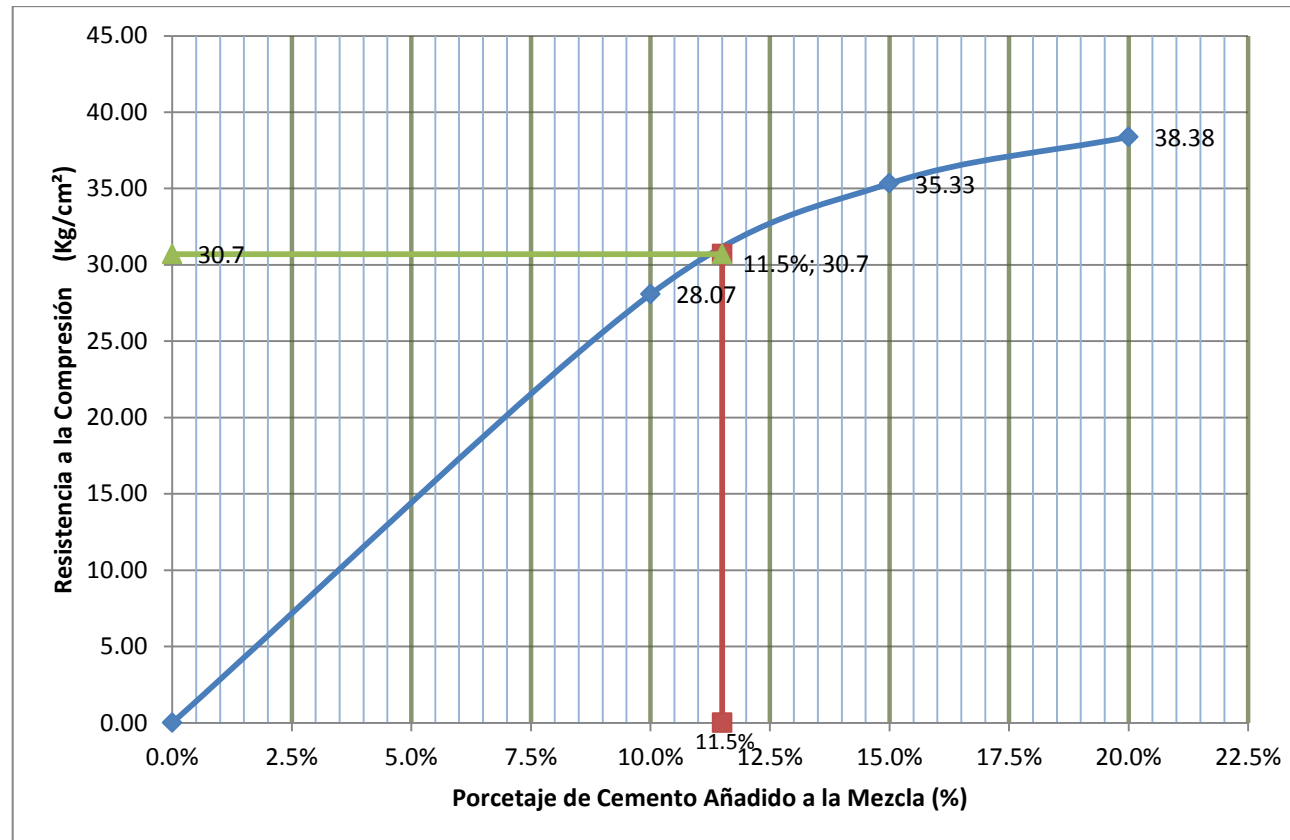
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°31. Comparación de la Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua, Barro y Puzolana con el 20% de Cemento Adicionado vs. Edad del Ladrillo.



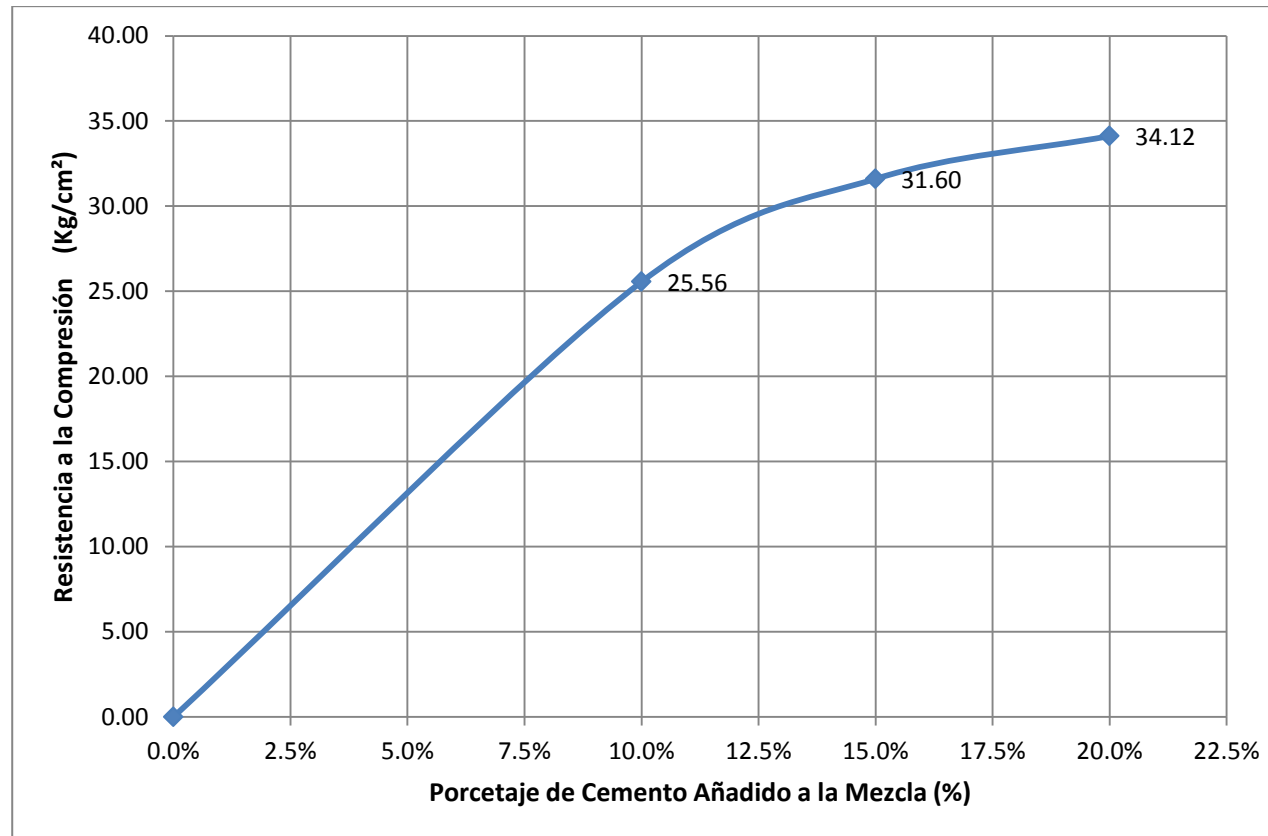
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°32. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.



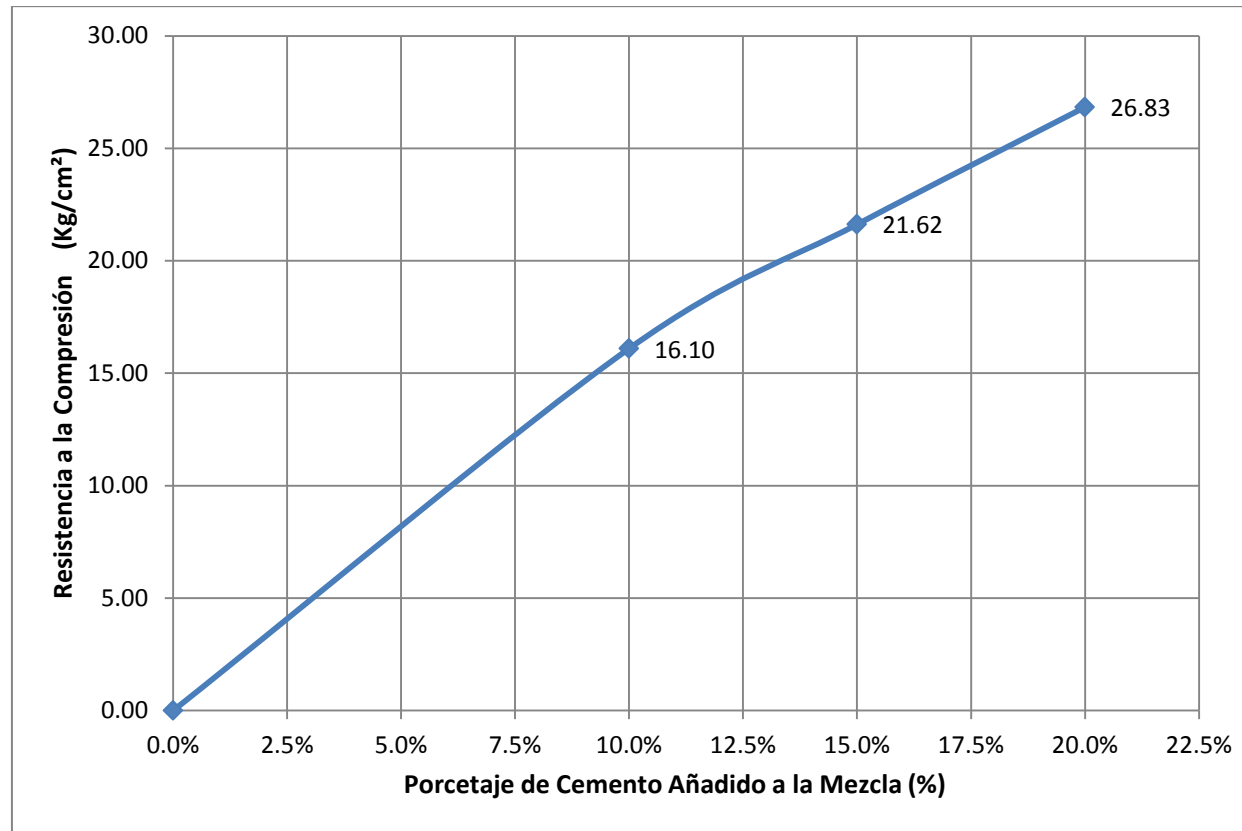
Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°33. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Barro con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.



Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

Gráfico N°34. Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Puzolana con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla.



Fuente: Víctor Gerson Chimbo Andy

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Análisis Granulométrico del material de mezcla.

Del estudio granulométrico del material de la Mina de Latacunga en la parroquia Eloy Alfaro sector La Calera (Cangahua) se llegó a determinar que corresponde a una arena arcillosa SC, según la clasificación SUCS.

Del estudio granulométrico del material de la Mina Palopo (Barro) se llegó a determinar que corresponde a una arena arcillosa SC, según la clasificación SUCS.

Del estudio granulométrico del material de la Mina de Latacunga sector Salache (Puzolana) se llegó a determinar que corresponde a una arena limosa SM, según la clasificación SUCS.

4.2.2 Límites de Plasticidad del material de mezcla.

En vista que ya se conoce la clasificación SUCS de los materiales, se realiza este ensayo para determinar la plasticidad de cada una de ellos.

Se determinó que el Índice de Plasticidad de la Cangahua es de 8.59%, por lo que se considera un material ligeramente plástico. (ver Tabla N°8)

Se determinó que el Índice de Plasticidad del Barro es de 10.57%, por lo que se considera como barro primario por ser un material menos plástico. (ver Tabla N°8)

Se determinó que la Puzolana no tiene límite de plasticidad y por ende límite líquido, por lo que se considera que es puzolana natural de origen mineral.

4.2.3 Ensayo de Compresión de las Muestras de Ladrillos.

Las muestras de ladrillos prensados interconectables elaboradas con Cangahua y Barro con porcentaje de cemento añadido de 15% y 20% y ensayadas a compresión a los 28 días de edad alcanzaron las resistencias mínima de 3MPa (30Kg/cm²) requeridas en este estudio, cabe mencionar que las muestra de ladrillos elaborados de cangahua con 20% de cemento ya cumple con la resistencia mínima requerida a los 14 días de edad, en el caso de la puzolana, no cumple la resistencia requerida con ninguno de los porcentajes añadidos de cemento.

4.2.4 Comparación de la Resistencia a Compresión de un Ladrillo Tradicional.

Al realizar este análisis se demuestra que la resistencia obtenida de los ladrillos prensados interconectables elaborados con cangahua, barro y puzolana con el 15% de cemento añadido, sobrepasan a la resistencia mínima que debería tener un ladrillo artesanal o tradicional, conociendo que la resistencia mínima a compresión del ladrillo artesanal es de 2MPa (20 Kg/cm²).

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

El análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos ejecutados permite dar veracidad a la hipótesis planteada, comprobando que el ladrillo prensado interconectable elaborado de material del suelo con adiciones de cemento cumple con la resistencia a la compresión normativa de 3MPa (30 Kg/cm²) para ser empleada como muros de mampostería confinada, además de superar también el mínimo de 2MPa (20Kg/cm²) para los ladrillos artesanales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Al realizar el respectivo análisis granulométrico de los diferentes materiales de suelo ya sea la Canguahua, Barro y Puzolana se evidenció que en los tres casos se tratan de suelos granulares, debido que más del 50% del material es retenido en el tamiz N°200.
- ✓ Se determina mediante ensayo de Límites Atterberg que la Cangahua y el Barro son ligeramente plásticos con un 8.59% y 10.57% respectivamente, mientras que se comprobó que la Puzolana no es plástico por ser un material arenoso.
- ✓ La determinación del peso específico del Ladrillo Prensado Interconectable elaborado de Canguahua y Barro en estado endurecido y con los distintos contenidos de cemento no mostró variaciones importantes, todos los valores se encuentran dentro del rango de 1000 a 1500 kg/m³, cabe destacar que estos valores disminuyen en ciertas unidades de los ladrillos elaborados de Puzolana-Cemento y se encuentran dentro del rango de 900 a 1000 kg/m³ cuando están totalmente secas.
- ✓ Se evidencian tras los análisis de los resultados de los ensayos a compresión, que el porcentaje óptimo de cemento añadido a la mezcla para elaborar ladrillo prensado interconectable ya sea con Barro o Cangahua es del 15%, siendo este el que permite alcanzar una resistencia a compresión de 35.33 Kg/cm² superando la resistencia a compresión de 30 Kg/cm² requerida según NEC. Según la tabla N° 15 se indica que 750gr de cemento corresponde al 15% de 5250gr de material.

- ✓ Se determinó que la máxima resistencia a compresión obtenida de ladrillos prensados interconectables elaborados de Puzolana con el 20% de cemento añadido ensayados a los 28 días de edad es de 26.83 Kg/cm^2 la misma que no cumple con la resistencia mínima para muros de mampostería según NEC, pero si cumple para mampostería de ladrillo artesanal y que corresponde a una mezcla de 1000gr de cemento añadido que equivalente al 20% de 5000gr de Puzolana.
- ✓ Se observó que días después de haber realizado el curado las muestras de ladrillos realizadas con Puzolana tenían un aspecto físico blanquecino en la superficie que podría deberse a la reacción química con el agua, además, se apreció que el material del ladrillo tenía pequeñas disgregaciones que podrían afectar en su resistencia a compresión.
- ✓ Se determinó que la cantidad de agua requerida para tener una humedad óptima en la mezcla para realizar tres ladrillos prensados interconectables con un porcentaje de 15% de cemento añadido es de aproximadamente 1900 ml y 2300 ml para ladrillos de Cangahua y Barro respectivamente que corresponde a una relación agua/cemento de $W= 0.84$
- ✓ Se concluye que el elaborar ladrillos prensados interconectables es una posibilidad viable estructuralmente debido a que la forma hueca de la unidad permite construir columnas embutidas que permite distribuir mejor la carga de pared.
- ✓ Se demostró que la fabricación de ladrillos prensados interconectables contribuye al medio ambiente ya que al no ser quemados en hornos de leña disminuye la contaminación ambiental y la deforestación.
- ✓ Se constató que la resistencia a la compresión se incrementa dependiendo de la edad del ladrillo pero fue más notable en las unidades fabricadas con Cangahua y barro que alcanzaron la resistencia requerida de 35.33 Kg/cm^2 y 31.60 Kg/cm^2 con el 15% de cemento añadido.

- ✓ Se concluye que la dosificación al peso con la cual cumple la resistencia requerida según la norma tanto para el material de Cangahua como para el Barro es la siguiente.

W	C	MATERIAL
0,84	1	7

- ✓ Se concluye que la densidad de los ladrillos es dependiente del peso, es decir, que la densidad de los ladrillos ensayados a los 14 y 28 días de edad será menor que los de 7 días, debido a que estas últimas son ensayadas previo a la curación y están más húmedas por ende más pesadas.
- ✓ De acuerdo al análisis del Gráfico N° 31 de la Curva de Resistencia a la Compresión de Ladrillos Prensados Interconectables Elaborados de Cangahua con Adiciones de Cemento a los 28 Días de Edad vs. Porcentaje de Cemento Añadido a la Mezcla se puede lograr obtener la resistencia a compresión requerida según la normativa con el 11.5% de cemento añadido a la mezcla que correspondería 575gr de cemento y 5175gr de material es decir una dosificación al peso de:

W	C	MATERIAL
0.84	1	9

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Curar adecuadamente las muestras de ladrillos a una temperatura entre los 10°C y los 30°C, para favorecer el desarrollo de las propiedades mecánicas.

- ✓ El estudio ejecutado analiza la resistencia a compresión del ladrillo al adicionar cemento hasta en un 20%, es recomendable continuar con estudios en el tema con el motivo de conocer la influencia que pueda tener en la resistencia al usar otro tipo de conglomerantes como la cal, yeso, etc, y en distintos porcentajes.

- ✓ Para el caso de ladrillos elaborados con Puzolana emplear algún aditivo para evitar disgregaciones y de esta forma evitar su posible pérdida de resistencia durante el ensayo de compresión.

- ✓ La incorporación de un material proveniente de reciclaje (por ejemplo el vidrio molido) favorecería a la disminución en la explotación de materias no renovables y posibles mejoras en la resistencia a la compresión de los ladrillos.

- ✓ No se recomienda el uso de la Puzolana sin un estudio más profundo de la reacción química al contacto con el agua para verificar que la durabilidad del material no se vea afectada.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Mosquera y W. Medina. “Estudio Experimental de Muros de Mampostería de Bloques y Ladrillos a Carga Estática de Corte Diagonal Reforzados Interna y Externamente”. Tesis de Titulo, Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 1995.
- [2] B. Piedra. “Estudio para Analizar el ladrillo Suelo-Cemento o Ecológico en Cuenca”. Tesis de Titulo, Ingeniero Civil con Énfasis en Construcción, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Azuay, Cuenca, Ecuador, 2014. Disponible:<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3638/1/10318.pdf>[Ago. 08, 2016].
- [3] J. Rojas y R. Vidal. “Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados”. Tesis de Titulo, Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2014. Disponibles: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5618/ROJAS_JAVIER_COMPORTEAMIENTO_SISMICO_DOS_PISOS_LADRILLOS_EC OLOGICOS_PRENSADOS.pdf?sequence=1[Ago. 09,2016].
- [4] C. Acosta. “Durabilidad de Ladrillos Prensados de Suelo-Cemento”. Internet: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/84729/1/23-10-2013-dos.pdf>, Jun. 08, 2000 [Ago. 08, 2016].

- [5] M. Cabo. “Ladrillo Ecológico como Material Sostenible para la Construcción”. Tesis de título, Ingeniero Técnico Agrícola en Explotaciones Agropecuarias, Universidad Pública de Navarra, Ekaina, Navarra, 2011. Disponible: <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>[Jun. 16, 2016].
- [6] Y. Trujillo. “La producción de ladrillos aumentó en la zonas del terremoto en Manabí”. Internet: <http://www.elcomercio.com/actualidad/ladrillos-terremoto-ecuador-negocios-economia.html> [Jun. 16, 2016].
- [7] “Ladrillos ecológicos, una alternativa que facilita la reducción de costos en la edificación de una vivienda”. Internet: http://www.lagaceta.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=38280:ladrillos-ecologicos-una-alternativa-que-facilita-la-reduccion-de-costos-en-la-edificacion-de-una-vivienda&catid=68:Latacunga&Itemid=104&lang=es, Dic 14, 2015 [Jun. 16, 2016].
- [8] L. Jiménez. “Técnicas de la Construcción con Ladrillos”. Internet: <https://books.google.com.ec/books?id=7Bj5HBwry8AC&pg=PA18&dq=tipos+de+ladrillos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj1u-HOqNjOAhXB1h4KHeX6^fcQ6AEIJDAC#v=onepage&q=tipos%20de%20ladrillos&f=false>, Ene. 01, 2007 [Ago. 14, 2016].
- [8'] “Ladrillos Eco modulares”. Internet: <http://ladrillosecomodulares.com/paginas/faq/ladrilloseco.html> [Ago. 24, 2016].

- [9] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_MP 2015 (mampostería estructural) p. 9,10. Disponible: <http://www.cicp-ec.com/index.php/leyes-y-normativas/norma-ecuatoriana-de-la-construccion>.
- [10] S. Medina. Ensayo de Materiales II. Ambato, Ecuador, 2013, p. 3, 8.
- [11] Jack C. MacCormac. Diseño de Concreto Reforzado, 5ta ed. México, D. F.:Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., Abril 2005, p. 9.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). “Cemento Portland.Requisitos.” Ecuador. NTE INEN 152, Sep. 2012.
- [13] S. Medina. Ensayo de Materiales II. Ambato, Ecuador, 2013, p. 11, 12.
- [14] Hall, Minard y Mothes, Patricia. “El origen y edad de la cangahua superior, valle de Tumbaco (Ecuador)”. Internet: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cancagua>, Ene. 28, 2016 [Ago. 23, 2016].
- [15] A. Gaybor y M. Guano. “Resistencia de la Cangahua en Función de su Composición Mineralógica en Dos Sectores de Quito: Sur y Norte”. Tesis Titulo, Ingeniero Civil, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2012.
- [16] Custodeet *al.* “La Cangahua en el Ecuador”: Caracterización Morfo-Edafológica y Comportamiento Frente a la Erosión”. Internet: <http://horizon>.

documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/38575.pdf[Ago. 23, 2016].

[17] T. Barnhar. “Identificación del Suelo de Barro, Arena y Limo”. Internet: http://www.ehowenespanol.com/identificacion-del-suelo-barro-arena-limo-info_192964/, [Ago. 24, 2016].

[18] “El Barro”. Internet: http://www.salohogar.com/est_soc/mundo/cerámica/elbarro.htm [Ago. 24, 2016].

[19] “Las Arenas Puzolanas Naturales”. Internet: <http://www.quiminet.com/articulos/las-arenas-puzolanas-naturales-33026.htm>, Dic. 03, 2008 [Ago. 24, 2016].

[20] A. Salazar. “¿Que es una Puzolana?”. Internet: <http://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>, [Ago. 24, 2016].

[21] A. Suarez y M. Urgiles. “Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana”. Tesis Titulo, Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería civil, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2010. Internet: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/715/1/ti844.pdf>

[22] J. Gonzáles, Geotecnia. Granada – España, 2011.

[23] W. Lambe y R. Whitman, Mecánica de suelos. Limusa, México, 1997.

[24] L. Pérez. Mecánica de Suelos I. Ambato, Ecuador, 2013, p. 29.

[25] L. Pérez. Mecánica de Suelos I. Ambato, Ecuador, 2013, p. 45-47.

[26] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_VIVIENDA 2015 (mampostería estructural) p.64. Disponible: <http://www.cicp-ec.com/index.php/leyes-y-normativas/norma-ecuatoriana-de-la-construccion>.

2. ANEXOS

2.1. ANEXOS FOTOGRÁFICOS



Tamizado del Material (tamiz N°4)



Material Tamizado



Equipo para Ensayo de Límite Líquido



Ensayo de Límite Líquido



Muestra de Suelo para Contenido de Humedad de Límite Líquido.



Muestra de Suelo para Contenido de Humedad de Límite Plástico



Puzolana – no hay Limite Plástico



Secado de las Muestras en el Horno



Pesaje de material para Ensayo Granulométrico.



Ensayo de Granulometría de los Materiales de Mezcla



Abastecimiento de Material de Mezcla



Tamizado de Material de Mezcla



Suelo Pesado y Listo para la Mezcla de Tres Ladrillos



Mezcla Lista para Llevar a la maquina Presadora.



Maquina Presador de aproximadamente 7 Toneladas.



Fabricación de Ladrillos en la Maquina Presadora.



Almacenaje de Ladrillos



Curado de Ladrillos



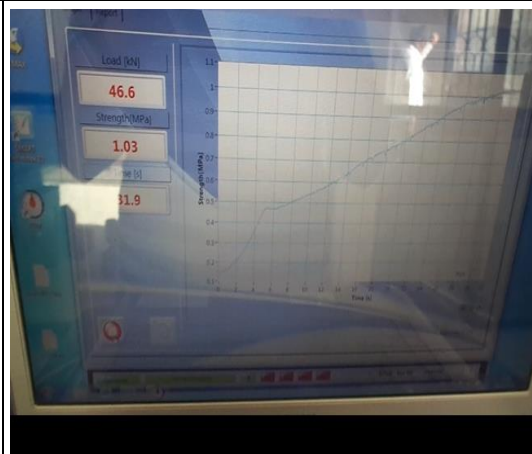
Pesaje de Ladrillos antes del Ensayo



Ensayo de Resistencia a la Compresion



Ensayo de la Resistencia a la Compresión del Ladrillo



Pantalla donde se reflejan los resultados del Ensayo



Medición de las Dimensiones del Ladrillo



Medición de las Dimensiones del Ladrillo