

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bachiller: Antonio Martín Tejada Arias

ASESOR:

Mag. Ing° Héctor Albarino Pérez Loayza

Cajamarca – Perú

2013

DEDICATORIA

Con mucha gratitud y cariño:

A mi padre, Toribio, y a mi madre, María, quienes me brindaron su apoyo en todo momento; porque me enseñaron la perseverancia, la constancia, el hábito por el estudio y por darme una carrera para mi futuro.

A mis hermanos Luis Matías, Luis Antonio (Q. D. D. G) y Cristian Luis Antonio, con quienes nos apoyamos mutuamente para nuestra superación personal y profesional; y por apoyarme para la culminación de estos estudios.

Antonio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca, que gracias a sus aulas y maestros terminé mi carrera profesional.

A mi asesor, Mag. Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza, quien con su experiencia profesional, me apoyó en la consecución del presente trabajo de investigación.

Al Comité de Jurado del presente trabajo por las sugerencias y revisiones realizadas.

A mi tía Zoila Abanto Rojas por el apoyo brindado durante mi vida universitaria.

Así también a mis tíos Jorge Tejada y Norbil Tejada quienes me apoyaron durante el proceso de estudios de mi carrera profesional.

A Kelly Alejandra, por las sugerencias y el apoyo dado durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

A amigos y compañeros de aulas universitarias, con quienes compartimos el proceso de aprendizaje de nuestra carrera profesional, especialmente: Arturo, John, Johnny.

A todas las personas, quienes colaboraron con sugerencias, información o trabajo de campo para el presente estudio.

Antonio

ÍNDICE

Título:

“Elaboración de un ladrillo alternativo sin cocción en Cajamarca”

	Páginas
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE IMAGENES	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Planteamiento del problema	2
1.1.3. Formulación del problema	3
1.2. Justificación de la investigación	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis de investigación	5
1.4.1. Hipótesis general	5
1.4.2. Hipótesis específicas	6
1.5. Delimitaciones y limitaciones de la investigación	6
1.5.1. Delimitaciones	6
1.5.2. Limitaciones	6
1.6. Tipos de investigación	7
1.7. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	7
1.8. Técnicas de procesamiento y análisis de información	8
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	9
2.1. Proceso de producción de ladrillo industrial y artesanal	9
2.2. Ladrillos de suelo-cemento	12
2.2.1. Componentes del ladrillo suelo-cemento	13
2.2.2. Proceso de producción	15
2.3. La unidad de albañilería	17
2.3.1. Características generales	17
2.3.2. Clasificación por fines estructurales	18
2.3.3. Pruebas	19
2.3.4. Aceptación de la unidad	24

2.4. Los prismas de albañilería, según la Norma Técnica E-070 Albañilería	25
2.4.1. Especificaciones generales	25
2.5. Tecnología del mortero y clasificación	27
2.6. Comentario a la Norma E-070 Albañilería capítulo 5: Resistencia de Prismas de Albañilería	29
2.7. Impactos ambientales ocasionados por la fabricación de ladrillos	32
2.8. Suelos Estabilizados con cemento	34
2.8.1. Efectos de la incorporación del cemento	34
2.8.2. Mejora por modificación inmediata	34
2.8.3. Efectos a medio y largo plazo	34
2.9. Otros estudios relacionados con la investigación	36
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS	37
3.1. Zona de estudio de suelos y de la fabricación del ladrillo artesanal	37
3.2. Equipos, herramientas, materiales, insumos	37
3.2.1. Equipos	37
3.2.2. Herramientas	37
3.2.3. Materiales	37
3.2.4. Insumos	38
3.3. Fase de campo	38
3.3.1. Reconocimiento de la zona de extracción del suelo	38
3.3.2. Transporte de suelo	39
3.3.3. Trituración y tamizado	39
3.3.4. Elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción	39
3.3.5. Almacenamiento	44
3.3.6. Curado	45
3.4. Fase de laboratorio y taller	45
3.4.1. Análisis del suelo	45
3.4.2. Diseño y construcción de la máquina de compresión para la elaboración de prototipos del ladrillo alternativo sin cocción.	47
3.4.3. Ensayo de las unidades de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción y del ladrillo artesanal.	49
3.4.4. Elaboración de prismas: pilas y muretes	51
3.4.4.1. Mortero utilizado en la elaboración de prismas	52
3.4.5. Ensayo de prismas: pilas y muretes	53
3.5. Fase de gabinete	54
3.6. Evaluaciones realizadas	54
3.6.1. Análisis suelo	54
3.6.2. Dimensionamiento de los prototipos	54
3.6.3. Propiedades de la mezcla húmeda de suelo-cemento	55
3.6.4. Propiedades de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal.	56
3.6.5. Propiedades de los prismas: pilas y muretes	59
3.6.6. Información sobre la elaboración de los ladrillos artesanales	59

entre los prototipos de la Etapa III, ensayados estado natural ¹ y estado seco en estufa	
Tabla 4.17. Comparación de la Resistencia Característica a la Compresión y Condición del ladrillo artesanal, y los prototipos ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.	78
Tabla 4.18. Clasificación del ladrillo artesanal y los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento de acuerdo al ítem 3.1.2 de la Norma E-070	81
Tabla 4.19. Clasificación de los prototipos de la Etapa III, ensayados estado natural ¹ y estado seco en estufa de acuerdo al ítem 3.1.2 de la Norma E-070	83
Tabla 4.20. Comparación de la clasificación del ladrillo artesanal y de los prototipos	83
Tabla 4.21. Proporciones del mortero en volumen y peso.	85
Tabla 4.22. Resultados de la Resistencia a Compresión Axial (f'm)	87
Tabla 4.23. Resultados de la Resistencia a Compresión Diagonal (v'm)	91
Tabla 4.24. Costo unitario de producción del ladrillo artesanal	94
Tabla 4.25. Cantidad de unidades que se podrían producir con una bolsa de cemento dependiendo del tipo de prototipo	95
Tabla 4.26. Costo unitario de producción de los prototipos	96
Tabla 4.27. Ventajas y desventajas del ladrillo sin cocción de suelo-cemento.	98
Tabla 4.28. Ventajas y desventajas del ladrillo artesanal.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Actividades del proceso de fabricación y comercialización del ladrillo artesanal de Cajamarca.	10
Figura 2.2. Calculo de la variación dimensional de la unidad de albañilería.	21
Figura 2.3. Ensayo de Resistencia a Tracción por Flexión de la unidad de albañilería.	23
Figura 2.4. Ensayo de tracción diagonal o resistencia a corte puro v'm.	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Efectos del Material Particulado (PTS)	33
Cuadro 2.2. Efectos del Dióxido de Azufre (SO ₂)	33
Cuadro 2.3. Efectos del Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	33
Cuadro 3.1. Ensayos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo cemento y los prototipos del ladrillo artesanal	56

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 3.1. Trituración y tamizado del suelo para los prototipos	40
Imagen 3.2. Preparación de la mezcla húmeda de suelo –cemento.	42
Imagen 3.3. Elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción en la máquina de compresión	43
Imagen 3.4. Almacenamiento de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción	44
Imagen 3.5. Maqueta de madera de la máquina de compresión para la elaboración de prototipos	48
Imagen 3.6. Elaboración de la máquina de compresión para los prototipos en el taller de soldadura.	49
Imagen 3.7. Elaboración de los muretes en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la UNC	52
Imagen 4.1. Prototipo del ladrillo alternativo sin cocción	64
Imagen 4.2. Ensayo de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción en la maquina: Prensa de Compresión del laboratorio de Materiales	79
Imagen 4.3. Pilas de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción	86
Imagen 4.4. Ensayo de las pilas de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción	89
Imagen 4.5. Muretes de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción y del ladrillo artesanal	90
Imagen 4.6. Falla de uno de los muretes del los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de los ensayos realizados	105
Anexo 2. Representación fotográfica	166
Anexo 3. Planos	180

RESUMEN

TEJADA ARIAS, Antonio Martín (2013). **“Elaboración de un ladrillo alternativo sin cocción en Cajamarca”**. Tesis de Pregrado. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cajamarca.

Estudio realizado en Cajamarca Perú, con el objetivo de elaborar un ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento con la finalidad de contribuir a la protección del medio ambiente; obteniendo un material que pueda ser utilizado para las edificaciones, cumpliendo con las especificaciones físico-mecánicas mínimas exigidas en la Norma Técnica E-070 Albañilería; ya que en la producción del ladrillo artesanal que se comercializa en la ciudad de Cajamarca, se usan diferentes cantidades y tipos de combustible; lo cual, es un grave problema al generar degradación y contaminación ambiental.

Se ha empleado suelo, que clasifica como “Suelo de Arena Arcillosa”, (SC, según SUCS), de una de las canteras del caserío de Shultín del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara; localidad representativa de la producción artesanal de ladrillo. Con él se elaboró la mezcla de suelo-cemento para la fabricación de las unidades de cinco prototipos que fueron evaluados en comparación al ladrillo artesanal producido bajo cocción. Los prototipos se elaboraron en tres etapas y se diferenciaron por la proporción suelo y cemento; siendo las proporciones de cemento 5, 10, 15, 20 y 25% en volumen.

Para determinar las propiedades de los prototipos y del ladrillo artesanal, sus unidades se evaluaron en forma individual y de prismas. Evaluando en forma individual: (a) Peso, (b) Densidad, (c) Absorción, (d) Succión, (e) Alabeo, (f) Variación Dimensional, (g) Resistencia Característica a la Compresión; y en forma de prismas: (a) Resistencia a la Compresión Axial y (b) Resistencia a la Compresión Diagonal. De otro lado, se ha realizado una comparación entre el proceso de elaboración del ladrillo de suelo-cemento sin cocción y el proceso tradicional que de fabricación del ladrillo artesanal, estimando variables relacionadas a la conservación del medio ambiente y costos de producción.

Se determinó que los prototipos de ladrillo suelo-cemento con 10, 15, 20 y 25% de cemento y 90, 85, 80 y 75% de suelo en volumen, respectivamente, cumplen con las especificaciones físico-mecánicas mínimas exigidas en la Norma Técnica E-070 Albañilería, llegando a concluir que los prototipos de 10 y 15% de cemento con un costo de producción de 29/100 nuevos soles (S/. 0.29) y 35/100 nuevos soles (S/. 0.35), respectivamente, son los recomendables para edificaciones; mientras que el costo de producción de ladrillo artesanal fue de 26/100 nuevos soles (S/. 0.26). Sin embargo, cabe resaltar que la fabricación y uso de estos prototipos excluye el proceso de cocción, y por lo tanto la degradación y contaminación ambiental que implica dicha práctica.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Antecedentes

Actualmente, debido al cambio climático, en todas las actividades humanas se promueve la salud ambiental, por lo cual es necesario el uso de productos que ocasionen el menor impacto negativo sobre el medio ambiente. En la construcción civil, este tema se está tratando desde años atrás en otros países como Francia, México, Brasil, España, entre otros; con el fin de obtener y usar productos novedosos y amigables a nuestro medio, situación que también se está impulsando en nuestro país.

Uno de los productos más usados en la construcción de las edificaciones en la ciudad de Cajamarca es el ladrillo artesanal de arcilla. Este ladrillo, se fabrica teniendo como materia prima el suelo de algunos sitios cercanos a la zona urbana y en base a la experiencia de los artesanos, y se comercializa desconociendo sus propiedades físicas y mecánicas. Si bien, el negocio de este ladrillo ha crecido significativamente en los últimos años y contribuye al sostenimiento de muchas familias de Santa Bárbara, El Cerrillo, Huacataz y otros lugares, lo preocupante es su proceso de fabricación; ya que después de su moldeado y secado, es sometido a cocción usando cuantiosas cantidades de diferentes combustibles, principalmente, carbón mineral y leña, pero también otros elementos muy contaminantes como aceite quemado¹, llantas y plásticos, que indudablemente van a generar consecuencias negativas sobre la salud humana y el medio ambiente.

Frente al problema mencionado en el párrafo anterior, no se han realizado investigaciones en la localidad con la finalidad de presentar otras alternativas de fabricación para el ladrillo artesanal de arcilla, que se vende y usa masivamente en Cajamarca, usando otros recursos y, sobre todo, eliminando el proceso de cocción. De otro lado, se conoce que en otros países se están produciendo ladrillos ecológicos que prescinden del proceso de cocción; empleando en su fabricación diversas proporciones de sus componentes como arcilla, cemento, polímeros, y algunos elementos reciclables como: plástico, viruta, cáscara de maní, cascarilla de arroz.

¹ Conocido como 'aceite quemado' de forma coloquial al subproducto del desecho del aceite que se cambia del motor de los vehículos. Es de color negro, aspecto viscoso y muy contaminante.

1.1.2. Planteamiento del problema

Debido al crecimiento poblacional, industrial y económico el ser humano ha ido explotando los recursos naturales renovables y no renovables. Dentro, de los renovables hay algunos cuya regeneración implica un tiempo muy prolongado, como el suelo y los árboles que vienen siendo deteriorados gravemente en los últimos años afectando al medio ambiente de forma irreversible; dando como consecuencia el fenómeno del cambio climático que en el futuro puede profundizarse si no se toman medidas correctivas.

En la ciudad de Cajamarca, en las dos últimas décadas se han producido un incremento poblacional y un crecimiento económico que han llevado a una notable expansión de la zona urbana. En este crecimiento urbano se observa el uso masivo del llamado “material noble” para la construcción de viviendas y otras edificaciones, dejando de lado los materiales tradicionales como el adobe, tapial y barro. Actualmente, las edificaciones de diversas formas estructurales, utilizan para su construcción ladrillos de arcilla, ya sean de origen artesanal² o industrial³.

Tanto el ladrillo artesanal, como industrial que se comercializan en Cajamarca para su fabricación son sometidos a un proceso de cocción utilizando diferentes cantidades y tipos de combustible; lo cual, es un grave problema porque genera degradación y contaminación ambiental. Respecto a la producción del ladrillo artesanal, según la Dirección Regional de Producción Cajamarca – Sub Dirección de Industrias, en los centros poblados de Cerrillo, Huacataz, Otuzco y Santa Bárbara del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca existen 227 ladrilleras artesanales que producen el ladrillo sólido (tipo King Kong) para muros. Estas pequeñas fábricas, para la cocción del ladrillo usan un horno tipo Escocés con techo abierto a la atmósfera que pierde energía calorífica al ambiente durante el proceso de quemado; lo cual, implica un uso excesivo de combustible respecto a lo necesario para hacer dicho proceso. Se estima que cada fábrica artesanal produce trimestralmente 20 millares de ladrillos, haciendo 1 vez el proceso de quemado en ese tiempo; usando como combustible 5 toneladas de carbón mineral o 4 metros cúbicos de leña, y menores y variables cantidades de petróleo, estiércol, llantas usadas y plásticos; en lo cual, se usa

² Se refiere al ladrillo usando moldes manuales y hornos artesanales, fabricado en los alrededores de la ciudad de Cajamarca.

³ Se refiere al ladrillo producido usando maquinaria de producción masiva y hornos industriales, fabricado en la ciudad de Cajamarca u otras ciudades.

como insumo carburante aceite quemado (unos 100 litros aproximadamente), petróleo y gasolina [PRAL, 2005: 18 y 41]⁴.

Además, del uso exagerado de material combustible con la consecuente destrucción de los recursos naturales como los árboles y extracción mineral de carbón de piedra, cabe mencionar que el proceso de cocción es contaminante. Por una parte, se usa material que al quemarse producen desechos dañinos para la salud humana y el medio ambiente como el carbón de piedra (que produce dióxido de carbono, azufre y óxidos de nitrógeno) y el plástico (que produce dioxina, entre otras sustancias tóxicas) [Casado, 2005: 13]. Por otra parte, el período de quemado es bastante largo que dura alrededor de 8 días, emitiendo todo tipo de gases al aire durante ese periodo de tiempo. Situación muy preocupante para la ciencia y la tecnología; mucho más, si se consideran todas las ladrilleras existentes.

De otro lado, según pruebas realizadas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca⁵, se ha observado que existen muchos ladrillos artesanales producidos en la localidad de Santa Bárbara que no cumplen con las especificaciones mínimas de la Norma Técnica E-070 Albañilería; lo cual, es otro problema que merece investigar.

1.1.3. Formulación del problema

El problema de investigación de este trabajo se precisa mediante las siguientes preguntas:

- (a) ¿Cómo se puede fabricar un ladrillo alternativo que excluya el proceso de cocción, teniendo como componente básico el suelo que se usa actualmente para la fabricación del ladrillo artesanal de arcilla?
- (b) ¿Cuáles serían las propiedades del ladrillo alternativo sin cocción?
- (c) ¿Cuáles son las ventajas del ladrillo alternativo sin cocción respecto al ladrillo artesanal de arcilla que se produce actualmente?

⁴ En esta tesis, se usa las pautas de citas y referencias bibliográficas del estilo Chicago B15. Donde, para el caso de libros se indica el autor, año de publicación y páginas de consulta.

⁵ Pruebas realizadas en el curso de Tecnología de los Materiales, año 2008.

1.2. Justificación de la investigación

Este proyecto de tesis se justifica por lo siguiente:

- (a) Actualmente, hay una necesidad de cuidar la naturaleza para brindar a la humanidad un ambiente saludable en beneficio de la generación presente y futura; por lo cual, la investigación debe buscar, en todos los campos de la actividad humana, prácticas y productos más amigables con el medio ambiente; y es en este enfoque que se realiza este trabajo.
- (b) En Cajamarca, se fabrican millares de ladrillos de arcilla cuyo proceso incluye su cocción usando diversas cantidades de combustible como carbón de piedra (un mineral muy contaminante); leña que conlleva la tala de bosques; aceite quemado, estiércol de animales, llantas, plásticos, gasolina y petróleo que en conjunto emiten gases tóxicos al ser quemados por largos períodos de tiempo.
- (c) En Cajamarca no se han realizado trabajos de investigación para la fabricación de un ladrillo alternativo, que excluya la práctica del quemado y que aproveche el suelo de las betas existentes que se usan actualmente para la fabricación de este material de construcción.
- (d) La Universidad Nacional de Cajamarca, y en particular su Facultad de Ingeniería Civil, debe responder a solucionar problemas prácticos existentes en la sociedad, como en este caso tratar de fabricar y usar un ladrillo de porte ecológico como producto alternativo al que se usa actualmente.
- (e) Los resultados de esta investigación que busca elaborar un ladrillo de porte ecológico y adecuado para la construcción al cumplir las normas establecidas, conllevaría en el futuro a su fabricación masiva en beneficio de la sociedad en su conjunto.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Obtener un ladrillo alternativo que excluya el proceso de cocción para contribuir a la protección del medio ambiente; y que sea utilizable para las edificaciones, cumpliendo las especificaciones físico-mecánicas mínimas de la Norma Técnica E-070 Albañilería.

1.3.2. Objetivos específicos.

- a. Determinar la proporción óptima de suelo, cemento y agua; así como, su procedimiento para obtener un ladrillo alternativo que excluya el proceso de cocción, que sea utilizable para las edificaciones por cumplir las especificaciones físico-mecánicas mínimas de la Norma Técnica E-070 Albañilería.
- b. Determinar y conocer las propiedades físicas y mecánicas representativas de las unidades de los prototipos del ladrillo alternativo, en forma individual y colectiva en forma de prismas, teniendo como elemento de comparación el ladrillo artesanal que se comercializa en Cajamarca.
- c. Conocer las ventajas y desventajas del ladrillo alternativo frente al ladrillo artesanal que se comercializa en Cajamarca.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis general

Mediante la mezcla óptima de suelo, cemento y agua, será posible elaborar un ladrillo alternativo que excluya el proceso de cocción para contribuir a la protección del medio ambiente; y que sea utilizable para las edificaciones, cumpliendo las especificaciones físico-mecánicas mínimas de la Norma Técnica E-070 Albañilería.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a. La elaboración de un ladrillo alternativo que excluya el proceso de cocción se obtendrá mediante la combinación de diferentes proporciones de suelo⁶, cemento y agua; sometiendo dicha mezcla a presión.
- b. El ladrillo alternativo poseerá las propiedades físicas y mecánicas recomendables para la construcción, cumpliendo con las especificaciones técnicas mínimas de la Norma Técnica E-070 Albañilería.
- c. El ladrillo alternativo tendrá como ventaja la contribución a la conservación del medio ambiente y, además, tendrá un costo similar al ladrillo artesanal que actualmente se fabrica.

1.5. Delimitaciones y limitaciones de la investigación

1.5.1. Delimitaciones.

La investigación se ha realizado usando como material básico para la fabricación del ladrillo alternativo el suelo de la localidad de El Cerrillo, una zona representativa de las canteras existentes en los alrededores de la parte noreste de la ciudad de Cajamarca, por lo que sus resultados son aplicables para dicho material.

La investigación se ha realizado en el año 2012, por lo que la información obtenida de parte de las personas colaboradoras en cuanto a diversos aspectos como uso de mano de obra, materiales, costos, corresponden a este periodo de tiempo; lo cual, puede variar respecto de los próximos años.

1.5.2. Limitaciones:

Para la investigación se ha tomado información de los fabricantes de ladrillo artesanal con proceso de cocción mediante la técnica del diálogo, sin embargo, es probable que dicha información carezca de fidelidad por cuestiones sociales de desconfianza con el tesista; por lo que se reconoce esta limitante.

El tesista no ha agotado todas las fuentes bibliográficas existentes sobre el tema de investigación que se hayan desarrollado en otros lugares del país y el extranjero, ya sea por

⁶ Se refiere al suelo que se usa actualmente para el fabricar el ladrillo artesanal quemado.

falta de recursos y por escaso conocimiento de idiomas extranjeros, por lo que reconoce esta limitante.

1.6. Tipo de investigación

Según su aplicación, esta investigación fue de tipo Aplicada porque se basó en conocimientos existentes, sobre los diferentes procesos y materiales, para elaborar un nuevo ladrillo utilizable por la sociedad y que contribuya a la conservación del medio ambiente. También, por su fin, es de tipo proyectiva porque se orienta a elaborar una propuesta dirigida a resolver un problema existente en la sociedad [Hurtado, 2008].

Asimismo, por la naturaleza de la información a recolectar, es del tipo experimental ya que se han manipulado diversas variables para evaluar sus efectos y resultados.

1.7. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El Método Cuantitativo se usó para evaluar las características (variables) de los prototipos de ladrillos alternativo y del ladrillo testigo⁷; para lo cual, se emplearon las máquinas y los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, tales como: Mallas ASTM (tamices), Probetas, Taras, Balanzas, Estufa, etc. Asimismo, se usó el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca; en este caso, con los siguientes equipos e instrumentos: Máquina Universal, Marco de Aplicación de Carga Vertical, Elementos para aplicar la carga sobre los prismas, elementos para soporte de los muretes, Deformímetro, Balanza, Mallas ASTM, Vernier.

El Método Cualitativo se usó para obtener información acerca del proceso de elaboración del ladrillo artesanal que se comercializa en Cajamarca y que es elaborado en las localidades de Santa Bárbara. Para ello se empleó la observación directa en campo y el diálogo con los dueños y trabajadores de las fábricas respectivas.

⁷ Se llama 'ladrillo testigo', al ladrillo artesanal con proceso de cocción, el cual fue adquirido de la misma zona donde se extrajo el suelo para la elaboración de los prototipos.

1.8. Técnicas de procesamiento y análisis de información

La información cuantitativa, que se obtuvo de los análisis que se realizaron a los prototipos del ladrillo alternativo y al ladrillo artesanal testigo fue procesada mediante técnicas estadísticas para determinar las diferencias de los prototipos, que se elaboran según las diferentes proporciones de suelo/cemento. Para tal efecto, se usó el de programas computarizados como Microsoft Excel; con el que se obtuvo resultados del promedio, coeficiente de variabilidad y gráficas.

CAPITULO II: MARCO TEORICO**2.1. Proceso de producción de ladrillo industrial y artesanal [PRAL, 2005: 40-42]**

El proceso de fabricación y comercialización del ladrillo artesanal de Cajamarca se ilustra en la **Figura 2.1**, comprendiendo las etapas de: (a) Extracción de arcilla y tierra, (b) Molienda y mezcla, (c) Moldeo, (d) Secado, (e) Cocción, (f) Descarga del horno.

En Cajamarca, las ladrilleras artesanales producen un solo tipo de ladrillo denominado sólido (tipo King Kong), que es utilizado para la construcción de muros.

A continuación se describen las actividades de estos procesos:

a. Extracción de arcilla y tierra

Esta actividad se realiza para obtener la materia prima de las canteras, consistente en arcillas plásticas y magras, caolín, dolomita, etc.; habiéndose observado que en algunos casos se usa como materia prima una mezcla de arcilla con tierra agrícola, lo cual no es lo más conveniente por el contenido de materia orgánica que puede tener esta última, produciéndose ladrillos de dudosa calidad

b. Molienda y mezcla

En las ladrilleras artesanales la molienda es manual y consiste básicamente en la selección del material y desmenuzando de los terrones de arcilla de mayor tamaño antes de pasar a la mezcla. Una vez culminado el proceso de molienda se procede a la mezcla con agua para obtener una “masa plástica homogénea”. La mezcla se hace manualmente en pozas construidas en el suelo, donde se amasa por apisonamiento del artesano y con ayuda de “yuntas”⁸

c. Moldeo

Consiste en vaciar la “masa plástica homogénea” en moldes para obtener el “ladrillo crudo”. El moldeo se hace manualmente sin comprimir la masa, usando moldes metálicos o de madera con arena fina o ceniza como desmoldante.

⁸ Una yunta se forma al uncir dos toros con el yugo, de tal manera que caminen juntos sobre la mezcla de a voluntad del artesano.

d. Secado

El secado en las ladrilleras artesanales se realiza al aire libre y bajo techo. Este proceso origina cambios físicos en el ladrillo, principalmente la reducción del contenido de humedad; trayendo consigo una contracción de las piezas cerámicas lo cual origina tensiones en el material. Un inadecuado proceso de secado origina fallas (grietas) y por ende su descarte.

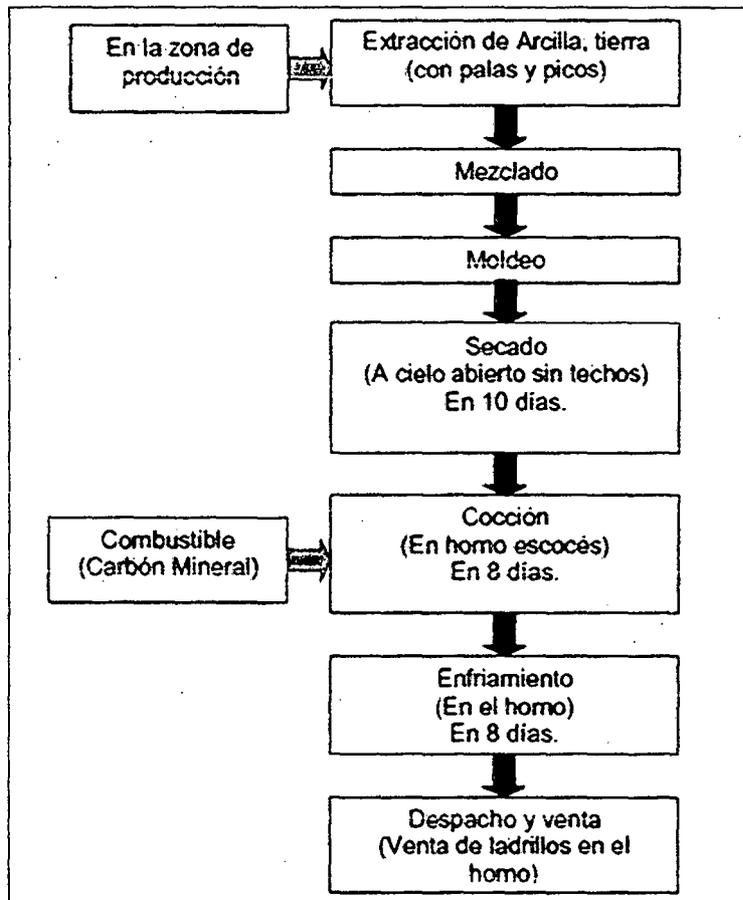


Figura 2.1. Actividades del proceso de fabricación y comercialización del ladrillo artesanal de Cajamarca.

e. Cocción

Proceso mediante el cual los ladrillos son cocidos y por acción del fuego y del calor se producen los cambios químicos que transforman la arcilla y los demás componentes en productos sinterizados (tratamiento térmico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas) o vitrificados con características estructurales de resistencia a la compresión. Si bien, ésta es la etapa más importante

en el proceso de fabricación porque cualquier falla significará la pérdida de la producción; hay que tener en cuenta que la cocción genera los mayores impactos negativos al ambiente por la emisión de gases y diversas partículas a la atmósfera.

En las ladrilleras tipo artesanal, la cocción se realiza en hornos intermitentes de tiro ascendente tipo Escocés o tipo Parrilla, en los cuales el fuego va ascendiendo a través de las sucesivas capas horizontales de ladrillos hasta alcanzar las capas superiores. Las temperaturas de cocción para los ladrillos empiezan a 950°C terminando como máximo en 1100 °C. Temperaturas superiores producen la fusión y pérdida del ladrillo.

En Cajamarca el horno utilizado es del tipo Escocés, intermitente con techo abierto a la atmósfera, construido de adobe y arcilla. Su funcionamiento es periódico o por campaña, las etapas de precalentamiento, cocción y enfriamiento se realizan en un ciclo completo. Su estructura tiene dimensiones aproximadas de 4.5 m de alto, 4 m de largo y 4 m de ancho; el cual, tiene uno o más aberturas en la parte inferior, llamados boqueros, por los cuales el horno es alimentado con sustancias inflamables como gasolina o petróleo, y luego prendido con fuego.

Para su cocción los ladrillos son arreglados en hileras de canto, colocando carbón de piedra entre cada capa de ladrillo, lo que permite que se transmita el calor desde la base hasta el ápice del horno permitiendo que todos los ladrillos se quemen.

En Cajamarca existen dos procesos de cocción: con carbón mineral usando sopletes y el otro con leña. Acerca de este último, hay información que muy pocas ladrilleras la utilizan, debido a la escasez de leña que se ha acentuado desde hace unos 8 años (a partir del 2004).

Para el quemado con carbón de piedra con soplete, el boquero del horno es llenado con briquetas confeccionadas por el artesano usando el carbón mineral o de piedra. Estas briquetas son quemadas mediante los sopletes aproximadamente durante 6 horas, usando además petróleo y aceite quemado. El soplete, durante las 3 primeras horas expulsa fuego y las otras 3 siguientes expulsa aire para que se realice la combustión de las briquetas.

En quemado con leña, solo es practicado por los artesanos que tienen ese insumo, y en la mayoría de casos se trata de hornos pequeños (capacidad para 10 millares). Para el encendido, el horno es alimentado con leña por el boquero y ese proceso dura entre 24 y 72 horas para que encienda el carbón mineral o de piedra.

El período de cocción dura 8 días y es realizado por el carbón mineral que se encuentra entre las capas de ladrillo, tiempo en el cual hay emisión de humo a la atmósfera, con sustancias perjudiciales a la salud humana y al medio ambiente. Los ladrillos pueden ser retirados del horno a los 15 días de su cocción, cuando éstos se han enfriado.

Aproximadamente, según datos obtenidos de los ladrilleros artesanales, para 20 millares de ladrillo, en la cocción con carbón mineral encendido con soplete se usa 5 toneladas de carbón mineral, de los cuales aproximadamente 1.5 toneladas es para las briquetas y 4.5 toneladas para distribuir entre las capas de los ladrillos. De otro lado, cuando en la cocción se usa leña, se usa 2 camionadas de este insumo (4 m^3) y 3 toneladas de carbón mineral que se distribuye entre las capas de los ladrillos; habiéndose obtenido la información que el precio de 1 camionada de leña es de mil seiscientos con 00/100 nuevos soles (S/. 1600.00) y el 1 tonelada de carbón mineral doscientos con 00/100 nuevos soles (S/. 200.00).

f. Descarga del horno

Una vez que la cocción concluye, según el proceso utilizado, se ventila el horno o la cámara de cocción para enfriar el ladrillo cocido y retirarlo. El manipuleo de los ladrillos en el proceso de descarga también genera emisiones de polvo y cenizas que contaminan el medio ambiente.

2.2. Ladrillos de suelo-cemento [Gatani, 2000: 2-8; 2007: 2-4], [Aquino 2004: 10-17]

La forma tradicional de uso del suelo es como adobe o suelo apisonado, aunque con limitaciones como: poca resistencia mecánica y muros de gran espesor, vulnerabilidad a los agentes atmosféricos y a la erosión por acción de agentes externos. Para mejorar

estas características se agrega un agente estabilizador como es el cemento. [Gatani, 2000: 2-8; 2007: 2-4]

El suelo cemento es una mezcla de ligante hidráulico, cemento portland, con suelo, de modo que hay una estabilización del suelo mediante la mejora de las propiedades de la mezcla. El suelo-cemento surge, entonces, como la mezcla de suelo, cemento y agua; debidamente dosificados, mezclados y compactados. Hay varios factores que pueden influir en las características del producto final, y entre ellos podemos mencionar: contenido de cemento, tipo de suelo, contenido de humedad y la compactación o prensado. La cohesión del suelo-cemento se determina por la constitución de cemento, su finura, la cantidad de agua y la temperatura. [Aquino 2004: 10-17]

2.2.1. Componentes del ladrillo suelo-cemento

a. El suelo

El suelo adecuado para ser estabilizado con cemento es el que da una resistencia elevada y poca contracción. Este suelo debe tener presencia de arena, limo y arcilla; aunque éstos dos últimos en escasa proporción para que den cohesión a la mezcla y composición granulométrica, sin que produzcan contracciones bruscas. El suelo, se debe extraer a una profundidad mayor que 40 cm, para quitar la capa vegetal superficial. Asimismo, debe estar limpio de basura y no contener materia orgánica que pueda descomponerse en el tiempo. La proporción óptima es 70 % de arena y 30 % de limo y arcilla. Aun así, es indispensable, manejar la dosificación de cemento y la selección de los procedimientos de moldeo y compactación. [Gatani, 2000: 2-8; 2007: 2-4]

El componente de suelo, el de mayor proporción en la mezcla, deben seleccionarse de tal manera que permite el uso de la menor cantidad posible de cemento. En general, los suelos más adecuados para la fabricación de ladrillos y bloques de suelo cemento deben tener las características que se presentan en la **Tabla 2.1**.

Tabla 2.1. Características del suelo adecuado para la elaboración de las unidades de suelo – cemento.

Características	Valores
Pasar el tamiz N° 4 (4.75 mm)	100%
Pasa el tamiz N° 200 (0.075mm)	10% a 50%
Límite líquido	≤ 45%
Índice de plasticidad	≤ 18%

Los suelos que contienen una cantidad de arcilla y limo superior al 50% en su composición no son deseables. La arcilla es un componente importante debido a que tienen propiedades aglutinantes promueve la resistencia inicial del material y mejora la trabajabilidad. Sin embargo, los suelos predominantemente de arcilla pueden causar fisuras, grietas o fisuras en el material después del secado, como resultado de su característica de retracción. Estos suelos generalmente tienen baja resistencia, a pesar de la presencia composición de arcilla en el suelo y necesario para dar la mezcla de suelo y cemento, cuando se humedece y se comprime, la cohesión suficiente para permitir el desmoldé y manipulación de los ladrillos.

La arena se caracteriza por su buena resistencia, y de ser un inerte, contribuye a una mayor estabilidad y resistencia a la rotura. Sin embargo suelos con gran predominio de arena requieren más tiempo de espera para adquirir la suficiente resistencia y pueden resistir la compresión y otra capa de suelo-cemento. La composición de la arena y el limo mejorar la resistencia temprana.

La elección del suelo puede llevar a cabo en cada parche de prueba de la obra por simple y práctico, basado en la consistencia y la plasticidad de las muestras.

Los suelos arenosos requieren cantidades casi siempre más pequeñas de cemento que los arcillosos y limosos; debe evitarse suelos que contienen materia orgánica, ya que esto puede interrumpir la hidratación del cemento y, en consecuencia, la estabilización del suelo materia prima. [Aquino 2004: 10-17]

b. El cemento [Aquino 2004: 10-17] ?

El cemento que se puede utilizar debe cumplir con una de las siguientes especificaciones:

- ✓ Cemento Portland Tipo: I, II, III, IV, V (ASTM C 150, NTP 334.009)
- ✓ Cemento adicionado de alta resistencia inicial: Tipo ICo (ASTM C 1157, ASTM C 595, NTP 334.090)
- ✓ Cemento adicionado de escoria de alto horno: Tipo MS (ASTM C 1157, NTP 334.082)
- ✓ Cemento adicionado con puzolana: Tipo IP, Tipo PM (ASTM C 595, NTP 334.090)

c. El agua [Aquino 2004: 10-17] N.Z.P.

El agua debe estar libre de impurezas perjudiciales para la hidratación del cemento; debe estar libre de materiales orgánicos y sulfatos. El agua potable es la adecuada para la elaboración de la mezcla de suelo cemento.

Es necesario controlar la cantidad de agua de la mezcla, evitando que sea demasiado seca o muy húmeda.

2.2.2. Proceso de producción

Para fabricar ladrillos de suelo-cemento deben seguirse los siguientes pasos:

a. Tamizado del suelo.

Una vez controlado el contenido del suelo a emplear, es necesario tamizar la tierra a fin de desarmar los terrones producidos por la humedad. Esta etapa tiene efectos importantes en la calidad del ladrillo producido, ya que evitará la presencia de grumos. Para realizar el tamizado, el suelo debe estar seco. La malla para el tamizado debe ser de una abertura de 5 mm.

b. Mezclado en seco.

Se mezclan las partes de suelo y el porcentaje de cemento, hasta que el conjunto tome color uniforme. Las mezcladoras de tambor giratorio no se aconsejan, ya que la

mezcla humedecida forma grumos al golpear en las paredes del tambor y no se logra su uniformidad.

c. Agregado de agua.

A la mezcla seca se le agrega agua. La cantidad a incorporar se determina empíricamente. Es determinante controlar la cantidad de agua de la mezcla, ya que ésta actúa como lubricante de las partículas sólidas. Si resulta excesivamente húmeda o, por el contrario, seca, ambos estados se reflejan en la trabajabilidad del material y, posteriormente, en el acabado superficial, la resistencia y durabilidad del mismo.

La prueba empírica consiste en hacer una "esfera" con mezcla húmeda y dejándola caer al suelo desde una altura aproximada de 1 m. Si la "esfera" no se desintegra es porque la mezcla tiene exceso de agua, y si se pulveriza es porque la cantidad de agua es insuficiente. Si el contenido de agua es correcto, la "esfera" se desintegra, en una cantidad considerable de terrones, semejante a la mezcla original.

d. Compactación.

La compactación se hace para aumentar la resistencia a la compresión, y proveer mayor capacidad higroscópica. En esta etapa de la fabricación, generalmente, se utiliza una máquina. Existen varios procedimientos para realizar el moldeo y compactación.

e. Acopio y curado.

Luego que los ladrillos adquieren resistencia inicial son acopiados y protegidos del sol y del viento, para evitar contracciones por secado rápido. Son cubiertos con polietileno y humedecidos 1 o 2 veces por día durante al menos los primeros 7 días. Los ladrillos de suelo-cemento no son empleados en mamposterías antes de transcurridos 21 días desde la fabricación.

2.3. La unidad de albañilería [Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006], [San Bartolomé, 1994].

2.3.1. Características generales

Se denomina ladrillo a la unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

San Bartolomé [1994], al referirse a estas unidades manifiesta que a nivel internacional, se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que estos tengan. Esta clasificación es de la siguiente manera:

a. Unidades sólidas o macizas.

Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25 % del área de la sección bruta. Sin embargo, los experimentos indican que es posible emplear unidades hasta con 33% de vacíos, más allá del cual su comportamiento se toma muy frágil. Estas unidades se emplean para la construcción de muros portantes.

b. Unidades huecas.

Son aquellos donde el área neta (en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones.

c. Unidades tubulares.

Son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques.

2.3.2. Clasificación por fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la **Tabla 2.2.**

Tabla 2.2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentajes)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia Característica a la Compresión f'_{cb} mínimo en MPa (kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

Las cinco clases de ladrillos de la **Tabla 2.2** son descritas por **San Bartolomé [1994]**, de la siguiente manera:

Clase I: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

Clase II: En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

Clase III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo.

Clase IV: Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Clase V: Tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares a la clase IV.

2.3.3. Pruebas

Según San Bartolomé [1994], sobre las propiedades de las unidades expresa lo siguiente: conocer las propiedades es necesario básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante el intemperismo. Sin embargo, no puede afirmarse que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería.

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la resistencia de la albañilería son:

- Resistencia a la Compresión y Tracción.
- Variabilidad Dimensional y Alabeo.
- Succión.

Las propiedades de la unidad que están relacionadas con la durabilidad de la albañilería son:

- Resistencia a la Compresión y Densidad
- Eflorescencia, Absorción y Coeficiente de Saturación

a. Muestreo.

El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b. Resistencia a la Compresión.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en

las Normas NTP 399.604. La Resistencia Característica a la Compresión Axial de la unidad de albañilería (f_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

San Bartolomé [1994], respecto a la Resistencia a la Compresión expresa que esta prueba se realiza aplicando sobre las unidades la carga vertical a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o, en todo caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos. La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta (unidades sólidas) o entre el área neta (unidades huecas). De acuerdo a las Normas NTP 399.604, para clasificar a la unidad por su resistencia (f_b), el resultado promedio de los ensayos menos una desviación estándar debe ser mayor al límite inferior especificado por dicha Norma.

Debe hacerse notar que la resistencia a compresión (f_b) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones (por ejemplo, a mayor resistencia se obtendrá una mejor durabilidad). Esto se debe a que el valor f_b depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada).

c. Variación Dimensional.

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

San Bartolomé [1994], se refiere a la Variación Dimensional de la siguiente manera: “esta prueba es necesaria efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería (4 mm más dos veces la desviación estándar, en mm, correspondiente a la variación en la altura de las unidades, debiéndose emplear como mínimo un espesor de 10 mm). Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte”.

La manera como se calcula la Variación Dimensional (\bar{V} , en porcentaje) según la Norma NTP es:

- La dimensión de cada arista del espécimen ($D = L, b, h$) se toma como el promedio de 4 medidas (en mm) en la parte media de cada cara.
- En seguida, por cada arista, se calcula el valor promedio (\bar{D}_p) de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante (D_e) y luego se divide entre " \bar{D}_e ".

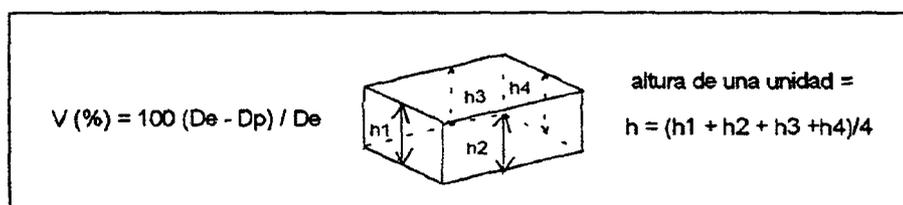


Figura 2.2. Cálculo de la variación dimensional de la unidad de albañilería.

Sin embargo, probabilísticamente, es mejor relacionar la variación dimensional con la dispersión de resultados respecto al valor promedio, de la siguiente manera:

$$V(\%) = 100 \left(\frac{\delta}{D_p} \right), \text{ donde } \delta = \frac{\sqrt{\sum (D_i - D_p)^2}}{(N - 1)} = \text{desviación estandar}$$

d. Alabeo.

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.

San Bartolomé [1994], expresa que el mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad.

Esta prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente

opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. El resultado promedio se expresa en milímetros.

e. Absorción.

Los ensayos de absorción se hacen de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

San Bartolomé [1994] expresa lo siguiente con respecto a Succión (S) Absorción (A) Absorción Máxima (Am) Coeficiente de Saturación (CS) y Densidad (O):

La densidad (O) está relacionada directamente con la resistencia a compresión, y para su evaluación se usa el principio de Arquímedes. Por otro lado, el coeficiente de saturación (CS) es una medida de la durabilidad de la unidad. La prueba para hallar D y CS permite además determinar en simultáneo el área neta (An), la succión (S) y la absorción (A, Am) de la unidad.

Para el cálculo de S, A, Am y O, se emplean las unidades enteras provenientes del ensayo de alabeo y de variación dimensional. Se calcula (en el orden mostrado) los siguientes pesos en cada espécimen:

P0 = Peso (gr) en estado natural.

P1 = Peso (gr) de la unidad secada en un horno a 110 °C.

P2 = Peso (gr) de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento en una película de agua de 3 mm durante 1 minuto.

P3 = Peso (gr) de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua fría.

P4 = Peso (gr) de la unidad completamente saturada, luego de haber estado durante 5 horas en agua en ebullición.

P5 = Peso (gr) de la unidad en estado de inmersión total en agua fría.

Luego, se calculan los siguientes valores, para después promediarlos en toda la muestra:

$$\text{Humedad Natural} = H_n (\%) = 100((P_0 - P_1)/P_1)$$

$$\text{Succión (gr/200 cm}^2\text{-min)} = 200(P_2 - P_1)/\text{Area de la cara de asiento}$$

Absorción	= A(%) = 100((P3 - P1)/P1)
Absorción Máxima	= Am (%) = 100((P3 - P1)/P1)
Coefficiente de Saturación	= CS = A/Am
Volumen (cm ³)	= V = P4 - P5
Área Neta	= An = V/h h = altura promedio
D (gr/cm ³)	= P1/V

Debe recalarse que las unidades deben tener una succión comprendida entre 10 y 20 gr/200 cm²-min, antes de asentarlas. Por otro lado, las unidades con coeficientes de saturación (CS) mayores que 0.85, son demasiados absorbentes (muy porosas) y por lo tanto, poco durables. Finalmente, se aconseja que la absorción no sobrepase de 22%.

f. Resistencia a Tracción por Flexión (f'_t) o Módulo de Ruptura [San Bartolomé, 1994].

Al igual que la resistencia a compresión, f'_t sólo constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se esté en la incertidumbre de utilizar una unidad Clase IV o V, o cuando se tenga un alto alabeo que puede conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión.

La técnica de ensayo empleada consiste en someter la unidad a la acción de una carga concentrada (al centro) creciente, a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; luego se calcula f'_t mediante la aplicación de la fórmula de flexión simple de resistencia de materiales:

$$f'_t = \frac{My}{L} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad b = \text{ancho de la unidad} \quad y = \frac{h}{2}$$

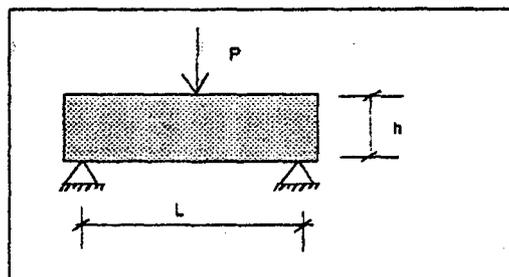


Figura 2.3. Ensayo de Resistencia a Tracción por Flexión de la unidad de albañilería.

g. Eflorescencia, San Bartolomé [1994].

La muestra de 10 unidades se divide en dos grupos. Cada grupo se coloca en una bandeja (espaciando las unidades cada 5 cm), la misma que tiene una altura de agua de 25 mm. Esta operación se hace en una cámara de humedad controlada (30 a 70 % de humedad), libre de corrientes de aire. Transcurridos 7 días, las unidades se secan durante 24 horas en un horno a 11 °C, para luego dejarlas enfriar a temperatura ambiente.

Finalmente, se aprecia la diferencia de colores entre los vértices y la zona central. Dependiendo de que aparezcan manchas blancas, la unidad califica como "Efloroscida", "Ligeramente Efloroscida" o "Sin Eflorescencia". Cabe recalcar que la presencia de sales cristalizadas destruye la superficie del ladrillo; y que de ocurrir este problema, los muros deben limpiarse en seco con una escobilla metálica.

2.3.4. Aceptación de la unidad

- a. Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b. La absorción de las unidades de arcilla y sílice calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- c. El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- d. La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e. La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.

- f. La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- g. La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

2.4. Los prismas de albañilería, según la Norma Técnica E-070 Albañilería [Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006]

2.4.1. Especificaciones generales

La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la **Tabla 2.3**.

Tabla 2.3. Métodos para determinar f'_m y v'_m

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MA DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería (f'_m) y (v'_m) deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a. Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 1000 m² de área techada.
- b. Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 500 m² de área techada.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.

Los prismas tendrán un refrendado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la **Tabla 2.4**.

Tabla 2.4. Incremento de f'_m y v'_m por edad

Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1.10	1.00

La resistencia característica f'_m en pilas y v'_m en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

El valor de v'_m para diseño no será mayor de $0.319\sqrt{f'_m} \text{ MPa } (\sqrt{f'_m} \text{ Kg/cm}^2)$.

El valor f'_m se obtiene contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la **Tabla 2.5**.

Tabla 2.5. Factores de corrección f'_m por esbeltez

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

2.5. Tecnología del mortero y clasificación [San Bartolomé, 1995]

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades que la misma tiene, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad.

El mortero básicamente está compuesto por cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado inerte.

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, en tanto que la cal le proporciona trabajabilidad y retentividad (evita que el agua se evapore rápidamente).

La función de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, permitiendo el asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo; adicionalmente, la arena atenúa la contracción por secado, por lo que se recomienda no usar arena fina y lavar la arena gruesa si ella tuviese mucho polvo. La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar al cemento.

La Norma E-070 especifica las proporciones volumétricas de la mezcla, clasificándola con las siglas "P" para su empleo en muros portantes y "NP" para los muros no portantes; en ambos casos, se deja como alternativa emplear cal en el mortero. Esto se observa en la **Tabla 2.6**.

Tabla 2.6. Proporción para morteros en volumen según Norma E-070

Tipo	Cemento	Cal	Arena
P1-C	1	1	4
P2-C	1	1	5
NP-C	1	1	6
P1	1	-	4
P2	1	-	5
NP	1	-	6

Es necesario señalar que la norma ASTM C-270 especifica 2 tipos de mortero (M y S) para la construcción de los muros portantes, de manera que el volumen de arena este comprendido entre 2 ¼ y 3 veces de los volúmenes de los aglomerantes (cemento y cal). Como se observa en la **Tabla 2.7.**

Tabla 2.7. Proporción para morteros en volumen según ASTM C -270

TIPO	Cemento	Cal	Arena
M	1	¼	2.8 a 3.8
S	1	¼ a ½	2.8 a 4.5

En cuanto a la adherencia unidad-mortero, ésta se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas; al respecto, ensayos realizados sobre muretes sujetos a compresión diagonal, indicaron que cuando el mortero se compactó especialmente en cada una de las 18 perforaciones de la unidad (cosa que no es posible realizar en obra), la resistencia al corte se incrementó en 50%.

Por otro lado, es necesario que el mortero se extienda sobre toda la superficie (vertical y horizontal) de la unidad por asentar, para lo cual debe ser trabajable. Una forma práctica de comprobar la extensión del mortero consiste en pegar dos unidades y separarlas después de un minuto, deberá observarse que el mortero cubra toda la superficie de la unidad superior. Por lo expuesto, es necesario que la unidad tenga una succión adecuada al instante de asentarla, de manera que su superficie se encuentre relativamente seca (para que absorba el cementante del mortero) y su núcleo esté saturado, de modo que la misma unidad sirva

para curar al mortero (evita que se agriete al secarse). En las unidades que deban asentarse en seco (bloques de concreto y ladrillos sílico-calcáreos), se recomienda adicionar $\frac{1}{2}$ volumen de cal hidratada y normalizada, para así mejorar la retentividad del mortero.

La Consistencia (Temple o Fluidez) se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo; en tanto que la Retentividad se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.

El ensayo de compresión en probetas de mortero (usualmente cubos de 5 cm de lado, vaciados sobre moldes metálicos, Fig. 6.17, y curados durante 28 días en una poza con agua) se realiza sólo con fines de controlar la calidad del mortero.

Lo expresado en el párrafo anterior se debe a que las probetas no reflejan las condiciones reales que se producen en la junta: 1) la interacción unidad-mortero, o pérdida de agua en la mezcla por succión de la unidad; 2) el espesor de la junta, a menor altura de la probeta se obtiene mayor resistencia; y, 3) la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayo.

Es conveniente que el mortero tenga una resistencia a compresión semejante al de la unidad, a fin de evitar su falla por aplastamiento y tratar de dar homogeneidad a la albañilería. Por esta razón, se recomienda utilizar mortero 1:3 o 1:4 para edificaciones de 4 a 5 pisos (con unidades de alta resistencia a compresión), mientras que para edificaciones de 1 a 3 pisos puede usarse mortero 1:5.

2.6. Comentario a la Norma E-070 Albañilería capítulo 5: Resistencia de Prismas de Albañilería [San Bartolomé, 2008]

Los comentarios son de acuerdo a los ítems del capítulo 5 de la Norma Técnica peruana E-070 Albañilería.

Comentario a 5.1.1 y 5.1.2

El artículo 5.1.1 aplica a una edificación individual, donde de acuerdo a su número de pisos y ubicación sísmica, no es obligatorio realizar ensayos de prismas de albañilería (caso A en la de Métodos para Determinar f'_m y v'_m , **Tabla 2.3**), sino que se puede

recurrir a la Tabla de Resistencias Características de la Albañilería de esta Norma o a la experiencia del proyectista estructural, para determinar la resistencia de la albañilería. En cambio, el artículo 5.1.2 de la Norma E-070 aplica a conjuntos residenciales unifamiliares o multifamiliares, donde es obligatorio realizar el ensayo de los prismas, antes y durante la construcción de esas edificaciones.

Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son pequeños especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar la resistencia a compresión ($f'm$) y a corte puro ($v'm$), respectivamente, de la albañilería. Además, si se instrumentase adecuadamente a estas probetas, podrá obtenerse el módulo de elasticidad (E_m) del ensayo de las pilas y el módulo de corte (G_m) del ensayo de los muretes.

Comentario a 5.1.3 y 5.1.4

Mediante las especificaciones 5.1.3 y 5.1.4 se trata que los prismas de albañilería representen de la mejor manera posible las condiciones reales con que la edificación será construida. El tamaño los prismas es mínimo, con el objeto de poderlos manipular tanto en el transporte hacia un laboratorio como en el montaje sobre los dispositivos de ensayo. Se recomienda que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas y que el lado del murete cuadrado sea de por lo menos 60cm, a fin de obtener resultados representativos.

Comentario 5.1.5

El refrendado ("capping") se aplica en las zonas del prisma en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo y tiene un grosor de aproximadamente 3mm. Para el caso particular de los muretes cuya geometría no sea cuadrada, la irregularidad puede corregirse con un capping más grueso en el lado de menor longitud.

Para el caso de muretes construidos con ladrillos huecos o tubulares, antes de aplicar el capping, deberá taponarse con mortero 1:3 las perforaciones de aquellos ladrillos en contacto con los cabezales angulares metálicos, a fin de evitar fallas locales por concentración de esfuerzos (trituration).

Comentario 5.1.6

Los experimentos indican que los prismas ensayados a una edad menor de 14 días presentan una forma de falla distinta a la alcanzada en su edad nominal (28 días). Por ello, los prismas de poca edad no son representativos.

Comentario 5.1.7

La resistencia a compresión axial de cada pila ($f'm$), se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la unidad de albañilería (hueca o sólida), mientras que la resistencia a la compresión diagonal o al corte puro de un murete ($v'm$) se determina dividiendo la carga diagonal de rotura entre el área bruta de la diagonal cargada ("D t" en la **Figura 2.4**), que es lo mismo que dividir la carga diagonal proyectada en la dirección de las hiladas entre el área bruta de la hilada ("L t") en muretes cuadrados.

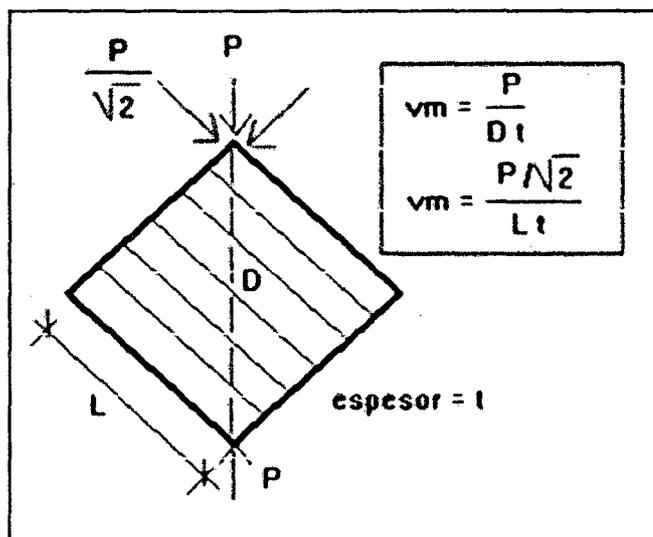


Figura 2.4. Ensayo de compresión diagonal o resistencia a corte puro $v'm$.

Comentario 5.1.8

Cabe la posibilidad que el ensayo de compresión diagonal sobre muretes proporcione una resistencia superior al límite máximo especificado en:

$$v'_m \leq 0.319 \sqrt{f'_m} * \text{MPa} (\sqrt{f'_m} \text{ Kg/cm}^2)$$

Sin embargo, con fines conservadores, el valor de $v'm$ que se adopte en el diseño estructural no deberá superar dicho límite, debido a que no se cuenta aún con el suficiente respaldo experimental que permita correlacionar la resistencia de aquellos prismas con los respectivos muros a escala natural.

Cabe destacar que la falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical que corta unidades y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral causada por la

compresión aplicada; en cambio, las fallas por trituración de la unidad son indeseables por ser muy frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general cuando se utiliza unidades huecas.

Por otro lado, el grado de optimización que se obtenga en la adherencia entre la unidad y el mortero se refleja en los ensayos de compresión diagonal de los muretes. Así, por ejemplo, cuando la adherencia es óptima, la falla atraviesa tanto a la unidad como al mortero, lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante; en cambio, cuando no se ha logrado optimizar la adherencia unidad-mortero la falla es escalonada a través de las juntas. Cabe destacar que los ensayos de compresión axial y diagonal, indican además, a través de la dispersión de resultados, la calidad de la mano de obra y de los materiales utilizados. Cuando esta dispersión (desviación estándar dividida entre el resultado promedio) excede de 30%, habrá que corregir la mano de obra o utilizar otros materiales.

2.7. Impactos ambientales ocasionados por la fabricación de ladrillos con cocción [Casado, 2010: 12-14].

El principal impacto ambiental ocasionado por los procesos de fabricación de ladrillos con cocción es la contaminación atmosférica seguida por la alteración de las características geomorfológicas y topográficas del terreno o cantera.

La fabricación artesanal de ladrillos en hornos de fuego directo sin chimeneas, produce humaredas con altas emisiones de material particulado por la quema de leña, carbón mineral, aserrín de madera, llantas, plásticos; lo cual genera un problema de calidad ambiental y molestias a los vecinos en los sectores donde es más intensiva la actividad.

La extracción de la materia prima excavando la base de los taludes y haciendo que quede un desnivel con relación a las zonas circundantes, afecta grandes áreas y genera impactos negativos como la eliminación de la capa orgánica fértil junto con la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, quitando capacidad de drenaje y sostén al terreno incrementando el riesgo de erosión e inestabilidad.

En los Cuadros 2.1, 2.2 y 2.3, se muestran los efectos sobre el ambiente y la salud de los principales contaminantes atmosféricos generados por la elaboración del ladrillo artesanal.

Cuadro 2.1. Efectos del Material Particulado (PTS)

MATERIAL PARTICULADO <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compuesto por cenizas e inquemados (hollín) ▪ Las partículas menores de 10 micras (PM10) son las partículas respirables o por lo que son las responsables de los efectos sobre la salud humana 	CONCENT. (ppm)	EFFECTOS
	260 - 400	Leve agravamiento de síntomas en personas susceptibles
	400 - 625	Significativos signos de agravamiento y disminución de tolerancia al ejercicio en personas que sufren del corazón
	625 - 875	Comienzo prematuro de ciertas enfermedades y disminución de tolerancia al ejercicio en personas saludables
	875 - 1000	Muerte prematura en enfermos o personas de avanzada edad. Personas saludables tendrán alteraciones en su actividad normal

Cuadro 2.2. Efectos del Dióxido de Azufre (SO₂)

ÓXIDOS DE AZUFRE <ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto de la reacción entre el aire de la combustión y el azufre de los combustibles ▪ Contribuye a la formación de lluvia ácida, acidificando aguas superficiales y suelos, produce corrosión de estructuras metálicas 	CONCENT. (µg/m ³)	EFFECTOS
	0,037 – 0,092 ppm, media anual	Aumento en la frecuencia de síntomas respiratorios y enfermedades pulmonares
	0,11 – 0,19 ppm, media en 24 hrs	Aumento en la tasa de corrosión de metales
	0,19 ppm, media en 24 hrs	Aumento en la mortalidad
	0,3 ppm, en 8 hrs	Daños en la vegetación

Cuadro 2.3. Efectos del Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

ÓXIDOS DE NITROGENO <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se produce por reacción entre el nitrógeno presente en el aire y en el combustible, y el oxígeno del aire. ▪ Precursor del smog fotoquímico. ▪ Causa enfermedades respiratorias e irritación. 	CONCENT. (ppm)	EFFECTOS
	Mayor de 0,01	Problemas respiratorios como fibrosis pulmonar crónica, bronquitis, entre otros.
	0,25	Absorción de la luz visible y reducción de la visibilidad.
	0,5 por 10 a 12 días	Disminución del crecimiento de plantas.

La parte más contaminante y a la vez compleja del proceso artesanal de elaboración de ladrillos, se centra en la etapa de cocción y principalmente en el encendido del horno. Para encenderlo, se hacen arder llantas usadas, leña y carbón mineral en las boqueras. Dada la mala ventilación de éstas se produce un fuego carente de oxígeno, lo que provoca abundante emisión de humos y olores. De acuerdo al tamaño del horno, se procede a cerrar

las boqueras, de manera que se produzca una radiación de calor hacia las capas superiores. Es aquí donde se producen emisiones de vapores de agua del ladrillo y olores de emisiones del carbón. Esta última sub etapa no produce emisiones visibles dado que el proceso se realiza en forma muy lenta. Algunos hornos adicionan aserrín o viruta por la parte superior los cuales se encienden al final del proceso.

El carbón mineral, que es el principal combustible utilizado en la cocción de los ladrillos artesanales, en su combustión genera productos que pueden tener efectos perjudiciales sobre el medio ambiente por lo cual organizaciones ambientalistas internacionales han rechazado de manera categórica y sostenida la explotación del carbón, alegando que es una práctica obsoleta que crea grandes problemas de contaminación en su proceso de extracción y en su procesamiento para generar energía.

2.8. Suelos estabilizados con cemento [Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones IDECA]

2.8.1. Efectos de la incorporación del cemento

Se puede distinguir efectos inmediatos y efectos a largo plazo, con el cemento son estos últimos los que se buscan preferentemente.

2.8.2. Mejora por modificación inmediata

Modificaciones del estado hídrico: Los efectos inmediatos se refieren principalmente al estado hídrico del suelo, que sufre un secado por el hecho de la adición de una cierta cantidad de materia seca y, en menor medida, de la pérdida de agua consumida en la hidratación del conglomerante. Este secado, según las dotaciones aplicadas, varía teóricamente, entre el 0,3 y el 0,5% del contenido de agua por punto porcentual de conglomerante, si bien en estos valores no se tiene en cuenta la evaporación que puede producirse en el transcurso de la mezcla in situ.

2.8.3. Efectos a medio y largo plazo

Resultan del fraguado y endurecimiento del conglomerante, los cuales proporcionan a los suelos tratados una resistencia mecánica que puede ser predominante en su

comportamiento. El valor de esta resistencia varía ampliamente y es función, principalmente, del tipo de conglomerante y de la dosificación del mismo.

Puede considerarse que el fraguado se desarrolla en tres etapas. La duración de cada una de ellas depende de la naturaleza de cada conglomerante y de la temperatura de la mezcla.

La primera etapa es la del comienzo del fraguado. Comprende el tiempo necesario para disolver y precipitar en forma de gel los silicoferroaluminatos de calcio en el agua libre del suelo. Este tiempo que corresponde al plazo de trabajabilidad, puede variar entre 2, 24 o más horas después de la fabricación de la mezcla. Dicho plazo es muy importante en las operaciones de tratamiento de suelos, puesto que fija un límite máximo a las operaciones de puesta en obra.

La segunda etapa corresponde al desarrollo de la cristalización del gel y por tanto de la rigidización de la mezcla que provoca el fraguado propiamente dicho. Se extiende desde algunos días en los conglomerantes con una proporción importante de clinker hasta algunas semanas en los de fraguado lento.

Finalmente, una vez completado el fraguado, es decir, después de la formación de la casi totalidad de los ferrosilicoaluminatos hidratados, hay un periodo durante el cual continúan creciendo las resistencias mecánicas. En climas templados su duración puede variar, siempre dependiendo de la naturaleza de los conglomerantes, entre algunas semanas y varios meses.

Se puede considerar que el fraguado de los conglomerantes hidráulicos se interrumpe una vez que la temperatura de la mezcla desciende por debajo de cero grados centígrados, lo que puede llevar en algunos casos a tener que repetir el tratamiento.

Los efectos a largo plazo de la incorporación del cemento son diferentes según se trate de suelos granulares o de suelos finos. En los primeros, la acción cementante es similar a la que se produce en el hormigón vibrado, con la diferencia de que el conglomerante no rellena completamente los huecos del esqueleto granular. En las arenas, la cementación se produce únicamente en los puntos de contacto entre granos. Cuanto más continua sea la granulometría, más reducidos serán los huecos entre partículas, más numerosas y de mayor tamaño las zonas de contacto entre ellas y más eficaz el efecto cementante.

En los suelos finos (arcillosos y limosos con plasticidad no elevada), la hidratación del cemento crea unos enlaces resistentes entre las partículas, formando una matriz que envuelve a las mismas. Esta matriz tiene una estructura de panal de la cual depende la resistencia de la mezcla, puesto que las aglomeraciones de partículas dentro de las “celdas” tienen una resistencia muy reducida y contribuyen muy poco a la del conjunto. La matriz fija las partículas, de forma que ya no pueden deslizar las unas sobre las otras. Es decir, el cemento reduce la plasticidad y aumenta la resistencia a esfuerzos cortantes. El efecto químico de superficie del cemento reduce la afinidad por el agua y con ello la capacidad de retención de la misma de los suelos arcillosos. Debido a esta menor afinidad por el agua y a la resistencia de la matriz, los cambios de volumen (hinchamientos) provocados por la absorción de agua y los efectos de la congelación y el deshielo disminuyen notablemente.

En cualquier tipo de suelo, se obtiene el máximo partido del proceso cementante cuando la compactación se realiza adecuadamente, con un contenido de humedad que facilite tanto dicha operación como la hidratación del cemento.

2.9. Otros estudios relacionados con la investigación

Fernández [2009], quien hizo el estudio “Estudio de la Influencia del Tipo de Arcilla en las Características Técnicas del Ladrillo. Santa Bárbara- Cajamarca.” Para ello evaluó ladrillos del Centro Poblado de Santa Bárbara, de acuerdo al tipo de arcillas con la que se elaboraba las unidades de dicha localidad, y evaluó las características de alabeo, variación dimensional y Resistencia Característica a la Compresión f^b . Determinando que la Resistencia Característica a la Compresión, de los ladrillos del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, se encuentra entre los rangos de 3.52 MPa y 8.48 MPa; así también que las unidades producidas en dicho lugar se clasifican como ladrillo Clase I y Clase II.

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1. Zona de estudio de suelos y de la fabricación del ladrillo artesanal

El estudio de suelos y de la fabricación del ladrillo artesanal se realizó en la zona noreste de la ciudad de Cajamarca en el Centro Poblado Menor de Santa Bárbara ubicado en el Distrito de Baños del Inca, en la provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente se halla entre las coordenadas 9210000N a 9217500N y 773750E a 779375E, a una altitud de 2800 msnm.

El Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, cuenta con cinco caseríos productores de ladrillo. Estos son: Colcapamapa, Quirayquero Bajo, Shultín, Santa Bárbara y Santa Bárbara Alta. El suelo con el cual se elaboró los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento fue extraído de una ladrillera del caserío de Shultín.

3.2. Equipos, herramientas, materiales, insumos

3.2.1. Equipos

- a. **De campo:** máquina para elaboración del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, wincha, cámara fotográfica, máquina de soldar.
- b. **De laboratorio:** Prensa de Compresión, Marco de Carga Vertical, soportes metálicos para muretes, Nivel de Ingeniero, deformímetro, estufa, balanza, tamices, cámara fotográfica, nivel de albañil, wincha, nivel de albañil, plomada.
- c. **De gabinete:** computadora, calculadora.

3.2.2. Herramientas

Picos, palanas, barreta, zaranda, carretilla, plancha dentada.

3.2.3. Materiales

- a. **De campo:** Bolsas plásticas, costales de rafia, etiquetas de identificación.
- b. **De laboratorio:** papel milimetrado, tiza, regla metálica, libreta de registro.
- c. **De gabinete:** Planos, útiles de laboratorio.

3.2.4. Insumos

Materia prima utilizada para la elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, y para las pruebas realizadas en laboratorio.

- a. Suelo de cantera del caserío de Shultín, del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara.
- b. Cemento Portland Adicionado Tipo ICo (ASTM C 1157, ASTM C 595, NTP 334.090)
- c. Arena gruesa, tamizada por la malla ASTM N° 4
- d. Yeso
- e. Agua Potable

3.3. Fase de campo

3.3.1. Reconocimiento de la zona de extracción del suelo

Se hizo un reconocimiento de las zonas donde se elaboran ladrillos artesanales en el Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, reconociendo el suelo en tanto a su color, textura y tipo. Se dialogó con las personas que elaboran los ladrillos artesanales consultando sobre el suelo que utilizan, en base a sus conocimientos y experiencias, sobre la composición, trabajabilidad y del proceso de elaboración.

Según la información recogida de los artesanos, que elaboran los ladrillos, existen suelos que sin la necesidad de ser mezclados son trabajables y se pueden elaborar ladrillos, como así mismo existen suelos que son muy arcillosos que deben ser mezclados con cantería pulverizada (traquita) para que la mezcla sea trabajable y los ladrillos no se fisuren en la cocción.

De acuerdo a esta información se determinó en primera instancia las zonas donde el suelo pudiera cumplir con las condiciones para la elaboración de los prototipos.

Así mismo en esta etapa se conversó con los trabajadores sobre la elaboración del ladrillo artesanal y de los materiales que se utilizan en la elaboración. Se conoció los pasos que se siguen y su duración, el rendimiento de un trabajador, los equipos y materiales que se utilizan, el proceso de horneado, los insumos y la cantidad que se utiliza para la cocción del ladrillo y los costos para todo el proceso. Esto permitió comparar al ladrillo artesanal con el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

3.3.2. Extracción y transporte de suelo

El suelo se extrajo de una profundidad mayor a los 40 cm, para desechar la capa vegetal y la materia orgánica. De la una las canteras del caserío de Shultín del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara y se transportó a la ciudad de Cajamarca tres metros cúbicos de suelo.

Se decidió que la elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo se debería realizar en un espacio de la ciudad de Cajamarca; para que facilite la elaboración, almacenamiento y curado de los prototipos.

3.3.3. Trituración y tamizado

Para iniciar la trituración se tuvo que tener en cuenta que el suelo este seco para que facilite dicha operación y su tamizado; ya que este suelo contiene arcillas y limos por lo que al estar húmeda es muy cohesiva.

La trituración del suelo se realizó de manera manual con mazos de madera, para que el suelo pueda ser tamizado por una malla de una abertura de 5 mm (aproximada a la abertura del tamiz N°4 de 4.8 mm)

Durante el proceso de trituración también se realizaba el tamizado por la malla de una abertura de 5mm. Esta tarea asegurará una eficiente compactación en el momento de realizar los prototipos y promover a hacer un buen uso de la máquina para evitar su deterioro.

3.3.4. Elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento

Para esta actividad se usó una máquina de compresión que fue previamente construida en base a la estructura de la denominada CIMVA-RAM, cuya fabricación se explica en el ítem 3.4.2.

Para la elaboración de las unidades de los prototipos del ladrillo sin cocción de suelo-cemento fue necesario conocer la humedad óptima de la mezcla; es decir, la cantidad de agua que se agregó según la cantidad de suelo y cemento. Dicha cantidad de agua se determinó de forma empírica, en base al proceso "prueba-error", realizando mezclas suelo-cemento en pequeñas cantidades con diferentes proporciones de agua y haciendo la prueba

llamada de la esfera, que consiste en: tomar un puñado de tierra humedecida en la mano y apretarla, la mezcla en la mano debe dejar una leve marca de humedad; luego la esfera formada se deja caer de una altura aproximada de 1.20 m pudiendo tener las siguientes situaciones:

- Si, la mezcla no se rompe y, al caer, se aplasta, dejando parte de la mezcla pegada en la mano, entonces hay exceso de agua.
- Si, la mezcla se desmorona sin conservar la forma de la esfera, entonces hay insuficiencia de agua.
- Si, la mezcla se desintegra, en una cierta cantidad de terrones, semejantes a la mezcla de la esfera original, entonces la humedad es óptima.



Imagen 3.1. Trituración y tamizado del suelo para los prototipos

Luego, de hacer diversos ensayos se pudo determinar que la cantidad de agua que se le debe agregar a la mezcla es aproximadamente la cuarta parte en volumen de la mezcla de suelo-cemento, y que se debe obtener una mezcla húmeda granular.

Así también se tuvo en cuenta de que se realice la prueba antes descrita cuando se elaboraba la mezcla de suelo-cemento, para ajustar la humedad en las diferentes etapas.

Una vez teniendo el método empírico que permitió echar la cantidad adecuada de agua a la mezcla suelo-cemento, se procedió a la elaboración de prototipos alternativos de ladrillos sin cocción de suelo-cemento. Pero, además se ha evaluado la humedad de la mezcla húmeda de suelo-cemento antes de elaborar los prototipos.

Los prototipos que se elaboraron fueron caracterizados por su contenido de suelo y cemento, caracterizándolos por sus proporciones de suelo y cemento como se indica en la **Tabla 3.1.**

Tabla 3.1. Prototipos estudiados de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Prototipo	Proporción de suelo en volumen	Proporción de cemento en volumen
Prototipo 1	95%	5%
Prototipo 2	90%	10%
Prototipo 3	85%	15%
Prototipo 4	80%	20%
Prototipo 5	75%	25%

Para todos los prototipos de ladrillos se elaboraron unidades aptas para edificaciones de asientos de cabeza y de soga (Largo: 22 cm, ancho: 12.5 cm y alto: 7.5 cm); habiendo pasado por tres etapas de trabajo hasta obtener las unidades ideales de ladrillos. Cada etapa fue parte de un proceso “ensayo-error” debido a que se debía hallar el volumen de mezcla húmeda adecuado y la presión óptima que debe ejercer la máquina para la obtención de los ladrillos.

En la Etapa I se determinó elaborar aproximadamente 100 unidades de cada prototipo. La mezcla de los materiales se hizo en forma manual. Para cada prototipo se realizaron tres tandas, mezclando 0.1 m³ de suelo-cemento y aproximadamente 0.025 m³ (25 litros) de agua; obteniéndose alrededor de 110 unidades de cada prototipo. Estos prototipos tenían un defecto, la altura (dimensión h) en una misma unidad variaba en gran proporción, hasta 12 mm, por lo que se decidió ajustar la máquina para que se obtenga elementos que no tengan este defecto; pasando, en consecuencia a la Etapa II del proceso de elaboración de ladrillos.

En la Etapa II, se determinó elaborar aproximadamente 15 unidades de cada prototipo; que se hizo en una sola tanda de 0.04 m³ de suelo - cemento y aproximadamente 0.01 m³ (10

litros). En estas unidades se observó que la variación dimensional en su altura (dimensión h) había disminuido teniendo una variación máxima de 3 mm en una misma unidad. Pero existía una variación dimensional considerable en altura entre unidades (un ladrillo versus otro), hasta 12 mm. Esta variación ocurrió debido a que la palanca de la máquina de presión no tenía un límite fijo, y permitía que se hiciera diferentes presiones al elaborar los ladrillos; de tal manera que en unos casos se ejercía menor presión obteniendo unidades más grandes, y en otros se ejercía mayor presión obteniendo unidades de menor tamaño. Por lo que se debió hacer un ajuste en la máquina de presión, para finalmente pasar a la Etapa III.



Imagen 3.2. Preparación de la mezcla húmeda de suelo - cemento.

En la Etapa III, al igual que en la Etapa II se determinó elaborar aproximadamente 15 unidades de cada prototipo; que se hizo en una sola tanda de 0.04 m^3 de suelo - cemento y aproximadamente 0.01 m^3 (10 litros). En estos ladrillos no se observó variación dimensional llegando a obtener las dimensiones esperadas. Sin embargo, cabe mencionar que en esta tercera etapa no se elaboraron unidades del Prototipos 1, porque se observó que eran muy frágiles por poseer una resistencia muy baja o casi nula.

Cabe indicar que la preparación de la mezcla para todos los casos fue de la siguiente manera: el suelo seco debidamente desmenuzado y zarandeado (por una malla con una abertura de 5 mm) y el cemento fueron premezclados hasta obtener color uniforme. Luego, se agregó el agua en forma de lluvia utilizando una regadera sobre la parte sólida de mezcla por etapas al mismo tiempo que se la movía con la palana, evitando que el agua se acumule en alguna parte; obteniendo de esta manera una mezcla uniformemente humedecida. Se agregaba algo de agua y se movía la mezcla, luego nuevamente se agregaba agua y se removía, repitiendo este proceso hasta obtener una mezcla algo granulada y con humedad óptima. Estado que fue comprobado con el ensayo de la esfera, que se ha descrito anteriormente; teniendo la certeza que la mezcla puede ser adecuadamente comprimido para obtener los prototipos. La función que cumple el agua es activar la acción cohesiva de las arcillas, actúa como lubricante para mejorar la compresión y activa la reacción con el cemento.



Imagen 3.3. Elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento en la máquina de compresión

Para la operación de elaboración de los ladrillos sin cocción de suelo-cemento, el sistema de compresión de la máquina consistió en los siguientes pasos: (a) introducir en la caja de

la máquina la mezcla se suelo – cemento húmeda; (b) ejercer presión, mediante una palanca que empuja el fondo de la caja para comprimirla contra su tapa, comprimiendo de esta manera la mezcla colocada anteriormente, dando forma del ladrillo; (c) extracción del bloque de la máquina, el que es compacto y manipulable; (d) colocación del bloque en lugar de almacenamiento para su secado y curado.

3.3.5. Almacenamiento

Los prototipos de la Etapa I y II fueron almacenados en un área techada, protegida de los rayos solares y de la lluvia, sin ventilación. De otro lado, los prototipos de la Etapa III, se almacenaron igualmente en un área techada, protegida de los rayos solares y de la lluvia pero con ventilación.

En relación al almacenamiento, se observó que a partir de los 7 días de haber sido elaboradas las unidades de prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento ya pueden ser apiladas, lo cual, trae una ventaja en cuanto a tener espacios reducidos para su producción en comparación del ladrillo artesanal.

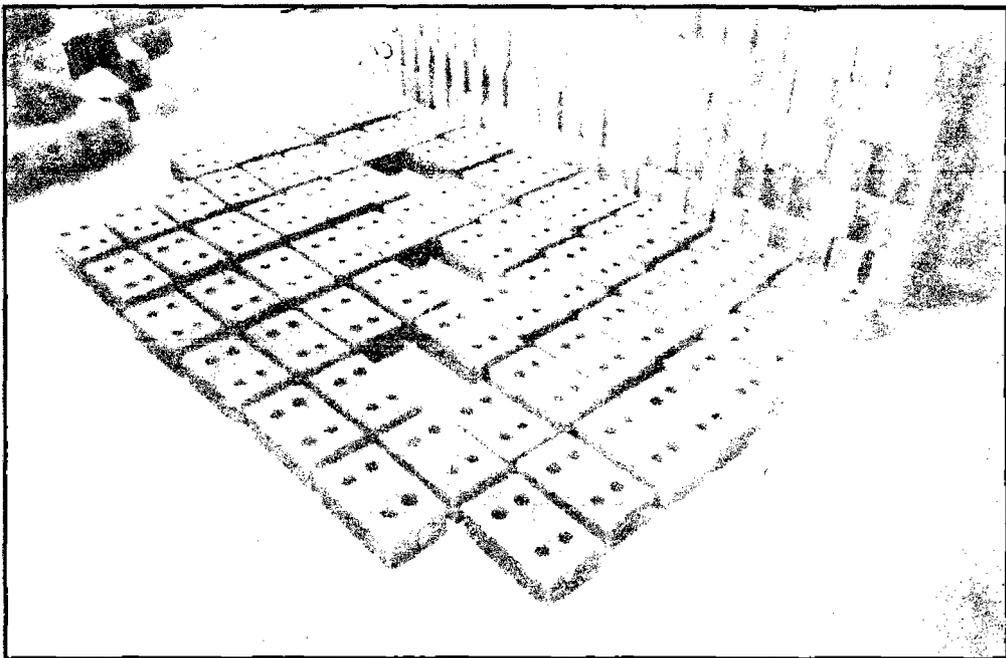


Imagen 3.4. Almacenamiento de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

3.3.6. Curado

A partir del segundo día de elaboración se humedecieron los prototipos una vez por día hasta los 21 días, luego los 7 días restantes los prototipos no se humedecidos con el objetivo de que endurezcan, pierdan humedad y sequen hasta los 28 días, tiempo en que alcanzan su mayor resistencia.

3.4. Fase de laboratorio y taller

3.4.1. Análisis del suelo

En una primera fase se realizó la prueba de decantación, obtenido datos mediante la observación, a algunos suelos de los caseríos del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, la cual consistía en colocar una mezcla de suelo con agua en un depósito de vidrio la cual se bate y se deja reposar durante por lo menos 45 minutos. La primera capa identificable estará constituida por el material más grueso, generalmente arena, donde se podrá identificar los diferentes tamaños de grano. Sobre ésta se asentará la arcilla, con su característico color rojizo. La última capa estará constituida por el material más polvoriento que es el limo, y de color más pardo que la arcilla. De existir presencia de humus en la muestra seleccionada para el ensayo, éste quedará en suspensión por un par de días, hasta asentarse finalmente.

Así también se hizo una prueba la que consistió en realizar una mezcla de suelo y cemento a la cual se le aplicó presión y se la dejó secar algunos días. Este ensayo se realizó con dos suelos que según el color y textura tenían una composición diferente, uno era arcilloso (suelo de una cantera de Shultín) y el otro arcillo arenoso (suelo de una cantera de Quirayquero). En la prueba se pudo observar que la mezcla húmeda elaborada con el suelo arcilloso era más consistente que la mezcla húmeda elaborada con el suelo arcillo arenoso; pero después de algunos días, cuando ambas mezclas estaban secas, se observó que en la mezcla elaborada con el suelo arcilloso se había producido fisuras por la expansión de la arcilla, por lo que se determinó que este suelo no era el adecuado para la elaboración de los prototipos, y en cambio la mezcla elaborada con el suelo arcillo arenoso no había sufrido fisuras y era consistente.

De acuerdo a las pruebas antes mencionadas; se determinó que el suelo que se adecua a las condiciones necesarias para la elaboración de las unidades de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento sería el suelo de la cantera de Shultín.

El suelo de la cantera de caserío de Shultín es de color oscuro y se aprecia que es arcillo arenoso; los trabajadores de esta zona expresaban que a este suelo no es necesario mezclarlo con cantería pulverizada (traquita) ya que este suelo no es muy “mitoso” (arcilloso) y es trabajable (la mezcla no se adhiere a las herramientas de trabajo) y obtienen unidades que no se fisuran en su cocción.

Se realizó un ensayo, que dependiendo de la velocidad de caída de las partículas en un líquido, utilizando la sedimentación continua de estas, se determinó la cantidad en volumen de arena, arcilla y limo. Esta prueba nos permitió comprobar lo observado en las pruebas de decantación realizadas inicialmente, descritas al principio de este ítem. Este ensayo del suelo de la cantera de Shultín, indicaba que volumétricamente la composición del suelo aproximadamente era de 70% de arena y 30% de arcilla y arena.

En el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca; se realizó el ensayo de composición del suelo en peso con el Análisis Granulométrico Mediante Tamizado por Lavado según ASTM D421, los ensayos de consistencia del suelo: límite líquido y límite plástico según ASTM D4318; lo cual permitió clasificar el suelo según AASHTO Y SUCS, según [Braja, 2001: 27-44]

Según los resultados obtenidos se corroboró que el suelo de la cantera del caserío de Shultín, era el adecuado para la elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento; ya que su composición está muy próxima a la adecuada: 70 % de arena y 30% de arcilla y limo en volumen [Gatani, 2000] y así también que sus características según su granulometría, límite líquido e índice de plasticidad se encontraban o eran muy próximas a las adecuadas [Aquino, 2004], las cuales se presentan en la **Tabla 2.1**; por lo cual, no era necesario modificar el suelo.

3.4.2. Diseño y construcción de la máquina de compresión para la elaboración de prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Para la elaboración de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento era necesario que se ejerza presión sobre la mezcla húmeda de suelo-cemento para que disminuyendo su volumen inicial se transforme en una masa compacta y con una cantidad mínima de espacios vacíos, para que de esta manera después de secar se obtenga un elemento de buena resistencia.

Teniendo como punto de referencia en otras máquinas fabricadas en otros países como en Colombia y Brasil, como la denominada CIMVA-RAM, se diseñó y construyó una máquina de compresión cuyo funcionamiento está basado en la fuerza de compresión que produce una persona a través de una palanca a la placa metálica que comprime a la mezcla confinada de suelo- cemento húmeda.

Primeramente se elaboró una maqueta de cartón para conocer el funcionamiento, y estimar dimensiones y materiales; para luego emprender un largo trabajo de carpintería metálica para su fabricación con los materiales adecuados para su fin.

Para el diseño de dicha máquina se tuvo en cuenta las dimensiones del ladrillo que se calcularon según las dimensiones máximas de un muro portante y los requerimientos sísmicos según la zonificación sísmica de Cajamarca (ubicada como zona 3) , que fueron de 22 cm de largo, de 12.5 cm de ancho y 7.5 cm de alto. Asimismo, se determinó que el nuevo ladrillo tenga cuatro perforaciones perpendiculares a la cara de asiento (considerando muros de cabeza y de soga) para aligerar su peso, por lo que se tuvo que diseñar y fabricar la máquina para que produzca unidades de con 4 huecos. El área de perforación diseñada fue de 7.37%, un valor menor al 25% del área bruta, por lo que el resultado a obtener serían unidades de ladrillos sólidas o macizas.

La máquina se fabricó mediante un proceso prueba-error, habiendo desarrollado varias modificaciones en su estructura y materiales usados. Todo el proceso se basó al tener en cuenta que la presión que se ejercía sobre la muestra de mezcla húmeda debe dar como resultado unidades de ladrillo con buena compactación y con altura "h" de 7.5 cm respecto a su cara de asiento, un elemento para muros de cabeza y de soga. La máquina se elaboró con planchas de metal de un espesor de 7 mm de espesor. En las primeras pruebas realizadas, la presión ejercida sobre la mezcla húmeda de suelo-cemento deformaba y

rompía algunas partes de la máquina, por lo que era necesario remplazarlas o reforzarlas ya sea soldando o usando materiales de acero. Al final, la máquina quedó construida mayormente con material acerado y planchas de metal de un espesor de 7 mm de espesor.

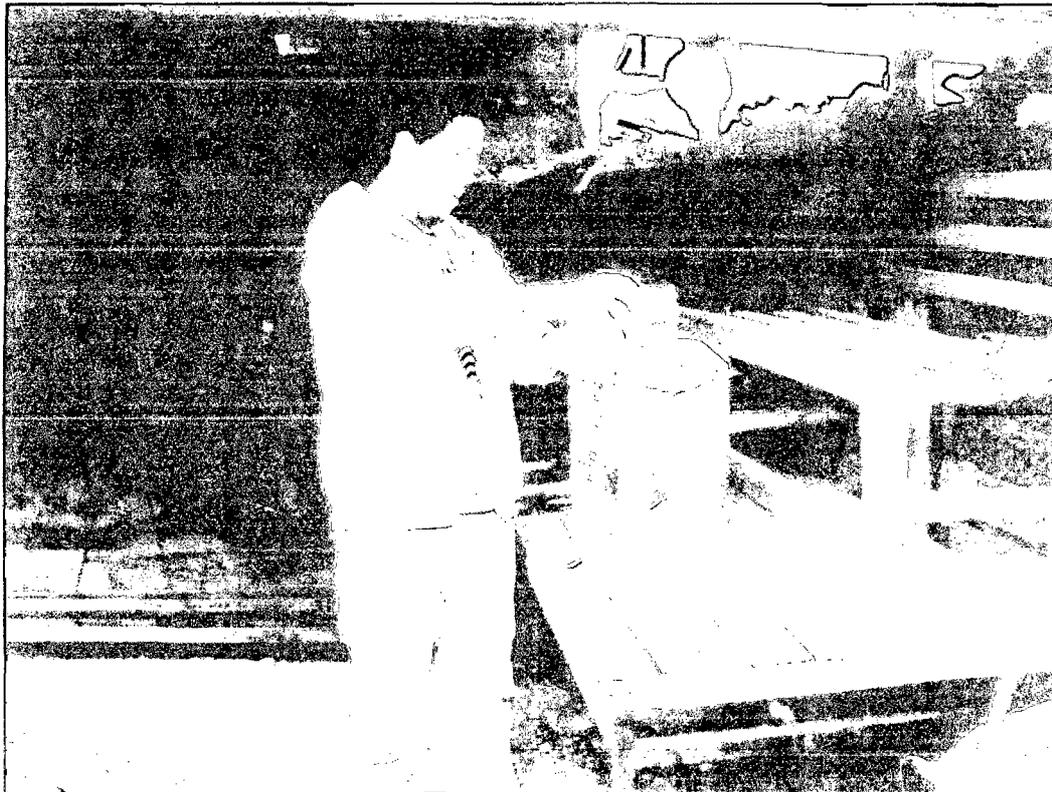


Imagen 3.5. Maqueta de madera de la máquina de compresión para la elaboración de prototipos

Cabe mencionar que durante todo el proceso de elaboración de los prototipos se realizaron mejoras a la máquina para que exista mayor resistencia en los elementos y no se deformen, como así también mejoras que permitan facilitar la producción de los ladrillos.

El costo aproximado de la máquina, considerando materiales, mano de obra y sin considerar el costo la reparación de la máquina, fue estimado en Quinientos con 00/100 Nuevos Soles (S/. 500,00); el costo de la máquina utilizando una placa de 1cm a 1.5cm podría llegar máximo a 1000 nuevos soles.



Imagen 3.6. Elaboración de la máquina de compresión para los prototipos en el taller de soldadura.

3.4.3. Ensayo de las unidades de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal.

Con el objeto de determinar las características técnicas de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento se hicieron ensayos en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento al momento de ensayarlos tenían una edad superior a los 28 días, que es la edad en la que se los puede utilizar para la albañilería. Se determinó esta edad ya que los concretos obtienen su resistencia máxima a los 28 días y también debido a que la Norma E-070 indica que para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días. Pero según indicado en las referencias bibliográficas se pueden hacer uso a los 21 días de edad.

También se determinaron las características técnicas del ladrillo artesanal, al cual se le consideró como un elemento de comparación. El ladrillo artesanal testigo fue obtenido de

la misma zona donde se extrajo el suelo para la elaboración de los prototipos. Los resultados obtenidos del ladrillo artesanal permitirán conocer su calidad para poder los resultados con los obtenidos de los prototipos.

Para determinar las características técnicas se realizaron los ensayos de acuerdo a la norma NTP 399.604 y NTP 399.613 cuyos resultados se presentan en el **Anexo 2**. Los ensayos realizados fueron:

- Humedad Natural
- Absorción
- Succión
- Variación dimensional
- Alabeo
- Resistencia Característica a la Compresión ($f'b$)

El ensayo de Humedad Natural se realizó en los prototipos de la Etapa I y a los prototipos de la Etapa III, ya que el espacio de almacenamiento fue distinto, como fue descrito en el ítem 3.3.5 Almacenamiento.

El ensayo de Absorción y Succión solo se realizaron a los prototipos de la Etapa I, y se decidió ya no realizar este ensayo a los prototipos de las otras dos etapas ya que los datos obtenidos de los prototipos de la Etapa I cumplían con lo establecido en la Norma E-70, y también debido a que se tuvo mayor interés en los resultados de los ensayos de Resistencia Característica a la Compresión.

Los ensayos de Alabeo y Variación Dimensional se realizaron a todos los prototipos de las tres etapas.

El ensayo de Resistencia Característica a la Compresión no se realizó a los prototipos 1 (5% de cemento y 95% de suelo en volumen) de la Etapa I, II ya que eran muy frágiles y se destruían en su manipulación; y no se tiene datos del Prototipo 1 de la Etapa III ya que en esta fase no se elaboraron.

Debido a que se observó en algunos "prototipos 5" de la Etapa II, que al ser secados en la estufa por 24 horas, tenían una mayor resistencia a la compresión con respecto a las unidades del Prototipo 5 en estado natural, sin ser secados en la estufa. También se

ensayaron prototipos de la Etapa III que habían sido introducidos en la estufa por un periodo de 24 horas lo cual incremento su resistencia a la compresión

3.4.4. Elaboración de prismas: pilas y muretes

Se elaboraron prismas: pilas y muretes para determinar (a) la Resistencia a la Compresión Axial $f'm$ y (b) la Resistencia a la Compresión Diagonal $v'm$, respectivamente.

Los prismas se elaboraron con un espesor de junta de acuerdo a la mayoría que se elabora en las viviendas de la ciudad de Cajamarca, un espesor mayor a 1.5 cm, para determinar la resistencia de las pilas con una junta que no cumpla con lo expresado en la Norma E-070.

Las pilas se elaboraron para cada tipo de prototipo y para el ladrillo artesanal, se elaboraron de dos tipos: de 4 unidades y de 3 unidades.

Los muretes se elaboraron para 4 prototipos, no se consideró el prototipo 1 (5% de cemento y 95 % de cemento) debido a que no se tenían suficientes unidades ya que muchas se habían deteriorado, ya que eran de mala calidad y se destruían en algunos casos solo con la manipulación. El asentado de los ladrillo fue en aparejo de cabeza. Las dimensiones se determinó que serían de acuerdo a las dimensiones del ladrillo para que facilite que el murete sea cuadrado, fueron de 70 cm x 70 cm, (dimensiones mínimas para muretes 60 cm x 60 cm según NTP 399.621).

A los prismas se le hizo un refrendado de cemento y yeso con un espesor que permita corregir las irregularidades de la albañilería en las zonas donde se hace contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo.

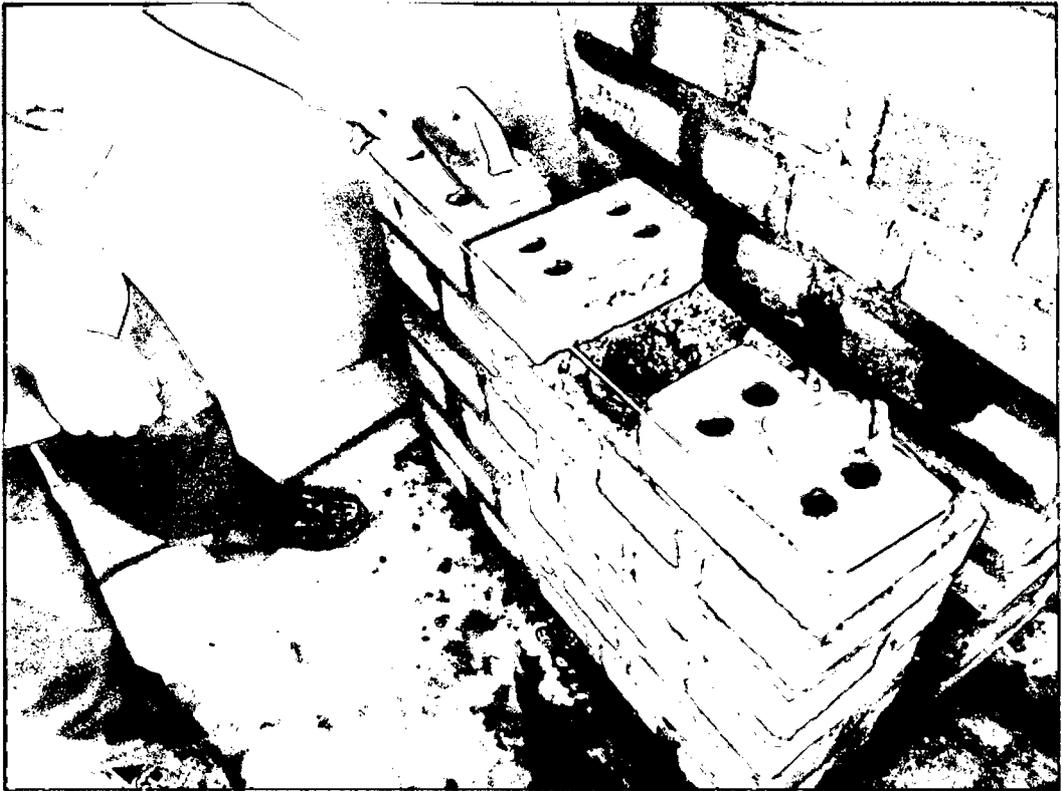


Imagen 3.7. Elaboración de los muretes en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de la UNC

Para el caso de los muretes de los prototipos antes de hacer el refrendado se taponeo los huecos de las unidades de las esquinas, en las cuales se apoyaría el murete, para evitar que en el momento del ensayo se produzcan fallas locales por concentración de esfuerzos (trituración).

3.4.4.1. Mortero utilizado en la elaboración de prismas

El mortero utilizado para la elaboración de los prismas: pilas y muretes, fue según la Norma E-070 para muros portantes P2 1: 5 en volumen (1 de cemento y 5 de arena, en estado suelto), que es el mortero con menor cantidad de cemento para muros portantes. Con una relación de agua/cemento de 0.85, (según Capeco) con la que se obtuvo una mezcla trabajable.

Los insumos que se emplearon para el mortero fueron:

Agregado fino. Arena gruesa que pasa el 100% por la malla ASTM N° 4, de la cantera del río Chonta del centro poblado de Huayrapongo del Distrito de Baños del Inca.

Las propiedades de la arena gruesa de la cantera de Huayrapongo se presentan en la **Tabla 3.2**.

Tabla 3.2. Propiedades del agregado fino para mortero

Propiedades	Valores
Pasa la malla ASTM N° 4 (4.75mm)	100%
Módulo de fineza	2.56
Peso unitario suelto seco	1594.38 kg/m ³
Peso específico seco	2.61 gr/cm ³

En la **Tabla 3.2** se puede observar que el módulo de finura se encuentra muy próximo al especificado en la Norma E-070, entre 1.6 y 2.5; así también el peso unitario suelto seco y el peso específico seco permitirá obtener la proporción en peso de mortero y la cantidad de materiales para un metro cubico de mortero.

Cemento Adicionado Tipo ICo. Cemento con un peso específico de 3.05 gr/cm³.

Agua potable: Agua bebible, limpia, libre de sustancia acidas alcalinas y de materia orgánica.

3.4.5. Ensayo de prismas: pilas y muretes

A los 28 días de haber construido los prismas se realizó el ensayo de pilas y muretes en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca. Las pilas de 3 y 4 filas fueron ensayadas en la Maquina Universal. Los muretes fueron ensayados en el Marco de Carga Vertical en forma diagonal para lo cual los muretes fueron apoyados en soportes metálicos que se utilizaron para que a través de estos se ejerza la carga sobre los muretes.

Se midió la deformación de los muretes cada 250 kg de incremento de carga, para lo cual se realizó con teodolito de ingeniero y papel milimetrado.

3.5. Fase de gabinete

Se realizó el procesamiento de la información cuantitativa y cualitativa.

El procesamiento de la información cuantitativa permitió, mediante los datos obtenidos de los ensayos y tratamiento estadístico: obtener el suelo adecuado para la elaboración de los prototipos, las propiedades de la mezcla húmeda de suelo-cemento, las propiedades de los prototipos del alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal, la clasificaciones de las unidades de los prototipos y del ladrillo artesanal, como así también el análisis de los ensayos a los prismas elaborados con los prototipos y el ladrillo artesanal.

El procesamiento de la información cualitativa, recogida de las conversaciones con los artesanos que producen el ladrillo artesanal, permitió conocer los equipos, materiales, insumos en la producción del ladrillo artesanal lo que permitió conocer los efectos negativos que produce dicha actividad; así también el costo de producción del ladrillo artesanal, el que fue comparado con el costo de producción del ladrillo alternativo.

3.6. Evaluaciones realizadas

3.6.1. Análisis suelo

En primer lugar, se estudió la composición del suelo que se utiliza actualmente para la elaboración de los ladrillos artesanales, tomando muestras de algunas canteras del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, ya que en ese lugar se hallan las canteras representativas; con cuyo material se realizó la investigación.

Se buscaba comprobar que la composición del suelo de Shultín se aproxime a la siguiente composición: 70 % de arena y 30 % de arcilla y limo en volumen; y que cumpla con las condiciones de acuerdo a su granulometría, límite líquido e índice de plasticidad, presentadas en la **Tabla 2.1**.

3.6.2. Dimensionamiento de los prototipos

Se dimensionó la unidad del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento para Cajamarca, teniendo en cuenta las condiciones impuestas por la Norma Técnica Peruana E-070 y E-030. Y para obtener un ladrillo solido (tipo King Kong), con un área de perforación menor al 25% del área bruta.

3.6.3. Propiedades de la mezcla húmeda de suelo-cemento

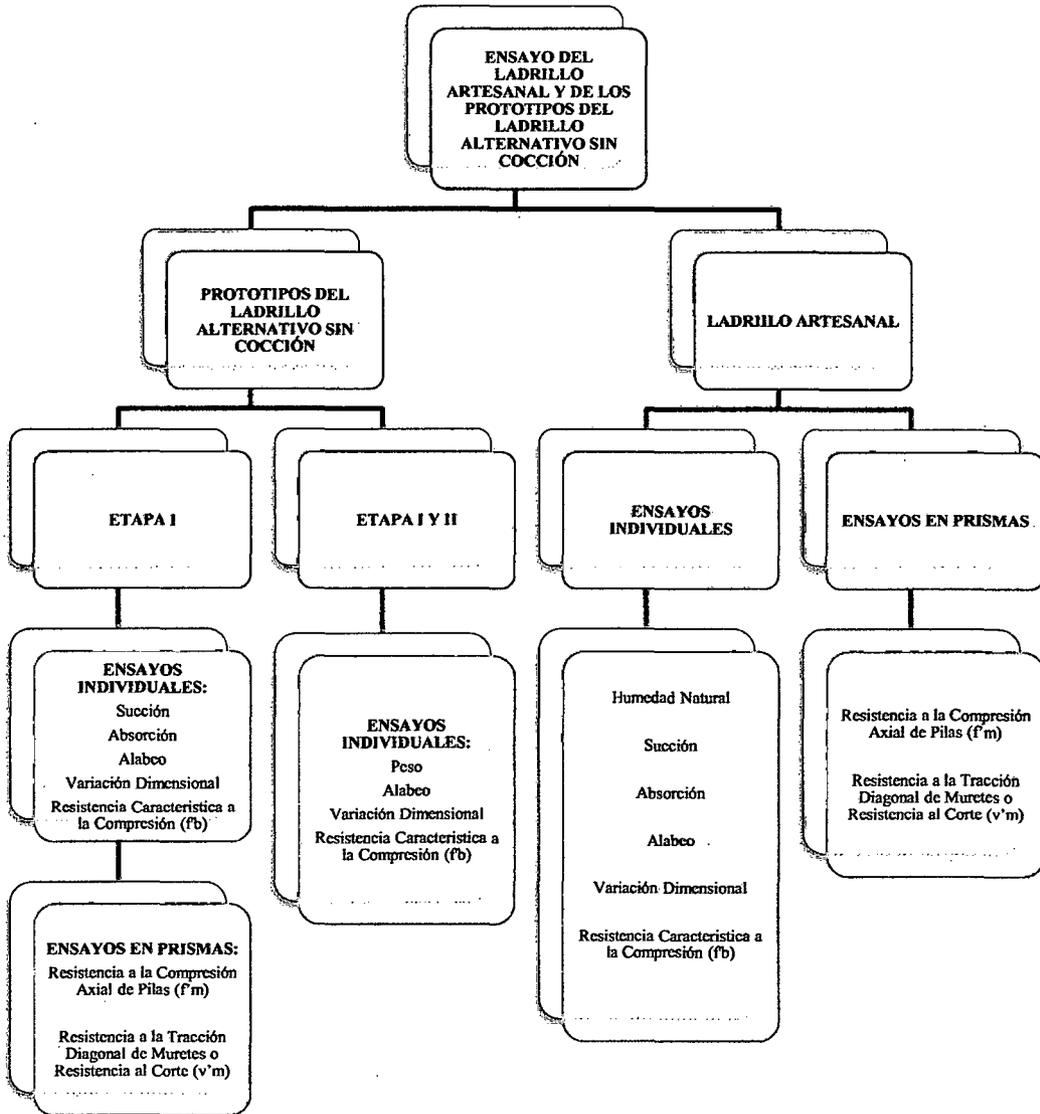
Se determinó dos propiedades de la mezcla húmeda:

- Contenido de humedad.
- Cambio volumétrico del volumen de mezcla antes y después de comprimir.

Se determinó el contenido de humedad del suelo seco y de las mezclas húmedas de suelo-cemento de cada proporción, en las Etapas I y II. Las muestras de las mezclas húmedas fueron acopiadas antes de comience la elaboración de las unidades en la “máquina para la elaboración de los prototipos”. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas para que sean llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos.

El cambio volumétrico de la mezcla húmeda antes y después su compresión en la “máquina para la elaboración de los prototipos” se determinó con la altura inicial de la mezcla húmeda dentro del contenedor de la máquina y con respecto con la altura “h” promedio de los prototipos. Este cambio volumétrico se determinó para las tres etapas.

3.6.4. Propiedades de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal.



Cuadro 3.1. Ensayos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y los prototipos del ladrillo artesanal

En el Cuadro 3.1 se puede apreciar los ensayos realizados a los prototipos del ladrillo alternativo en las tres Etapas y al ladrillo artesanal.

Los ensayos para determinar las propiedades de los prototipos del ladrillo alternativo se realizaron a la edad de 28 días. Así también se realizaron los ensayos para el ladrillo artesanal, (considerado como elemento testigo). Las propiedades que se determinaron fueron:

- a. **Peso:** Para ello se pesaron en una balanza analítica 15 unidades de ladrillo alternativos sin cocción de los prototipos de la Etapa III; así como la misma cantidad de ladrillo artesanal; para luego obtener su promedio.
- b. **Densidad:** Teniendo en cuenta el dato del peso de los prototipos de la Etapa III y con el promedio de las dimensiones “l”, “a” y “h” de las unidades de los prototipos de la Etapa III, se determinara la densidad de la unidad del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y la densidad del material, para lo cual se disminuirá el volumen de las 4 perforaciones; así también se determinara la densidad del ladrillo artesanal.
- c. **Humedad natural:** Para ello, se pesaron cuatro unidades en su estado natural (a los 28 días de edad) para obtener un peso inicial natural (P0); luego, fueron introducidas a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas), para ser nuevamente pesadas y obtener un peso final seco (P1). Al relacionar los datos de peso inicial y peso final se calculó la humedad natural, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad natural (Hn\%)} = \frac{100(P0 - P1)}{P1}$$

- d. **Succión:** Para este caso también se trabajó con cuatro unidades, habiendo obtenido en primer lugar el peso seco final (P1), al haber colocado las unidades a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas); luego, cada unidad se sumergió por su cara de asiento en una película de agua de 3 mm durante 1 minuto, para pesarla inmediatamente y obtener un nuevo peso (P2); y calcular la succión mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Succión} \left(\frac{\text{gr}}{200} \text{ cm}^2 - \text{min} \right) = \frac{200(P2 - P1)}{\text{Area cara asiento}}$$

- e. **Absorción:** Para este caso también se trabajó con cuatro unidades, habiendo obtenido en primer lugar el peso seco final (P1), al haber colocado las unidades a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas); luego, cada unidad se introdujo totalmente en agua fría durante 24 horas, para luego ser pesada y obtener un nuevo peso (P3); y calcular la absorción mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción}(A\%) = \frac{100(P3 - P1)}{P1}$$

- f. **Alabeo:** En este caso se midió la concavidad o convexidad de 15 unidades, para lo cual, se coloca sobre una superficie plana y con la ayuda de una regla sobre la cara del asiento de la unidad se introdujo una cuña de madera graduada al milímetro en la zona más alabeada, registrando dicha dimensión para obtener el promedio.

- g. **Variación dimensional:** Para esta evaluación se tomó 30 unidades para la Etapa I y 15 unidades para la Etapa II. Esta característica se obtiene al comparar las medidas reales de las unidades con las medidas previstas para su elaboración (De) que fueron: Largo= 22 cm; Ancho= 12.5 cm y Alto= 7.5 cm. Para ello, de cada unidad se midió, en la parte media, sus cuatro lados para cada medida; obteniendo su promedio (Dp). De esta manera se obtiene tres valores de Dp (largo, ancho y alto). Estos datos sirven para obtener la variación dimensional usando la siguiente fórmula para cada medida:

$$\text{Variación dimensional} (V\%) = \frac{100(De - Dp)}{De}$$

- h. **Resistencia a la Compresión Axial:** Esta evaluación se hizo usando la Prensa de Compresión del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca. En este caso se ensayaron 15 unidades obteniendo su promedio (\bar{Y}) y desviación estándar (δ).

Luego, para obtener el valor de la Resistencia Característica a la Compresión Axial ($f'b$), se resta el valor de la desviación estándar del promedio, es decir mediante la siguiente fórmula:

$$f'b = \bar{Y} - \delta$$

La evaluación de estas propiedades permitió clasificar a los prototipos del ladrillo alternativo y al ladrillo artesanal testigo.

3.6.5. Propiedades de los prismas: pilas y muretes

Con los prototipos (2, 3, 4 y 5) de la Etapa I y con ladrillo artesanal testigo se elaboraron dos tipos de prismas: pilas y muretes. Las pilas se elaboraron de 3 y 4 filas; los muretes tuvieron un asentado de cabeza de dimensiones de 70 cm x 70 cm. Estos prismas fueron curados durante sus primeros 15 días y ensayados a la edad de 28 días. Antes de su ensayo fueron refrendados con una capa de yeso: las pilas sobre su superficie de ensayo y los muretes en las esquinas donde se apoyarían durante el ensayo. Las pilas fueron ensayadas en la Prensa de Compresión y los muretes en el Marco de Carga Vertical, apoyados sobre dos soportes metálicos.

Así también, se midió la deformación de los prismas. En el caso de las pilas la deformación fue mediada con el deformímetro y para el caso de muretes con el nivel de ingeniero y papel milimetrado.

3.6.6. Información sobre la elaboración de los ladrillos artesanales

Además de la observación de campo, se dialogó con diferentes artesanos productores de ladrillo artesanal del caserío de Shultín del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, con la finalidad de conocer los equipos, materiales e insumos que utilizan para la producción; como así, sus costos, el proceso de producción, rendimiento de la mano de obra, etc.

Esta información permitió calcular de forma aproximada el costo de producción del ladrillo artesanal, determinar sus ventajas y desventajas frente al ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, y estimar los efectos negativos que se producen o que se podrían producir por la cocción del ladrillo artesanal.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las unidades de análisis fueron los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, así como el ladrillo artesanal. Ambos fueron elaborados con el mismo suelo, procedente de una cantera del caserío de Shultín de Centro Poblado Menor de Santa Bárbara.

4.1. Análisis del suelo

De acuerdo al ensayo de asentamiento, basado en la velocidad de caída de las partículas en un líquido, se determinó que el suelo tiene composición en volumen aproximada de 70% de arena y 30% de arcilla y limo; el cual cumple con el suelo ideal para la elaboración de la ladrillo suelo – cemento.

Se realizó los siguientes ensayos: “Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado”, según Norma ASTM D421, “Límite Líquido” y “Límite Plástico” según Norma ASTM D4318. Los resultados del análisis granulométrico mediante tamizado por lavado se presentan en la **Tabla 4.1** y **4.2**; los resultados del ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico y los porcentajes que pasan en las mallas ASTM 4, 10, 40, 200 presentados en la **Tabla 4.3** que permitió clasificar el suelo según AASHTO Y SUCS. [Braja, 2001: 27-44]

Tabla 4.1. Análisis granulométrico de la muestra 1 mediante tamizado por lavado según ASTM D421.

Tamiz		P.R.(gr)	% P.R.	% P.R.A.	% que pasa la malla
Número	Abertura (mm)				
Nº 4	4.760	1.10	0.55	0.55	99.45
Nº 10	2.000	6.40	3.20	3.75	96.25
Nº 20	0.840	10.70	5.35	9.10	90.90
Nº 30	0.590	7.30	3.65	12.75	87.25
Nº 40	0.420	10.00	5.00	17.75	82.25
Nº 60	0.250	19.70	9.85	27.60	72.40
Nº 100	0.150	32.90	16.45	44.05	55.95
Nº 200	0.074	24.80	12.40	56.45	43.55
Pérdida por lavado		87.10	43.55	100.00	0.00

P.R.: Peso retenido; % P.R.: Porcentaje de peso retenido; % P.R.A.: Porcentaje de peso retenido acumulado.

Tabla 4.2. Análisis granulométrico de la muestra 2 mediante tamizado por lavado según ASTM D421.

Tamiz		P.R. (gr)	% P.R.	% P.R.A.	% que pasa la malla
Número	Abertura (mm)				
Nº 4	4.760	1.00	0.50	0.50	99.50
Nº 10	2.000	4.40	2.20	2.70	97.30
Nº 20	0.840	7.10	3.55	6.25	93.75
Nº 30	0.590	6.90	3.45	9.70	90.30
Nº 40	0.420	7.30	3.65	13.35	86.65
Nº 60	0.250	17.90	8.95	22.30	77.70
Nº 100	0.150	40.30	20.15	42.45	57.55
Nº 200	0.074	21.50	10.75	53.20	46.80
Pérdida por lavado		93.60	46.80	100.00	0.00

P.R.: Peso retenido; % P.R.: Porcentaje de peso retenido; % P.R.A.: Porcentaje de peso retenido acumulado.

Tabla 4.3. Características del suelo de la cantera de Shultín, y su clasificación según AASHTO Y SUCS.

Característica	Muestra 1	Muestra 2
% pasa malla Nº 4	99.45	99.50
% pasa malla Nº 10	96.25	97.30
% pasa malla Nº 40	82.25	86.65
% pasa malla Nº 200	43.55	46.80
% pasa malla Nº 4 y se retiene en malla Nº 200, % de arena	55.90	52.7
% que se retiene malla Nº 4, % de grava	0.55	0.50
Límite Líquido % (LL)	43.48	43
Límite Plástico % (LP)	21.08	21
Índice Plástico % (PI)	22.40	22
PI > LL-30	13.48	
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-7-6	(7)
CLASIFICACIÓN SUCS	SC	

Según los datos obtenidos, presentados en la **Tabla 4.3**, el suelo se clasificó de dos formas:

Clasificación AASHTO: A-7-6. Material arcilla - limo, ya que el porcentaje que pasa la malla N° 200 es mayor a 35%, y según su límite líquido e índice de plasticidad predominando el suelo arcilloso.

Clasificación SUCS: SC. Suelo de arena arcillosa, ya que la grava es menor al 15%.

4.2. Dimensionamiento de los Prototipos

Las dimensiones de los ladrillos deben cumplir con lo especificado en la Norma E-070, para que sean utilizados en muros portantes, confinados. De tal manera que el dimensionamiento de los prototipos se hizo teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

Ítem 7.2.1.b. Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea de dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m.

Ítem 7.1.1.a. Espesor Efectivo “t”. El espesor efectivo (Ítem 2.1.13) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las zonas Sísmicas 2 y 3}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la zona Sísmica 1}$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (Ítem 2.1.6)

Ítem 2.1.13. Espesor efectivo. Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

Ítem 2.1.6. Altura efectiva. Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

Por lo tanto, los valores para $L_{\text{máx}}$ y $h_{\text{máx}}$, fueron:

$$L_{\text{máx}} = 5 \text{ m (de centro a centro de columnas)}$$

$$h_{\text{máx}} = 2.4 \text{ m (altura efectiva máxima en muros confinados portantes)}$$

De otro lado, se conoce que según la Norma E-030, Cajamarca se halla en Zona Sísmica 3, por lo que para determinar el espesor mínimo efectivo "t" se usó la fórmula de la Norma E-070 del ítem 7.1.1.a:

$$t \geq \frac{h}{20}$$

$$t_{\text{mínimo}} = \frac{240 \text{ cm}}{20}$$

$$t_{\text{mínimo}} = 12 \text{ cm}$$

En base a dichos cálculos se asumió las siguientes dimensiones para el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento: **22 cm x 12.5 cm x 7.5 cm**. De este modo, en el caso de que el muro sea de soga al usar el nuevo ladrillo se cumple con la Norma E-070. Cabe mencionar, que dichas dimensiones, también son las mismas del ladrillo artesanal que se evalúa en este trabajo de investigación.

Además de calcular las dimensiones del nuevo ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, se consideró aligerar su peso para lo cual, se le diseñó con 4 perforaciones perpendiculares a su cara de asiento (considerando muros de cabeza y de soga). Cada perforación tiene 1 pulgada de diámetro, lo que hace un área total perforada es de 20.28 cm² en un área bruta de 275 cm², teniendo un porcentaje de perforación en la superficie de asiento de 7.37% del área bruta, inferior al 25%, que de acuerdo a las especificaciones técnicas se trata de unidades sólidas o macizas.

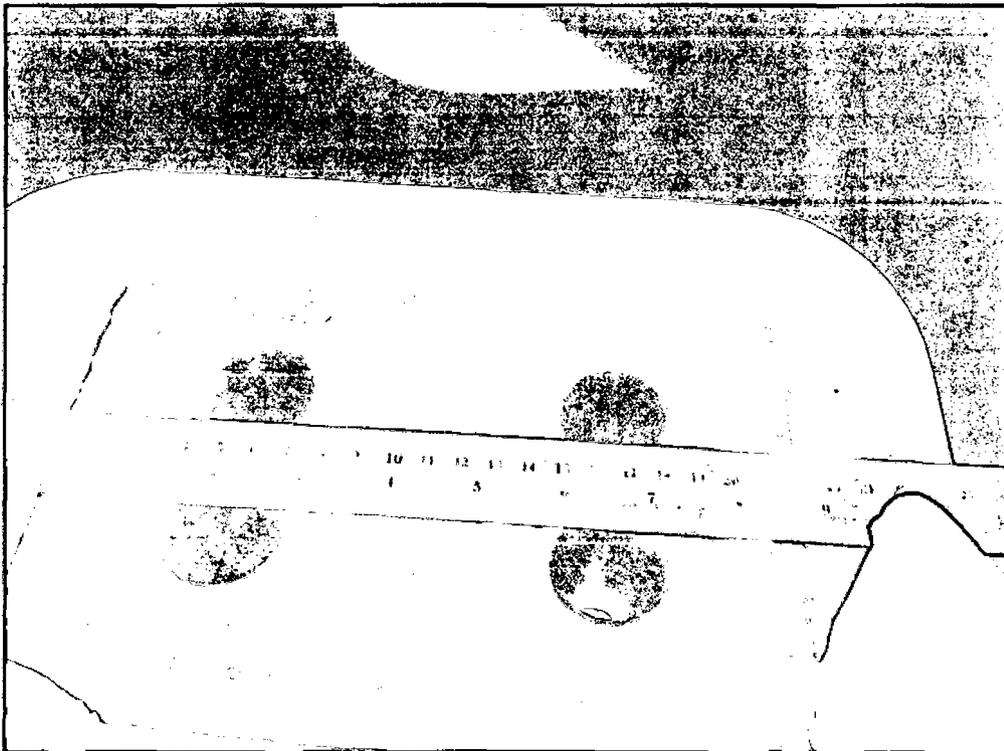


Imagen 4.1. Prototipo del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

4.3. Contenido de humedad de la mezcla húmeda de suelo – cemento y cambio volumétrico

4.3.1. Contenido de humedad de la mezcla húmeda de suelo – cemento

Se realizó el análisis del contenido de humedad del suelo, así como, de la mezcla húmeda de suelo-cemento que se usó para elaborar cada uno de los prototipos de la Etapa I y II; sin considerar la Etapa III, puesto que para ésta el suelo contenía el mismo contenido de humedad que en la Etapa II. Estas evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNC, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 4.4**; donde se observa que en la Etapa I el suelo (con 6.37%) tuvo mayor contenido de humedad que en la Etapa II (con 2.68%); lo que influyó para que el contenido de humedad de la mezcla de los prototipos de la Etapa I sea mayor que el contenido de humedad de la mezcla usada en la Etapa II.

Cabe mencionar que a pesar que el contenido de humedad de las mezclas fue distinto en ambas etapas, éstas tenían la misma consistencia que fue comprobada mediante el la

prueba de la “esfera”; lo cual, se debe a que en ambas etapas se echó la misma cantidad de agua, usando en volumen el 25% de agua respecto de la cantidad de suelo y cemento.

Tabla 4.4. Contenido de humedad del suelo, y de las mezclas para los prototipos de la Etapa I y II.

Etapas	Suelo	Mezcla húmeda suelo-cemento para Prototipo 1	Mezcla húmeda suelo-cemento para Prototipo 2	Mezcla húmeda suelo-cemento para Prototipo 3	Mezcla húmeda suelo-cemento para Prototipo 4	Mezcla húmeda suelo-cemento para Prototipo 5
Etapa I	6.37%	20.97%	20.90%	20.20%	20.21%	20.23%
Etapa II	2.68%	17.41%	16.78%	16.56%	16.67%	16.56%

4.3.2. Cambio volumétrico de la mezcla húmeda suelo – cemento, antes y después de su compresión en el proceso de elaboración de los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento

La variación volumétrica se calculó teniendo en cuenta la altura de la mezcla que se colocaba en el recipiente de la máquina de elaboración del ladrillo sin cocción de suelo-cemento (llamada en este caso altura inicial), con respecto a la altura (“h”) de la unidad (ladrillo) obtenida, sin considerar las otras dimensiones ancho (“a”) y largo (“l”), ya que éstas se mantiene contantes.

Hay que considerar que la presión ejercida con la máquina fue diferente en cada una de las tres etapas. En la Etapa I y II se ejerció la misma presión, mientras que en la Etapa III se ejerció mayor presión; lo cual, determinó que en el Etapa III se obtuvieran unidades con menor dimensión en “h”. En las Etapas I y II se obtuvieron unidades con una altura (“h”) de alrededor de 8 cm; mientras que en la Etapa III la altura (“h”) fue de alrededor de 7 cm. Por lo tanto, el cambio volumétrico aproximado que tiene el prototipo de cada etapa se puede observar en la **Tabla 4.5**; donde hubo mayor reducción de la altura (“h”) en la Etapa III, quedando el 46.7% de la altura inicial; mientras que en las Etapas I y II, dicho valor fue 53.3%.

Considerando los resultados obtenidos de las propiedades de los prototipos elaborados en la Etapa III, se puede decir que el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento apto

para las edificaciones se obtuvo al tener un cambio volumétrico del 46.7%, logrado mediante la presión ejercida mediante la máquina.

Tabla 4.5. Cambio volumétrico de los prototipos en cada etapa, con respecto a la altura inicial en el recipiente de la máquina y la altura “h” de las unidades.

Etapa	Altura inicial de la mezcla en la máquina (cm)	Altura "h" de los prototipos (cm)	Cambio volumétrico aproximado (%)*
Etapa I	15	8.0	53.3
Etapa II	15	8.0	53.3
Etapa III	15	7.0	46.7

*: Porcentaje de la altura inicial que posee la unidad (ladrillo) al final de su elaboración.

4.4. Peso del ladrillo artesanal y de los prototipos de ladrillo alternativo

Se realizó una comparación del peso del ladrillo artesanal con el peso de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento. Para lo cual, se pesó unidades del ladrillo artesanal y los prototipos de la Etapa III, los cuales clasifican como ladrillo, cuyo promedio se presenta en la **Tabla 4.6.**

De acuerdo a los datos, todos los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento tienen menor peso que el ladrillo artesanal; observándose que sus pesos fueron menores en 384,20; 221.95; 234.27 y 271.77 gramos para los prototipos 2, 3, 4 y 5, respectivamente; lo cual, puede facilitar su transporte y su manipulación, así como reducir el peso de las estructuras.

Tabla 4.6. Promedio del peso del ladrillo artesanal y de los prototipos.

Unidad	Peso natural (gramos)	Reducción de peso de los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento respecto del ladrillo artesanal	
		Peso (gramos)	Porcentaje
Ladrillo Artesanal	3237.20	-	
Prototipo 2	2853.00	384.20	11.87
Prototipo 3	3015.25	221.95	6.86
Prototipo 4	3002.93	234.27	7.24
Prototipo 5	2965.43	271.77	8.40

4.5. Densidad

Se realizó el cálculo de la densidad de la unidad (Tabla 4.7) y la densidad del material que compone la unidad (Tabla 4.8) del ladrillo artesanal y de los prototipos de la Etapa III. Donde se puede observar que la densidad de la unidad y del material de los prototipos es menor a la del ladrillo artesanal.

Tabla 4.7. Densidad de la unidad del ladrillo artesanal y del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Unidad	Peso natural (gramos)	Promedio de las dimensiones (cm)			Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
		"L"	"a"	"h"		
Ladrillo Artesanal	3237.20	21.58	12.33	7.45	1982.31	1.63
Prototipo 2	2853.00	21.93	12.50	7.01	1921.62	1.48
Prototipo 3	3015.25	21.94	12.50	7.24	1985.57	1.52
Prototipo 4	3002.93	21.97	12.50	7.15	1963.57	1.53
Prototipo 5	2965.43	21.96	12.50	7.16	1964.53	1.51

Tabla 4.8. Densidad del material del ladrillo artesanal y del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Unidad	Peso natural (gramos)	Volumen de la und (cm ³)	Volumen de la perforación*	Volumen de la und sin perforaciones	Densidad (gr/cm ³)
Ladrillo Artesanal	3237.20	1982.31	-	1982.31	1.63
Prototipo 2	2853.00	1921.62	35.54	1886.08	1.51
Prototipo 3	3015.25	1985.57	36.71	1948.86	1.55
Prototipo 4	3002.93	1963.57	36.25	1927.32	1.56
Prototipo 5	2965.43	1964.53	36.3	1928.23	1.54

*Volumen de perforación: producto del área de la perforación de 1" (5.07 cm²) y la altura "h" promedio presentada en la Tabla 4.8.

4.6. Humedad natural, Succión y Absorción

El ensayo de humedad natural se realizó con los Prototipos de la Etapa I y III, debido a que el lugar de almacenaje durante el curado tenían diferentes condiciones las cuales se detallan en el capítulo III. De otro lado, los ensayos de Succión (S) y Absorción (A) solo se

realizaron con los Prototipos de la Etapa I y con el ladrillo artesanal; ya que los resultados obtenidos fueron satisfactorios cumpliendo con las condiciones de la Norma E-070, sin ser necesario repetir los ensayos con los prototipos de las Etapas II y III.

4.6.1. Humedad Natural

Se tuvieron prototipos de las Etapas I y III que fueron curados y almacenados en diferentes ambientes de acuerdo a su ventilación. Los prototipos de la Etapa I, fueron almacenados en un espacio sin ventilación; mientras, que los prototipos de la Etapa III fueron almacenados en un lugar ventilado.

En la **Tabla 4.9**, se muestra los promedios del contenido de humedad natural de las unidades del ladrillo artesanal y de los prototipos 2, 3, 4, 5 de la Etapas I y III; observándose en todos los casos que los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento tienen mayor contenido de humedad natural que el ladrillo artesanal; variando los datos para los prototipos entre 6.04 y 15.07%, mientras que el ladrillo artesanal tuvo 1.13% de humedad natural. Este resultado se explica porque el ladrillo artesanal ha sido sometido a un proceso de cocción donde ha perdido su humedad; mientras que los prototipos fueron secados al medio ambiente.

De otro lado, hay diferencia del contenido de humedad natural de los prototipos entre las Etapas I y III; habiendo menor contenido en la Etapa III (promedio 6.56) respecto a la Etapa I (promedio 12.05); lo cual, se debería mayormente a la diferencia de ventilación durante el almacenamiento, donde la Etapa III tuvo mayor ventilación.

Tabla 4.9. Contenido de humedad del ladrillo artesanal y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Unidad	Promedio de humedad natural (%)	
Ladrillo Artesanal	1.13	
Prototipos ladrillo sin cocción	Etapa I	Etapa III
Prototipo 2	8.11	6.15
Prototipo 3	11.03	7.31
Prototipo 4	15.07	6.75
Prototipo 5	13.99	6.04
Promedio de las Etapas	12.05	6.56

4.6.2. Succión

Los valores obtenidos de esta variable fueron comparados con lo expresado en la Norma E-070 del Ítem 4.1.4; así como, con lo expresado por **San Bartolomé [pág. 116, año 1995]**; donde se recomienda que se debe tener una succión comprendida entre 10 y 20 gr/200 cm²-min. Observándose que los valores hallados tanto del ladrillo artesanal como de los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento están entre los valores admisibles de succión (**Tabla 4.10**).

Tabla 4.10. Succión del ladrillo artesanal y de los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento (Etapa I).

Unidad	Promedio de Succión (gr/200 cm ² -min)	Condición respecto a Norma E-070
Ladrillo Artesanal	19	Cumple
Prototipo 2	18	Cumple
Prototipo 3	18	Cumple
Prototipo 4	18	Cumple
Prototipo 5	19	Cumple

4.6.3. Absorción

En la **Tabla 4.11**, se muestra los valores promedio de absorción del ladrillo artesanal y de los prototipos 2, 3, 4 y 5 de la Etapa I, cuyos valores fueron comparados con lo expresado en la **Norma E-070 del Ítem 3.1.5. Aceptación de la Unidad, enunciado “b”**, donde se indica que la absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%. Se tomó este valor como testigo, para compararlo con los datos obtenidos en el ensayo. Al hacer dicha comparación se observó que tanto el ladrillo artesanal como los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento cumplen con la condición de tener una absorción menor al 22 %, que expresa la Norma Técnica E-070. De otro lado, se observó que los prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento tuvieron un valor superior (promedio de 21.40%) respecto del ladrillo artesanal (16,62%), lo cual, se debería al proceso de cocción que es sometido éste último.

Tabla 4.11. Absorción del ladrillo artesanal y de los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento (Etapa I).

Unidad	Absorción (%)	Condición respecto a Norma E-070
Ladrillo Artesanal	16.62	Cumple
Prototipo 2	21.41	Cumple
Prototipo 3	21.33	Cumple
Prototipo 4	21.22	Cumple
Prototipo 5	21.64	Cumple
Promedio de prototipos	21.40	-----

4.7. Alabeo del ladrillo artesanal y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento

Se realizó la medida del alabeo en el ladrillo artesanal y de los prototipos de la Etapa I, II y III. En las unidades de la Etapa I, no se obtuvo resultados de alabeo ya que ambas caras eran completamente planas.

La razón para que aparezca el alabeo en los Prototipos de la Etapa II y III se debió a que las planchas que comprimían la mezcla húmeda de suelo – cemento se deformaban paulatinamente con la presión ejercida por la máquina.

Los datos obtenidos del alabeo del ladrillo artesanal y prototipos de las tres etapas fueron comparados con los datos del ítem 3.1.2. Clasificación para fines estructurales de la Norma E-070, para determinar su condición respecto a su cumplimiento.

Respecto a los prototipos de la Etapa I, no existía alabeo puesto que las dos caras de asiento eran completamente planas; por lo que se considera con alabeo cero, cumpliendo con la condición de ladrillo clase “V”.

Cabe mencionar que no se tomó en cuenta los datos de alabeo del Prototipo 1 de ninguna Etapa, ya que sus unidades fueron descartadas por su fragilidad sin tener consistencia debido a la poca cantidad de cemento que tenía en su composición (5% de cemento en volumen).

Los datos obtenidos en la evaluación de alabeo se muestran en la **Tabla 4.12**, de acuerdo a lo cual se puede decir lo siguiente:

El ladrillo artesanal tuvo un alabeo de 1.57 mm, y es cumple con la condición de un ladrillo Clase V.

Respecto a los prototipos de la Etapa II, todos tuvieron valores menores que 2 mm; por lo que cumplen con la condición de la Clase V, al igual que el ladrillo artesanal.

De otro lado, los prototipos de la Etapa III, tuvieron diferencias en el alabeo. Observándose que el prototipo 2, con 1.59 mm, pertenece a la condición de la clase V; mientras que los demás prototipos tienen valores comprendidos entre 2 y 4 mm, cumpliendo con la condición de ladrillos de la Clase V.

Tabla 4.12. Alabeo de ladrillo artesanal y prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y comparación con los valores del ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Promedio calculado (mm)	Clase de ladrillo que pertenecería(*)
Ladrillo artesanal	1.57	Clase V
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa II		
Prototipo 2	1.13	Clase V
Prototipo 3	1.13	Clase V
Prototipo 4	1.07	Clase V
Prototipo 5	1.13	Clase V
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III		
Prototipo 2	1.59	Clase V
Prototipo 3	2.35	Clase IV
Prototipo 4	2.59	Clase IV
Prototipo 5	2.56	Clase IV

(*): Clase I: cuando el alabeo está entre 8 y 10 mm; Clase II: cuando el alabeo está entre 6 y 8 mm; Clase III: cuando el alabeo está entre 4 y 6 mm; Clase IV: cuando el alabeo está entre 2 y 4 mm; y, Clase V: cuando el alabeo está entre 0 y 2 mm (Norma E-070).

4.8. Variación dimensional del ladrillo artesanal y de los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento

Teniendo en cuenta el dimensionamiento que se calculó para los prototipos que fue de 22 cm x 12.5 cm x 7.5 cm; se determinó la variación dimensional del ladrillo artesanal y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento de las tres

etapas, y se comparó estos resultados con las características expresadas en el ítem 3.1.2 Clasificación para fines Estructurales de la Norma E-070, para determinar su condición respecto a su cumplimiento. Habiéndose obtenido la información de la **Tabla 4. 13**, observándose lo siguiente:

- ✓ Respecto al ladrillo artesanal se observaron valores que le califican con ladrillo de la Clase IV, puesto que ésta establece variaciones dimensionales menores que 2, 3 y 4 mm para “l”, “a” y “h”, respectivamente.
- ✓ Respecto a los prototipos de la Etapa I, los promedios calculados de la variación de dimensiones de “l” y “a” fueron inferiores a los valores del ladrillo clase “V”; por lo que, su calificación de algún menor rango estaría dada por la variación dimensional de “h” que corresponde a la altura de la unidad. En ese sentido, resulta que el prototipo 1, cumple con la condición de la Clase IV, los prototipos 2 y 5 con la condición de la Clase II y el prototipo 4, de la Clase I.
- ✓ Respecto a los prototipos de la Etapa II, los promedios calculados de la variación de dimensiones de “l”, “a” y “h” fueron inferiores a los valores que determinan al ladrillo Clase “V”, por lo que todos cumplieron con dicha condición.
- ✓ Respecto a los prototipos de la Etapa III, ocurre lo mismo que en la Etapa II, donde la su calificación depende de la variación dimensional de “h”, ya que los valores observados de “l” y “a” son menores que los establecidos para la Clase V. En ese sentido, resultó que el prototipo 2 cumple con la condición de la Clase II, el prototipo 3, a la Clase IV; mientras que los prototipos 4 y 5 cumplen con la condición de la Clase III.

Cabe mencionar que la variación dimensional de los prototipos fue mayor en la Etapa III respecto a las Etapas I y II, debido a que durante la Etapa III se ejerció mayor presión en la elaboración de las unidades; de tal manera que su altura (“h”) fue de 7 cm, un valor menor al establecido para su fabricación (7.5 cm).

Tabla 4.13. Variación dimensional del ladrillo artesanal y los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y comparación con los valores del ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Promedio calculado (mm) para "l"	Promedio calculado (mm) para "a"	Promedio calculado (mm) para "h"	Clase de ladrillo que pertenecería(*)
Ladrillo artesanal	1.90	1.53	1.81	Clase IV
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa I				
Prototipo 2	0.11	0.00	3.54	Clase IV
Prototipo 3	0.16	0.00	6.26	Clase II
Prototipo 4	0.16	0.00	7.87	Clase I
Prototipo 5	0.12	0.00	5.62	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa II				
Prototipo 2	0.10	0.00	2.44	Clase V
Prototipo 3	0.13	0.00	2.04	Clase V
Prototipo 4	0.13	0.00	2.09	Clase V
Prototipo 5	0.13	0.00	1.84	Clase V
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III				
Prototipo 2	0.32	0.00	6.55	Clase II
Prototipo 3	0.29	0.00	3.47	Clase IV
Prototipo 4	0.14	0.00	4.71	Clase III
Prototipo 5	0.22	0.00	4.51	Clase III

(*): Clase I: cuando la variación dimensional es menor que 4, 6 y 8 mm para "l", "a" y "h", respectivamente.
 Clase II: cuando la variación dimensional es menor que 4, 6 y 7 mm para "l", "a" y "h", pero superiores a 3, 4 y 5 respectivamente.

Clase III: cuando la variación dimensional es menor que 3, 4 y 5 mm para "l", "a" y "h", pero superiores a 2, 3 y 4 respectivamente.

Clase IV: cuando la variación dimensional es menor que 2, 3 y 4 mm para "l", "a" y "h", pero superiores a 1, 2 y 3, respectivamente.

Clase V: cuando la variación dimensional es menor que 1, 2 y 3 mm para "l", "a" y "h", respectivamente.
 (Norma E-070).

4.9. Resistencia Característica a la Compresión (f'_{cb})

El ensayo de la resistencia a la compresión se realizó al ladrillo artesanal, así como a los Prototipos 2, 3, 4 y 5 de las tres Etapas del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento. También se realizaron ensayos de compresión a algunas unidades de prototipos 2, 3, 4 y 5 de la Etapa III los que fueron secados en la estufa por 24 horas a 110° C, con la finalidad de ver medir el efecto de un mayor secado.

Cabe indicar que la resistencia a la compresión de los prototipos se determinó con respecto a su área neta (sin considerar el área hueca).

Los resultados de esta evaluación se presentan en la **Tabla 4.14**, tanto del ladrillo artesanal como de los prototipos. En forma general se aprecia valores de Coeficiente de Variación relativamente bajos y aceptables, porque dicho parámetro estadístico indica la uniformidad de las unidades elaboradas en cuanto a la característica de resistencia. Para el caso del ladrillo artesanal fue de 9.90%, una cifra mucho menor al límite establecido por la Norma E-070 que es 40%. Para los prototipos de la Etapa I, su valor está entre 6.96% y 19.59%; para los prototipos de la Etapa II, está entre 5.99% y 14.46%; y para los prototipos de la Etapa III, está entre 2.54% y 8.34%; que todos en conjunto son valores menores que 40%. Por lo tanto, los ensayos están en condiciones de dar resultados confiables.

Al observar los datos de Resistencia Característica a la Compresión (f'_b), se ha identificado la clase a la cual pertenecería las unidades, observándose lo siguiente:

- ✓ En el caso del ladrillo artesanal con un valor de 6.46 MPa pertenecería a la Clase I. Este valor hallado está intermedio entre el rango hallado por **Fernández [2009]** al evaluar los ladrillos del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, cuyos valores fueron 3.52 y 8.48 MPa.
- ✓ En cuanto a la Etapa I se observa que los prototipos 2 (con 2.34 MPa) y 3 (con 3.48 MPa) no pertenecerían a ninguna clase, ya que sus valores son menores que 4.9 MPa. Pero, el prototipos 4 (con 5.08 MPa), pertenecería a la Clase I; asimismo, se observa que el prototipo 5 (con 7.05 MPa) pertenecería a la Clase II.
- ✓ En cuanto a la Etapa II se observa que el prototipos 2 (con 3.16 MPa) no pertenecería a ninguna clase, ya que su valor es menor que 4.9 MPa. De otro lado, el prototipos 3 (con 5.39 MPa) pertenecería a la Clase I; el prototipo 4 (con 6.90 MPa) pertenecería a la Clase II, y el prototipo 5 (con 6.78 MPa) pertenecería a la Clase II.
- ✓ En cuanto a la Etapa III se observa que el prototipos 2 (con 5.08 MPa) pertenecería a la Clase I; el prototipo 3 (con 6.92 MPa) pertenecería a la Clase II, el prototipo 4 (con 7.03 MPa) pertenecería a la Clase II, y el prototipo 5 (con 8.43 MPa) pertenecería a la Clase II.

Tabla 4.14. Resistencia Característica a la Compresión del ladrillo artesanal y los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y comparación con los valores del ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Promedio (MPa)	Desviación estándar (MPa)	Coefficiente de variación (%)	Resistencia Característica a la Compresión (MPa)	Clase de ladrillo que pertenecería(*)
Ladrillo artesanal	7.17	0.71	9.90	6.46	Clase I
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa I					
Prototipo 2	2.91	0.57	19.59	2.34	No cumple
Prototipo 3	4.32	0.84	19.44	3.48	No cumple
Prototipo 4	5.46	0.38	6.96	5.08	Clase I
Prototipo 5	7.86	0.81	10.31	7.05	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa II					
Prototipo 2	3.69	0.53	14.36	3.16	No cumple
Prototipo 3	5.84	0.45	7.71	5.39	Clase I
Prototipo 4	7.34	0.44	5.99	6.90	Clase II
Prototipo 5	7.41	0.63	8.50	6.78	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III					
Prototipo 2	5.40	0.32	5.93	5.08	Clase I
Prototipo 3	7.10	0.18	2.54	6.92	Clase II
Prototipo 4	7.67	0.64	8.34	7.03	Clase II
Prototipo 5	8.87	0.44	4.96	8.43	Clase II

MPa: Mega Pascales

(*): Clase I: entre 4.9 y 6.9 MPa. Clase II: entre 6.9 y 9.3 MPa. Clase III: entre 9.3 y 12.7 MPa. Clase IV: entre 12.7 y 17.6 MPa. Clase V: igual o mayor que 17.6 MPa. No cumple: valores menores que 4.9 MPa.

Con la finalidad de determinar la influencia del proceso de secado en estufa (a 110 °C durante 24 horas) sobre la Resistencia Característica a la Compresión, se evaluó los prototipos de la Etapa III bajo tal condición. Cabe indicar que se tomó los prototipos de esta etapa porque tuvieron un mejor comportamiento en esta evaluación. En la **Tabla 4.15** se presentan los resultados de la evaluación de la Resistencia Característica a la Compresión y en la **Tabla 4.16**, se hace una comparación.

De acuerdo a los datos hallados, el proceso de secado de los prototipos en la estufa aumentó la Resistencia Característica a la Compresión de los prototipos respecto de los prototipos que se almacenaron a estado natural (sin ser secados en la estufa). Habiéndose observado lo siguiente (Tablas 4.15 y 4.16):

- ✓ En el prototipo 2 el valor al estado natural fue 5.08 MPa y seco en estufa fue 8.00 MPa, teniendo un incremento del 57.48% de Resistencia Característica a la Compresión, lo cual, implica su cambio de Clase I a Clase II.
- ✓ En el prototipo 3 el valor al estado natural fue 6.92 MPa y seco en estufa fue 10.15 MPa, teniendo un incremento del 46.68% de Resistencia Característica a la Compresión, lo cual, implica su cambio de Clase II a Clase III.
- ✓ En el prototipo 4 el valor al estado natural fue 7.03 MPa y seco en estufa fue 8.06 MPa, teniendo un incremento del 14.65% de Resistencia Característica a la Compresión, sin cambiar de la Clase II.
- ✓ En el prototipo 5 el valor al estado natural fue 8.43 MPa y seco en estufa fue 8.87 MPa, teniendo un incremento del 5.22% de Resistencia Característica a la Compresión, sin cambiar de la Clase II.

El incremento de la Resistencia Característica a la Compresión es debido, probablemente, al tratamiento térmico del calor de la estufa, que produciría un proceso de mayor fusión de las moléculas y partículas del cuerpo de las unidades, creando enlaces más fuertes. Esta observación sería interesante estudiarla a mayor detalle, ya que da la posibilidad de mejorar la calidad del ladrillo alternativo al someterlo a un tratamiento térmico de poca duración.

Tabla 4.15. Resistencia Característica a la Compresión de los prototipos de la Etapa III en estado natural¹ y estado seco en estufa y comparación con los valores del ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Promedio (MPa)	Desviación estándar (MPa)	Coefficiente de variación (%)	Resistencia Característica a la Compresión (MPa)	Clase de ladrillo que pertenecería(*)
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III estado natural					
Prototipo 2	5.40	0.32	5.93	5.08	Clase I
Prototipo 3	7.10	0.18	2.54	6.92	Clase II
Prototipo 4	7.67	0.64	8.34	7.03	Clase II
Prototipo 5	8.87	0.44	4.96	8.43	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III estado seco a estufa					
Prototipo 2	8.64	0.64	7.41	8.00	Clase II
Prototipo 3	11.28	1.13	10.02	10.15	Clase III
Prototipo 4	9.63	1.57	16.3	8.06	Clase II
Prototipo 5	9.90	1.03	10.4	8.87	Clase II

¹: Con "estado natural" se refiere a los prototipos que no fueron sometidos al secado a estufa.

(*): Clase I: entre 4.9 y 6.9 MPa. Clase II: entre 6.9 y 9.3 MPa. Clase III: entre 9.3 y 12.7 MPa. Clase IV: entre 12.7 y 17.6 MPa. Clase V: igual o mayor que 17.6 MPa. No cumple: valores menores que 4.9 MPa.

Tabla 4.16. Comparación de la Resistencia Característica a la Compresión entre los prototipos de la Etapa III, ensayados estado natural¹ y estado seco en estufa.

Prototipos	En estado natural*		Secos en estufa		Incremento de resistencia (%)
	Resistencia promedio (MPa)	Condición con la que cumple(*)	Resistencia promedio (MPa)	Condición con la que cumple	
Prototipo 2	5.08	Clase I	8.00	Clase II	57.48
Prototipo 3	6.92	Clase II	10.15	Clase III	46.68
Prototipo 4	7.03	Clase II	8.06	Clase II	14.65
Prototipo 5	8.43	Clase II	8.87	Clase II	5.22

¹: Con "estado natural" se refiere a los prototipos que no fueron sometidos al secado a estufa.

(*): Clase I: entre 4.9 y 6.9 MPa. Clase II: entre 6.9 y 9.3 MPa. Clase III: entre 9.3 y 12.7 MPa. Clase IV: entre 12.7 y 17.6 MPa. Clase V: igual o mayor que 17.6 MPa. No cumple: valores menores que 4.9 MPa.

Tabla 4.17. Comparación de la Resistencia Característica a la Compresión y Condición (*) del ladrillo artesanal, y los prototipos ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Unidad		Ladrillo artesanal	Etapa I	Etapa II	Etapa III	
		Estado natural ¹	Estado natural ¹	Estado natural ¹	Estado natural ¹	Seco a estufa
Ladrillo artesanal	F'b	6.46	----	----	----	----
	Condición	Clase I	----	----	----	----
Prototipo 2	F'b	----	2.34	3.16	5.08	8.00
	Condición	----	No cumple	No cumple	Clase I	Clase II
Prototipo 3	F'b	----	3.48	5.39	6.92	10.15
	Condición	----	No cumple	Clase I	Clase II	Clase III
Prototipo 4	F'b	----	5.08	6.90	7.03	8.06
	Condición	----	Clase I	Clase II	Clase II	Clase II
Prototipo 5	F'b	----	7.05	6.78	8.43	8.87
	Condición	----	Clase II	Clase II	Clase II	Clase II

¹: Con "estado natural" se refiere a los prototipos que no fueron sometidos al secado a estufa.

(*): Clase I: entre 4.9 y 6.9 MPa. Clase II: entre 6.9 y 9.3 MPa. Clase III: entre 9.3 y 12.7 MPa. Clase IV: entre 12.7 y 17.6 MPa. Clase V: igual o mayor que 17.6 MPa. No cumple: valores menores que 4.9 MPa.

Mediante la **Tabla 4.17**, se hizo una comparación entre los datos de la Resistencia Característica a la Compresión del ladrillo artesanal con el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento (tres etapas); observándose lo siguiente:

- ✓ En la Etapa III se obtuvieron prototipos de ladrillo alternativo con una mejor Resistencia Característica a la Compresión respecto de las otras Etapas, lo cual se debió a que en la Etapa III la presión ejercida en la máquina de compresión para elaborar las unidades fue mayor; obteniendo unidades con un volumen final del 46.7% del volumen inicial de mezcla húmeda suelo-cemento; mientras que en las Etapas I y II, dicho valor fue de 53.3%; es decir hubo menor compresión entre sus partículas.
- ✓ En la Etapa II, se obtuvo prototipos con mejor Resistencia Característica a la Compresión respecto de la Etapa I, lo cual, se debió a que sus unidades mostraron menor variación dimensional; siendo más uniforme el valor de la altura ("h")

dentro de una misma unidad que permitió que la carga se distribuya de mejor manera durante el ensayo de resistencia a la compresión.

- ✓ Con los prototipos 2 y 3 de la Etapa III se logró obtener resultados apropiados de Resistencia Característica a la Compresión, los que se asemejan a los valores de los prototipos 4 y 5 de la Etapa I, respectivamente.
- ✓ Según los datos obtenidos de la Resistencia Característica a la Compresión de los prototipos secos en estufa por 24 horas a 100°C de la Etapa III, los prototipos 2 y 3 serían los adecuados para ser secados.
- ✓ El prototipo 3 de la Etapa III (con 6.92 MPa) es superior en Resistencia Característica a la Compresión que el ladrillo artesanal (con 6.46 MPa).
- ✓ El prototipo 3 de la Etapa III seco a estufa (con 10.15 MPa) es superior en Resistencia Característica al rango de dicha característica (4.39 - 8.48 MPa) que Fernández [2009] encontró para el ladrillo artesanal del Centro Poblado de Santa Bárbara.

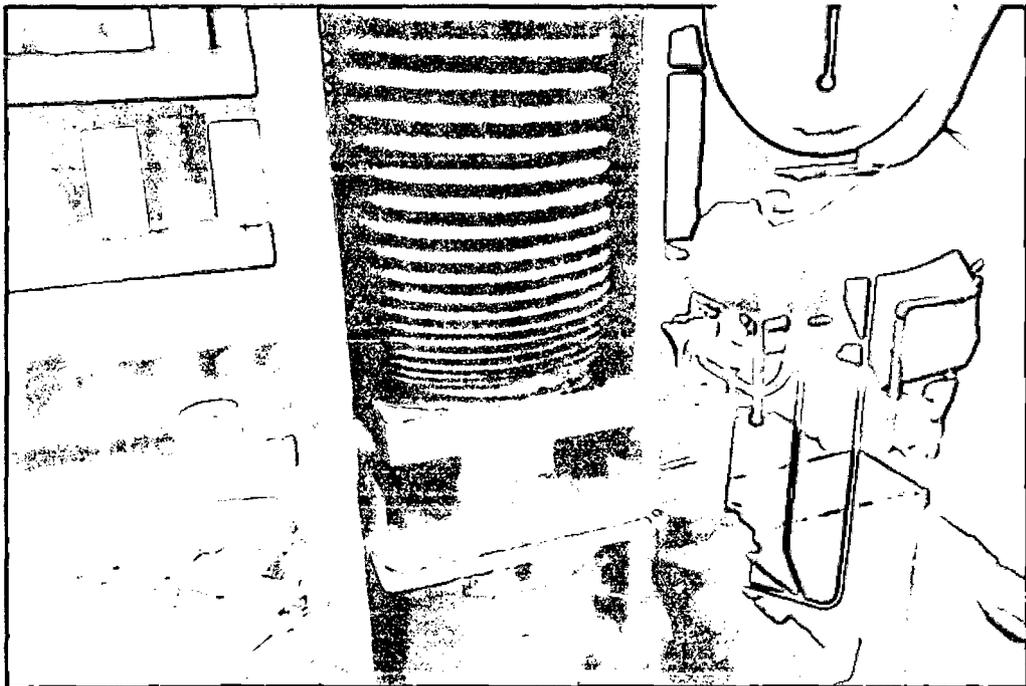


Imagen 4.2. Ensayo de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento en la maquina: Prensa de Compresión del Laboratorio de Materiales

4.10. Clasificación de las unidades

La clasificación del ladrillo artesanal y de los prototipos de las tres Etapas se clasificó de dos maneras: de acuerdo al porcentaje de huecos o perforaciones y según lo estipulado en la Norma E-070, Ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

4.10.1. Clasificación por el porcentaje del área de perforaciones

El ladrillo artesanal producido en el caserío de Shultín, es sólido, no tiene ninguna perforación, tipo King Kong.

El ladrillo alterativo sin cocción de suelo-cemento tuvo 4 perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, con el fin de aligerar su peso, cada una de 1 pulgada de diámetro. Por lo cual su área bruta es de 275 cm^2 , su área neta de 254.72 cm^2 y el área de perforación 20.28 cm^2 . El porcentaje de perforación en la superficie de asiento es de 7.37% del área bruta, inferior al 25% por lo cual las unidades son sólidas o macizas.

4.10.2. Clasificación por sus características

Debido a que en la Norma E-070 no se especifica que dicha norma cumpla para unidades de suelo – cemento; por lo que se expresara que el ladrillo alternativo se asemeja a la clasificación de los ladrillos de la Norma E-070.

Para esta clasificación se tuvo en cuenta los datos obtenidos de los ensayos de Absorción, Succión, Alabeo, Variación Dimensional y Resistencia Característica a la Compresión.

Los datos obtenidos de los ensayos de Absorción y Succión nos indican que tanto el ladrillo artesanal como los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento cumplen con la condición para que sean clasificados como ladrillo. La absorción es menor al 22% y la succión está entre 10 y 20 gr/200 cm^2 -min, como se puede ver en las **Tablas 4.10 y 4.11**. Por lo que su clasificación dependería de las propiedades de alabeo, variación dimensional y Resistencia Característica a la Compresión.

Tabla 4.18. Clasificación (*) del ladrillo artesanal y los prototipos de ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento de acuerdo al ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Alabeo		Variación dimensional	Resistencia Característica a la Compresión (f'_{cb})		Clasificación
	Valor obtenido(mm)	Condición	Condición	Valor obtenido (MPa)	Condición	
Ladrillo artesanal	1.57	Clase V	Clase IV	6.46	Clase I	Clase I
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa I						
Prototipo 2	0.00	Clase V	Clase IV	2.34	No cumple	No clasifica
Prototipo 3	0.00	Clase V	Clase II	3.48	No cumple	No clasifica
Prototipo 4	0.00	Clase V	Clase I	5.08	Clase I	Clase I
Prototipo 5	0.00	Clase V	Clase II	7.05	Clase II	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa II						
Prototipo 2	1.13	Clase V	Clase V	3.16	No cumple	No clasifica
Prototipo 3	1.13	Clase V	Clase III	5.39	Clase I	Clase I
Prototipo 4	1.07	Clase V	Clase V	6.90	Clase II	Clase II
Prototipo 5	1.13	Clase V	Clase V	6.78	Clase II	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III						
Prototipo 2	1.59	Clase V	Clase II	5.08	Clase I	Clase I
Prototipo 3	2.35	Clase IV	Clase IV	6.92	Clase II	Clase II
Prototipo 4	2.59	Clase IV	Clase III	7.03	Clase II	Clase II
Prototipo 5	2.56	Clase IV	Clase III	8.43	Clase II	Clase II

(*) El ladrillo artesanal clasifica como ladrillo y los prototipos se asemejan a la clasificación propuesta en la Norma E-070.

Los resultados de la clasificación del ladrillo artesanal y de los prototipos de las tres Etapas se presentan en la **Tabla 4.18**. Donde se observa que en todos los casos la clasificación de la unidad depende la condición que tiene respecto a la Resistencia Característica a la Compresión, que es la condición más baja en todos los análisis.

- ✓ El ladrillo artesanal clasifica como ladrillo Clase I. Esta clasificación está contenida en la clasificación hecha por **Fernández [2009]** quien evaluó los ladrillos del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara, identificando las Clases I y II.

- ✓ En cuanto a la Etapa I, se observa que los prototipos 2 y 3 no se asemeja a ninguna clasificación como ladrillo debido a que su valor de la Resistencia Característica a la Compresión no cumple con la condición mínima. Pero, el prototipos 4 se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase I; asimismo, se observa que el prototipo 5 se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II.
- ✓ En cuanto a la Etapa II, se observa que el prototipos 2 no se asemeja a ninguna clasificación como ladrillo debido a que su valor de la Resistencia Característica a la Compresión no cumple con la condición mínima. De otro lado, el prototipos 3 se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase I; y los prototipos 4 y 5 se asemejan a clasificación de ladrillo Clase II.
- ✓ En cuanto a la Etapa III, se observa que el prototipos 2 se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase I y los prototipos 3, 4 y 5 se asemejan a la clasificación de ladrillo Clase II.

Así también, con el fin determinar la influencia del proceso de secado en estufa (a 110 °C durante 24 horas) en la clasificación de los Prototipos se evaluó los prototipos de la Etapa III bajo tal condición; cabe indicar que se tomó los prototipos de esta etapa porque éstos tuvieron un mejor comportamiento en esta evaluación. En la **Tabla 4.19** se presenta la clasificación de los prototipos de la Etapa III en estado natural y seco a estufa.

De acuerdo a la clasificación realizada se puede observar lo siguiente (**Tabla 4.19**):

- ✓ Que el prototipo 2 en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase I, y seco en estufa se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II.
- ✓ Que el prototipo 3, en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II, y seco en estufa se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase III.
- ✓ Que el prototipo 4, en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II, y seco en estufa igualmente se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II.
- ✓ Que el prototipo 5, en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo clase II, y seco en estufa igualmente se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II.

Tabla 4.19. Clasificación (*) de los prototipos de la Etapa III, ensayados estado natural¹ y estado seco en estufa de acuerdo al ítem 3.1.2 de la Norma E-070.

Unidad	Alabeo		Variación dimensional	Resistencia Característica a la Compresión (f'b)		Clasificación
	Valor obtenido(mm)	Condición	Condición	Valor obtenido (MPa)	Condición	
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III estado natural						
Prototipo 2	1.59	Clase V	Clase II	5.08	Clase I	Clase I
Prototipo 3	2.35	Clase IV	Clase IV	6.92	Clase II	Clase II
Prototipo 4	2.59	Clase IV	Clase III	7.03	Clase II	Clase II
Prototipo 5	2.56	Clase IV	Clase III	8.43	Clase II	Clase II
Prototipos de ladrillo sin cocción de suelo-cemento: Etapa III estado seco a estufa						
Prototipo 2	1.59	Clase V	Clase II	8.00	Clase II	Clase II
Prototipo 3	2.35	Clase IV	Clase IV	10.15	Clase III	Clase III
Prototipo 4	2.59	Clase IV	Clase III	8.06	Clase II	Clase II
Prototipo 5	2.56	Clase IV	Clase III	8.87	Clase II	Clase II

(*) El ladrillo artesanal clasifica como ladrillo y los prototipos se asemejan a la clasificación propuesta en la Norma E-070.

Tabla 4.20. Comparación de la clasificación del ladrillo artesanal y de los prototipos.

Unidad	Ladrillo artesanal	Etapa I	Etapa II	Etapa III	
	Estado natural**	Estado natural**	Estado natural**	Estado natural**	Seco en estufa
Ladrillo artesanal	Clase I	-	-	-	-
Prototipo 2	-	No clasifica	No clasifica	Clase I	Clase II
Prototipo 3	-	No clasifica	Clase I	Clase II	Clase III
Prototipo 4	-	Clase I	Clase II	Clase II	Clase II
Prototipo 5	-	Clase II	Clase II	Clase II	Clase II

* El ladrillo artesanal clasifica como ladrillo y los prototipos se asemejan a la clasificación propuesta en la Norma E-070.

**Se denomina "Estado natural", cuando los prototipos no fueron secados en estufa.

Mediante la **Tabla 4.20**, se presenta una comparación entre la clasificación de las unidades del ladrillo artesanal con el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento (tres etapas); observándose lo siguiente:

- ✓ En la Etapa III, el prototipo 2 en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase I, lo que no ocurrió en las otras dos Etapas. El prototipo 2 de la Etapa III tiene la misma clasificación que el ladrillo artesanal (testigo).
- ✓ En la Etapa III, el prototipo 3 en estado natural se asemeja a la clasificación de ladrillo Clase II, lo que no ocurrió en las otras dos Etapas. Este prototipo se asemeja a la misma clasificación del mejor ladrillo, ladrillo Clase II, que **Fernández [2009]** encontró para el ladrillo artesanal del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara.
- ✓ Los prototipos 4 y 5 de la Etapa II y III, tienen la misma clasificación por lo que se puede afirmar que con cantidades superiores al 20% de cemento en volumen, no se logra mejorar la clasificación de los prototipos.
- ✓ El Prototipo 2 (10% de cemento en volumen) y Prototipo 3 (15% de cemento en volumen) secos en estufa por 24 horas a 100°C de la Etapa III mejoraron su clasificación respecto a los prototipos en estado natural (sin secado en la estufa), asemejando su clasificación al ladrillo clase "II" y clase "III" respectivamente.
- ✓ Los prototipos 4 y 5 de la Etapa III secos en estufa, se asemejan a la clasificación del ladrillo clase "III" por lo que se puede determinar que con cantidades superiores al 20% de cemento en volumen, no se logra mejorar la clasificación de los prototipos por lo cual no sería adecuados para ser secados.

4.11. Mortero utilizado en la elaboración de las pilas y muretes

El mortero que se utilizó fue según la Norma E-070, para muro portante P2 1:5 (proporción en volumen 1 cemento y 5 de arena).

Para determinar las proporciones en peso y la cantidad de materiales por metro cubico se emplearon los datos de la **Tabla 3.2**. Donde se tiene la siguiente información peso unitario suelto seco: 1594.38 kg/m³ y peso específico seco 2.61 gr/cm³.

Proporción en volumen 1:5

*falta tipo de cemento
TIPO MORTERO* M N S

Cemento = 1 pie³ = 42.5 kg

Arena = 5 pie³ (1m³ / 35.315pie³)*1594.38 kg/m³ = 225.74 kg

Rendimiento de mezcla

Cemento = (42.5 kg) / (3.050 kg/m³) *Eco* = 0.01393 m³

Arena = 225.74kg / (2610 kg/m³) = 0.08650 m³

Agua = (42.5 * 0.85)/1000 = 0.03613 m³

Subtotal = 0.13656 m³

Aire incorporado (se considera 1%, según Copeco) = 0.00137 m³

Total = 0.13793 m³

Cálculo de cantidad de material por m³

Cemento (bolsa) = 1/0.13793 = 7.25 bolsas

Cemento (kg) = 7.25 * 42.5 = 308.12 kg

Arena (en peso kg) = 7.25*0.08650 m³* 2610kg/m³ = 1636.80 kg

Arena (en volumen m³) = (1636.80kg)/(1594.38 kg/m³) = 1.03 m³

Agua (litros) = (42.5kg * 7.25) * 0.85 = 261.91 litros

En la **Tabla 4.21** se observa las proporciones del mortero en volumen y peso que se utilizó para la elaboración de las pilas y muretes.

Tabla 4.21. Proporciones del mortero en volumen y peso.

Material	Proporción en volumen	Proporción en peso
Cemento	1	1
Arena	5	5.31
Relación A/C	0.85	0.85
Agua	36.13 lt/bol	36.13 lt/bol

4.12. Resistencia a la Compresión Axial de pilas f'm

Se elaboraron pilas de tres y cuatro filas, una de cada tipo para el ladrillo artesanal y para los prototipos del ladrillo alternativo, con unidades de la Etapa I, según la Norma E-070 se debe elaborar un mínimo de 3 pilas por cada tipo; pero debido a la cantidad de unidades se realizaron una de cada tipo.

Las pilas se construyeron con un espesor de junta superior a lo expresado en la Norma E-070, usando un espesor mayor de 1.5 cm.



Imagen 4.3. Pilas de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento

Se realizó el curado de las pilas durante los primeros 15 días y luego de que las pilas cumplieren 28 días de edad fueron ensayadas a compresión axial a una velocidad de carga aproximada de 4 ton/min. Previamente, se aplicó un refrendado de yeso-cemento, de unos 3 mm de espesor, en las caras en contacto con los cabezales del equipo de ensayo.

Con el ensayo de la Resistencia a la Compresión Axial se puede determinar el Módulo de Elasticidad (E_m) de la Albañilería, con el cual se diseña los muros de albañilería.

La Resistencia a la Compresión Axial, se determina de acuerdo al área bruta de la pila. Luego los resultados obtenidos serán corregidos por la esbeltez de la pila (altura de la pila dividida entre su menor dimensión transversal), según la **Tabla 2.4** de factores de corrección $f'm$ por la esbeltez, que se presenta en capítulo 5 de la norma E-070, donde se considera que la esbeltez correcta para este ensayo es de 5. Estos resultados se presentan en la **Tabla 4.22**.

Tabla 4.22. Resultados de la Resistencia a Compresión Axial ($f'm$).

Pilas		Área (cm ²)	Carga de rotura (Ton)	Resistencia (kg/cm ²) $f'm$	Esbeltez	Factor corrección	Resistencia corregida $f'm$ (kg/cm ²)
Pilas de 3 filas	Ladr. Artesanal	275.00	11.00	40.00	2.16	0.752	30.08
	Prototipo 1	250.00	2.50	10.00	2.32	0.775	7.75
	Prototipo 2	250.00	4.00	16.00	2.40	0.786	12.58
	Prototipo 3	250.00	6.50	26.00	2.48	0.797	20.72
	Prototipo 4	250.00	10.50	42.00	2.32	0.775	32.55
	Prototipo 5	250.00	8.75	35.00	2.48	0.797	27.9
Pilas de 4 filas	Ladr. Artesanal	275.00	12.50	45.45	2.96	0.901	40.95
	Prototipo 1	250.00	-	-	3.12	0.915	-
	Prototipo 2	250.00	4.00	16.00	3.28	0.921	14.74
	Prototipo 3	250.00	7.00	28.00	3.12	0.915	25.62
	Prototipo 4	250.00	12.00	48.00	3.32	0.923	44.3
	Prototipo 5	250.00	10.50	42.00	3.20	0.918	38.56

Los resultados obtenidos son incongruentes debido a que los valores obtenidos no guardan coherencia con los resultados esperados, debido a que las pilas más esbeltas soportan más carga axial que las pilas menos esbeltas. Para obtener datos congruentes se debió realizar más ensayos, un mínimo de 5 pilas por cada tipo (3 filas y 4 filas).

Cabe indicar que en esta evaluación el tipo de falla esperada es una grieta vertical que corta unidades y mortero, producida por la compresión debido a la expansión lateral causada por la carga aplicada.

Las formas de las fallas observadas fueron las siguientes:

Pilas de 3 filas:

- ✓ En el ladrillo artesanal, falló por corte y trituración del ladrillo inferior.

- ✓ En el prototipo 1, falló agrietándose en los bordes de la pila y luego tendiéndose a deslaminarse.
- ✓ En el prototipo 2, falló agrietándose en los bordes de la pila, y luego se trituró el ladrillo superior.
- ✓ En el prototipo 3, falló agrietándose atravesando por el centro de la pila.
- ✓ En el prototipo 4, falló agrietándose atravesando por el centro de la pila.
- ✓ En el prototipo 5, falló agrietándose atravesando por el centro de la pila.

Pilas de 4 filas:

- ✓ En el ladrillo artesanal, falló en varias grietas que atravesaban las unidades y el mortero.
- ✓ En el prototipo 1, falló agrietándose en los bordes de la pila y luego tendieron a deslaminarse.
- ✓ En el prototipo 2, falló agrietándose atravesando por el centro y una unidad fallo por trituración.
- ✓ En el prototipo 3, falló agrietándose en los bordes de la pila y luego tendiéndose a deslaminarse.
- ✓ En el prototipo 4, falló agrietándose atravesando por el centro de la pila.
- ✓ En el prototipo 5, falló por trituración de la unidad inferior y luego tendió a deslaminarse.

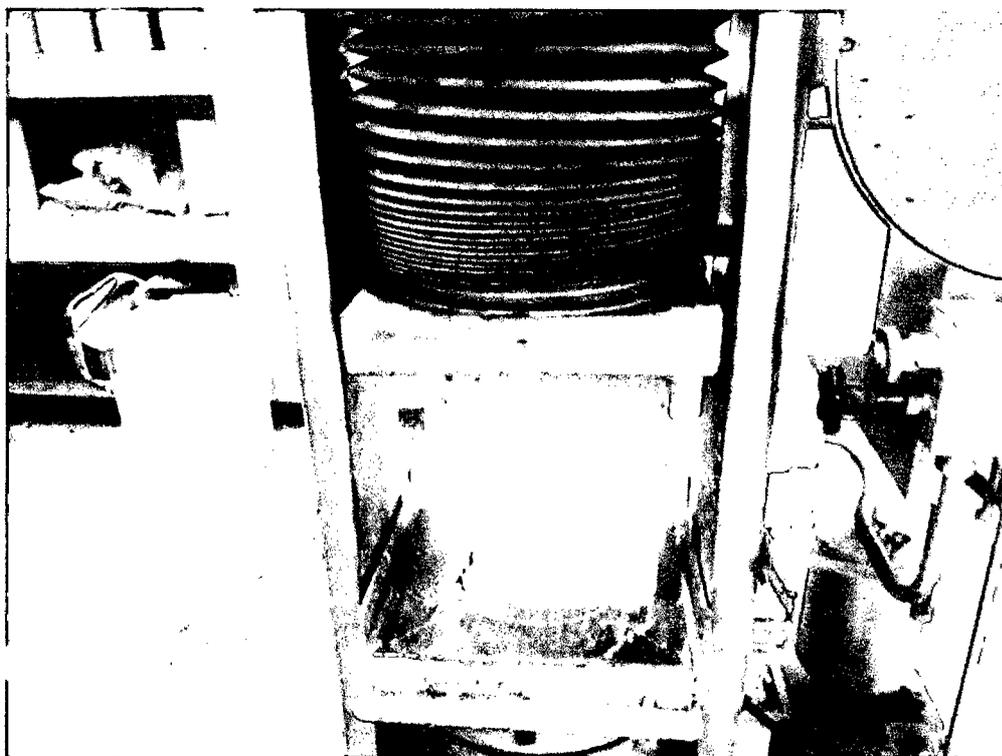


Imagen 4.4. Ensayo de las pilas de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento

4.13. Resistencia a la Compresión Diagonal de Muretes o Resistencia al Corte v'm

Se elaboró un murete para el ladrillo artesanal y otro para cada prototipo con unidades de la Etapa I, cuyos prototipos aún no eran los definitivos, los cuales se obtuvieron recién en la Etapa III. Cabe indicar que no se elaboró el murete con el prototipo 1 puesto que sus unidades eran muy frágiles y tenían una resistencia muy baja.

El asentado fue en aparejo de cabeza para ver su comportamiento como muro portante. Las dimensiones fueron de 70 cm x 70 cm que fue de acuerdo a las dimensiones del ladrillo, ya que según NTP 399.621 2004, las dimensiones mínimas para muretes son 60 cm x 60 cm.

El mortero que se utilizó fue según Norma E-070 para muros portantes el tipo P2: 1:5 (1 de cemento y 5 de arena), que es el más utilizado en las construcciones de Cajamarca. Los muretes se construyeron con espesor de junta superior a lo expresado en la Norma E-070, usando un espesor de junta mayor a 1.5 cm.

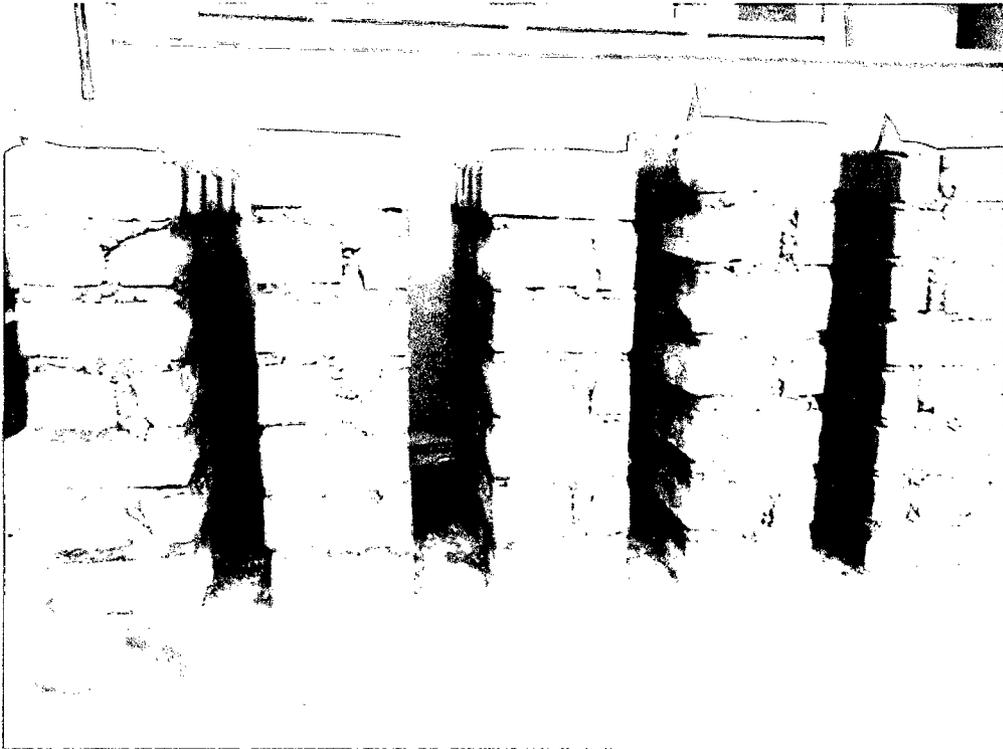


Imagen 4.5. Muretes de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal

Se realizó el curado de los muretes los primeros 15 días, y luego que cumplieron 28 días de edad, fueron ensayados a la compresión diagonal en el marco de carga vertical, mediante dos apoyos metálicos con una velocidad de carga aproximada de 4 ton/min. Previamente, en los muretes elaborados con los prototipos, en las esquinas donde se apoyaría durante el ensayo, se rellenó los huecos con mortero para evitar las fallas localizadas durante el ensayo; luego se aplicó un refrendado en las esquinas en contacto con los apoyos metálicos.

Este ensayo permite conocer la adherencia entre la unidad y el mortero. Si la adherencia es óptima, la falla diagonal atraviesa tanto a la unidad como al mortero, lográndose maximizar la resistencia a fuerza cortante.

Si se contara con la implementación adecuada se permitiría determinar, de forma experimental, el valor del Módulo de Corte (G_m) de la albañilería, mediante el módulo de Poison.

La Resistencia a la Compresión Diagonal se determina con la longitud diagonal y el espesor del murete. Este dato permite determinar la resistencia al corte y diseñar los muros de albañilería.

También se determinó la deformación longitudinal, con la ayuda de un nivel de ingeniero, con los cuales se pudo determinar la máxima deformación y el Módulo de Elasticidad.

En la **Tabla 4.23** se puede observar que el murete de ladrillo artesanal tuvo el valor más alto de máxima deformación (6.1 mm) y el murete con el prototipo 5 tuvo el valor más bajo de máxima deformación (3.8 mm). El mayor valor del Módulo de Elasticidad es del murete del prototipo 5 (10157 Ton/m²) seguido por el de ladrillo artesanal (9465.44 Ton/m²) y el menor valor del Módulo de Elasticidad es del murete del prototipo 2 (2501.68 Ton/m²).

Tabla 4.23. Resultados de la Resistencia a Compresión Diagonal (v'm).

Muretes	Clase de ladrillo	Diagonal (m)	Carga de rotura (Ton)	v'm Resistencia (kg/cm ²)	v'm Resistencia (Ton/m ²)	Máxima deformación (mm)	Módulo de elasticidad (Ton /m ²)
Ladrillo artesanal	Clase I	1.03	11.75	5.19	51.85	6.1	9465.44
Prototipo 2	No clasifica	1.03	3.00	1.32	13.24	5.0	2501.68
Prototipo 3	No clasifica	1.04	5.62	2.46	24.56	5.1	5063.35
Prototipo 4	Clase I	1.03	7.78	3.43	34.00	4.4	8561.43
Prototipo 5	Clase II	1.06	8.65	3.71	37.81	3.8	10157.00

El tipo de falla que se observó fue diferente de acuerdo al murete:

- ✓ Murete de ladrillo artesanal: la falla fue frágil y explosiva, se observó que en la mayor parte del plano de falla falló el ladrillo y el mortero, y en pequeñas zonas falló siguiendo la línea del mortero.
- ✓ Muretes de prototipo 2: la falla fue lenta, la grieta se inició en una unidad y luego continuó siguiendo la línea del mortero, por lo que fue una falla escalonada debido que no existió una buena adherencia entre mortero - unidad.

- ✓ Muretes de prototipo 3: la falla fue lenta, la grieta se inició en la parte superior continuando la línea del mortero hasta la parte baja; la falla fue escalonada debido que no existió una buena adherencia entre mortero - unidad.
- ✓ Muretes de prototipo 4: igualmente fue una falla lenta, la grieta siguió la línea del mortero, debido a que no existía una buena adherencia.
- ✓ Muretes de prototipo 5: ensayo con falla lenta y escalonada.

El murete del ladrillo artesanal, debido a su forma de falla, tuvo mejor adherencia en comparación a los muretes de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.

Todos los muretes elaborados con los prototipos fallaron en forma escalonada, determinando que estas unidades no tienen buena adherencia con el mortero cemento - arena, por lo que sería recomendable en un futuro estudiar en forma más minuciosa su adherencia.

Estos datos no son completamente concluyentes debido a que fueron elaborados con prototipos de la Etapa I, los cuales no eran definitivos y ya que solo se ensayó un murete por cada prototipo, cuando deberían ser tres como indica la Norma E-070.



Imagen 4.6. Falla de uno de los muretes del los prototipos del ladrillo alternativo sin
cocción de suelo-cemento.

¿ ENSAYO? Norma

4.14. Comparación de costos de producción del ladrillo artesanal y de los prototipos.

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en las visitas de campo a las ladrilleras del caserío de Shultín del Centro Poblado Menor de Santa Bárbara se determinó aproximadamente el costo por unidad del ladrillo artesanal. El costo de producción del ladrillo artesanal es de acuerdo los precios de diciembre del 2012. El costo de producción aproximado es de 0.26 nuevos soles por unidad. Lo cual se puede observar en la **Tabla 4.24.**

Tabla 4.24. Costo unitario de producción¹ del ladrillo artesanal.

Rendimiento mezclado y trituración				5000.00 und/día	
Rendimiento elaboración de las unidades				500.00 und/día	
Rendimiento cargado de horno				1800.00 und/día	
Volumen de suelo por unidad				.002063 m3/und	
Rendimiento excavación de suelo				350 m3/día	
				169696.97 und/día	
Jornada				8 horas	
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
				(S/.)	(S/.)
Mano de obra					
Mezclado y trituración					
Peón	hh	1	0.0016	4	0.0064
Elaboración de unidades					
Peón	hh	1	0.016	4	0.0640
Cargado de horno					
Peón	hh	3	0.0133	4	0.0533
Materiales					
Carbón mineral	ton		0.00025	200	0.0500
Combustible	glb		1	0.01	0.0100
Suelo	m3		0.0021	15	0.0310
Herramientas y equipos					
Excavación de suelo					
Excavadora 11/4 Yd3	hm	1	4.71429E-05	200	0.0094
Mezclado y trituración					
Yunta para mezclado y trituración	hm	1	0.0016	10	0.0160
Sopletes	Glb		1	0.0125	0.0125
Horno	Glb		1	0.0013	0.0013
Herramientas manuales			3.00%	0.12	0.0037
Costo por unidad (nuevos soles /unidad)					0.26

¹Datos a diciembre del 2012.

Aproximadamente en el proceso de cocción se pierde aproximadamente el 1 % total, que para el caso de un horno de 20 millares, se pierde aproximadamente 200 unidades.

Se determinó, de acuerdo a la elaboración de los Prototipos de la Etapa II y III, la cantidad de unidades que se pueden elaborar con una bolsa de cemento de 42.5 kg, como se presenta en la **Tabla 4.25**.

Tabla 4.25. Cantidad de unidades que se podrían producir con una bolsa de cemento dependiendo del tipo de prototipo.

Prototipos	Tanda de 0.04 m ³			Vol. de cemento suelto en una bolsa (m ³)	N° de tandas con una bolsa de cemento	N° unidades producido con una bolsa de cemento
	Cemento (m ³)	Suelo (m ³)	Unidades producidas			
Prototipo 1	0.002	0.038	17	0.036	18	306
Prototipo 2	0.004	0.036	17	0.036	9	153
Prototipo 3	0.006	0.034	16	0.036	6	96
Prototipo 4	0.008	0.032	16	0.036	4.5	72
Prototipo 5	0.010	0.030	15	0.036	3.6	54

Se calculó el costo por unidad de cada prototipo del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento, con los precios a diciembre del 2012; que se muestra en la **Tabla 4.26**.

De acuerdo a los cálculos realizados se pudo determinar que el costo unitario de producción del ladrillo artesanal el que es de 0.26 nuevos soles, es menor que al de los prototipos 0.22, 0.29, 0.37, 0.44 y 0.54 nuevos soles para el prototipo 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Pero hay que resaltar que el prototipo 1 no cumple con las condiciones necesarias para que clasifique como ladrillo.

Hay que resaltar que el Prototipo 1 no clasifica en ninguna clase de ladrillo, debido a que no cumple con los requerimientos mínimos de Resistencia Característica a la Compresión (f'_{b}).

Tabla 4.26. Costo unitario de producción de los prototipos

Rendimiento trituración y zarandeo de suelo				1500.00 und/día	
Rendimiento elaboración de las unidades				1000.00 und/día	
Volumen de suelo por unidad				.001750 m3/und.	
Excavación de suelo				350.00 m3/día	
				200000.00 und/día	
Jornada				8 horas	
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
				(S/.)	(S/.)
Mano de obra					
Mezclado y trituración					
Peón	hh	2	0.010667	4.00	0.042668
Elaboración de unidades					
Peón	hh	3	0.024000	4.00	0.096000
Materiales					
Cemento prototipo 1	bol (42.5 kg)		0.003270	21.00	0.068670
Cemento prototipo 2			0.006540		0.137340
Cemento prototipo 3			0.010420		0.218820
Cemento prototipo 4			0.013890		0.290000
Cemento prototipo 5			0.018520		0.388920
Suelo prototipo 1	m3		0.0002235	15.00	0.003353
Suelo prototipo 2			0.0002118		0.003177
Suelo prototipo 3			0.0002125		0.003188
Suelo prototipo 4			0.0002000		0.003000
Suelo prototipo 5			0.0002000		0.003000
Herramientas y equipos					
Excavación de suelo					
Excavadora 1 1/4 Yd3	hm	1	0.00004	200.00	0.008000
Máquina	glb		1.00	0.001	0.001000
Herramientas manuales			3%	0.14	0.004170
Costo por unidad (nuevos soles /unidad)					
Prototipo 1					0.22
Prototipo 2					0.29
Prototipo 3					0.37
Prototipo 4					0.44
Prototipo 5					0.54

Así también hay que tener en cuenta que el moldeado de las unidades del prototipo del ladrillo alternativo toma más tiempo que el moldeado del ladrillo artesanal, lo cual se

puede mejorar, realizando modificaciones a la máquina que reduciría el costo de mano de obra.

4.15. Efectos del proceso de cocción del ladrillo artesanal en Cajamarca.

En Cajamarca, en las diferentes zonas donde se produce ladrillo artesanal, se hace uso de hornos de fuego directo sin chimeneas que produce humaredas con altas emisiones de material particulado que genera un problema de calidad ambiental.

El encendido del horno es la parte que genera más contaminación debido a que se hacen arder llantas usadas, leña y carbón mineral en las boqueras. Dada la mala ventilación de éstas se produce un fuego carente de oxígeno, lo que provoca abundante emisión de humos y olores. De acuerdo al tamaño del horno, se procede a cerrar las boqueras, de manera que se produzca una radiación de calor hacia las capas superiores. Es aquí donde se producen emisiones de vapores de agua del ladrillo y olores de emisiones del carbón.

Las consecuencias del proceso de cocción del ladrillo artesanal desde que se inició esta actividad son:

1. Ha disminuido la cantidad de árboles debido a que durante muchos años, se utilizaba la leña para la cocción de los ladrillos por lo que actualmente ha sido reemplazado por el carbón mineral.
2. Emisión de material particulado, compuesto de cenizas e inquemados (hollín) que se debe al quemado del carbón mineral, estas tienen un tamaño de 10 micras y son respirables. Dependiendo de la cantidad encontrada en la atmósfera produce efectos en la salud humana, como disminución de tolerancia al ejercicio, comienzo prematuro de ciertas enfermedades respiratorias.
3. Emisión de óxidos de azufre, que se produce de la reacción entre el aire y la combustión del carbón mineral, que contiene azufre en su composición. Los óxidos de azufre contribuye a la formación de lluvia ácida, produce corrosión de estructuras metálicas.
4. Emisión de óxidos de nitrógeno, que se producen por la reacción entre el nitrógeno presente en el combustible, en este caso el carbón mineral, y el oxígeno del aire. El dióxido de nitrógeno es precursor del smog fotoquímico, contaminación del aire por ozono originado por reacciones fotoquímicas, y causa enfermedades respiratorias e irritación.

5. Se realiza un inadecuado quemado del aceite usado de motor, ya que la cocción se realiza en un horno abierto, por lo que las sustancias tóxicas como metales pesado (plomo, zinc, cadmio y cromo) son dispersadas a la atmosfera, antes de que la temperatura en el horno haya alcanzado los 1000°C, en el caso de que se alcance esta temperatura en este tipo de hornos, que es la temperatura adecuada para que los hidrocarburos peligrosos se destruyan y los metales pesados, azufre y cloruros sean absorbidos.
6. Contaminación del suelo y agua con los residuos del quemado y con aceite usado de motor, que convierten al suelo en infértil y forman una película impermeable en la superficie del agua, impidiendo su oxigenación.

4.16. Ventajas y desventajas del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal

Tabla 4.27. Ventajas y desventajas del ladrillo sin cocción de suelo-cemento.

Ventajas	Desventajas
Se elimina el proceso de cocción durante su elaboración.	Es necesario que el suelo este zarandeado por una malla de 5 mm.
Se logra obtener unidades con variación dimensional y alabeo, que cumplen con la condición del ladrillo Clase "V".	Su proceso de elaboración es más laborioso.
Se pueden elaborar en diferentes zonas donde exista suelo con las condiciones adecuadas; así también debido a la facilidad de manipulación y transporte de la máquina de compresión para la elaboración del ladrillo alternativo, y ya que no necesita de un horno para su elaboración.	Tiene menor adherencia con el mortero de cemento arena, con respecto a la adherencia de mortero con el ladrillo artesanal.
No se necesita producir una gran cantidad de unidades para empezar a hacer uso de ellas.	El costo de producción es mayor que la del ladrillo artesanal, siendo de 0.29 y 0.37 nuevos soles para el prototipo 2 y 3 respectivamente.
No se necesita producir una gran cantidad de unidades para empezar a hacer uso de ellas.	Es necesario realizar un curado a las unidades.

Tabla 4.28. Ventajas y desventajas del ladrillo artesanal

Ventajas	Desventajas
No es necesario que el suelo sea zarandeado por una malla de 5 mm, la tierra se desase durante el proceso de mezclado con agua.	Realizado mediante la cocción de la unidad lo que produce emisiones que contaminan el medio ambiente.
El proceso de mezclado del suelo es menos laborioso, realizando el mezclado para una misma cantidad en menor tiempo con respecto al ladrillo de suelo – cemento.	Debido al tipo de suelo, el secado y la cocción de las unidades pueden producir que se deformen teniendo valores elevados con respecto a su variación dimensional y alabeo.
Tiene mayor adherencia con el mortero de cemento arena.	Es necesario tener una gran cantidad de elementos para su cocción, para realizar su quemado siendo mínimo 10000 unidades.
El moldeado de las unidades del ladrillo artesanal se realiza con mayor rapidez que el moldeado del ladrillo de suelo cemento.	Su cocción se realiza con elementos que al quemarse producen emisiones de sustancias que perjudican la salud y pueden generar enfermedades.
El costo de producción es menor, siendo de 0.26 nuevos soles.	El tiempo para hacer uso de las unidades del ladrillo artesanal, teniendo en cuenta el tiempo de secado después del moldeado y tiempo de cocción, es de aproximadamente entre 30 y 35 días, mayor al tiempo del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento.
	Es necesario el uso de un horno para su elaboración.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 5.1.1. Se obtuvo un ladrillo alternativo sólido de suelo-cemento, sin la necesidad del proceso de cocción, que cumple con las especificaciones mínimas físico-mecánicas de la Norma Técnica E-070 Albañilería. Habiendo obtenido ladrillos que se asemejan a la Clase "T" con 10 % de cemento en volumen (90% de suelo) y ladrillos a la Clase "I" con 15%, 20%, 25% de cemento en volumen (85%, 80%, 75% de suelo en volumen respectivamente).
- 5.1.2. Las proporciones de suelo-cemento más adecuadas para elaborar el ladrillo alternativo sin cocción fueron de 10% y 15% de cemento en volumen; cuya mezcla húmeda fue sometida a presión de tal manera que las unidades obtenidas fueron del 46.7% del su volumen inicial. (Ver Tabla 4.5)
- 5.1.3. Se diseñó y construyó una máquina que permite ejercer presión a la mezcla húmeda de suelo-cemento, para obtener unidades compactadas del ladrillo alternativo sin cocción.
- 5.1.4. El volumen de agua necesaria que se agregó a la mezcla de suelo-cemento para la obtención del ladrillo alternativo sin cocción, fue de alrededor de la cuarta parte en volumen de la mezcla de suelo-cemento.
- 5.1.5. Los pasos que se siguieron para la fabricación del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento fueron: trituración y tamizado del suelo por una malla de 0.5 cm, mezclado del suelo y cemento en seco, incorporación de agua en forma de lluvia, elaboración del ladrillo mediante el uso de la máquina, almacenamiento y curado.
- 5.1.6. El peso promedio del ladrillo artesanal en comparación del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento es mayor hasta un 13.47%. (Ver Tabla 4.6).
- 5.1.7. Los resultados de los ensayos de absorción y succión del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento y del ladrillo artesanal, ambos elaborados con el suelo de

una misma cantera, indican que cumplen con la condición que especifica la Norma Técnica E-070 Albañilería; de ser menor del 22% para la absorción y estar entre los rangos de 10 y 20 gr/200 cm²-min para la succión. (Ver tabla 4.10 y 4.11)

5.1.8. Los resultados del alabeo indican que los ladrillos artesanales cumplen con la condición de clase “V”; y con respecto los prototipos se obtuvo que en Etapa I no existía alabeo, cumpliendo con la condición de clase “V”; en la Etapa II existía alabeo, pero cumplían con la condición del ladrillo clase “V”; y, en la Etapa III, cumplían con la condición del ladrillo clase “IV” y “V”. (Ver tabla 4.12).

5.1.9. La variación dimensional del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento dependía de la variación dimensional de la altura “h”, ya que la variación dimensional de las otras dos dimensiones, largo “l” y ancho “a”, cumplen con la condición del ladrillo clase “V”; de tal manera que el molde de la máquina construida permite que las dimensiones “l” y “a” sean fijas, mientras que “h” depende de la presión ejercida sobre la mezcla de suelo-cemento.

5.1.10. La Resistencia Característica a la Compresión f_b de los ladrillos artesanales cumple con la condición del ladrillo Clase “I”. En la Etapa I, los prototipo 4 y 5 (20% y 25% de cemento de volumen, respectivamente) son los únicos que cumplen con condición de ladrillo clase “I” y “II”, respectivamente. En la Etapa II, el prototipo 3 (15% de cemento en volumen) cumple con la condición de ladrillo clase “I” y los prototipos 4 y 5 (20% y 25% de cemento de volumen, respectivamente) cumplen con la clase “II”. En la Etapa III, el prototipo 2 (10% de cemento en volumen) cumple con la condición de ladrillo clase “I” y los prototipos 3, 4, 5 (15%, 20% y 25% de cemento de volumen, respectivamente) con la clase “II”. (Ver tabla 4.14)

5.1.11. Como una prueba adicional se observó que el secado de los prototipos en estufa por 24 horas, aumenta la Resistencia Característica a la Compresión f_b como se aprecia en la Etapa III, donde los prototipos 2, 4 y 5 (10%, 20% y 25%, de cemento de volumen, respectivamente) cumplieron con la condición de ladrillo clase “II” y el prototipo 3 (15% de cemento en volumen) con la clase “III”. (Ver tabla 4.15 y 5.16)

- 5.1.12. La clasificación del ladrillo artesanal y de los prototipos, en todos los casos, dependió principalmente de la Resistencia Característica a la Compresión (f^b). El ladrillo artesanal clasifica como clase "II". En la Etapa I, los prototipo 4 y 5 (20% y 25% de cemento de volumen, respectivamente) se asemejan a la clasificación de ladrillo clase "I" y "II", respectivamente. En la Etapa II, el prototipo 3 (15% de cemento en volumen) se asemeja a la clasificación de ladrillo clase "I" y los prototipos 4 y 5 (20% y 25% de cemento de volumen, respectivamente) se asemejan a clasificación de clase "II". En la Etapa III, el prototipo 2 (10% de cemento en volumen) se asemeja a la clasificación de ladrillo clase "I" y los prototipos 3, 4, 5 (15%, 20% y 25%, de cemento de volumen, respectivamente) se asemejan al ladrillo clase "II". (Ver tabla 4.18, 4.19 y 4.20).
- 5.1.13. En el ensayo de Resistencia a la Compresión Axial (f^m), que se realizó con pilas elaboradas con prototipos de la Etapa I, se obtuvieron datos no validos; puesto que los valores obtenidos eran incongruentes, las pilas más esbeltas soportaron más carga axial que las pilas menos esbeltas (Ver tabla 4.22).
- 5.1.14. Los datos del ensayo de la Resistencia a la Compresión Diagonal, a pesar de que no eran totalmente concluyentes ya que se elaboraron con prototipos de la Etapa I los cuales no eran los definitivos, indican que la Resistencia a la Compresión Diagonal del prototipo que se asemeja a la clase "I" fue de 34 Ton/m² y el de la clase "II", 37.81 Ton / m²; cuyos valores fueron inferiores al del ladrillo artesanal que tuvo 51.85 Ton/ m². Esta respuesta, se debió a que en el caso los prototipos no hubo buena adherencia entre las unidades y el mortero cemento-arena; en cambio ocurrió lo contrario para el ladrillo artesanal. (Ver tabla 4.23).
- 5.1.15. El costo aproximado de la unidad de ladrillo artesanal fue de 0.26 nuevos soles, mientras que para el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento el costo aproximado por unidad fue 0.22, 0.29, 0.37, 0.44 y 0.54 nuevos soles para 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cemento en volumen, respectivamente; pero se tiene que resaltar que el prototipo con 5% de cemento en volumen no cumple con la clasificación de ladrillo, según la norma E-070. (Ver tabla 4.24 y 4.25)

5.1.16. Las ventajas del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento frente al ladrillo artesanal son: (a) no necesita tener un proceso de cocción, por lo que se elimina la emisión de elementos contaminantes que afectan negativamente la salud de los seres vivos y el medio ambiente; (b) se puede elaborar en diferentes zonas debido a la fácil manipulación y transporte de la máquina de compresión para la elaboración del ladrillo alternativo; (c) no se necesita producir una gran cantidad de unidades para empezar a hacer uso de ellas; (d) el tiempo para hacer uso de las unidades del ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento es 28 días, menor al tiempo del ladrillo artesanal.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Perfeccionar la máquina con la que se elaboró el ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento para que no se deforme durante su operación utilizando planchas de metal de un espesor superior a 10 mm; así también, hacer modificaciones para tener mayor eficiencia en el trabajo manual.

5.2.2. Investigar la elaboración de prototipos de suelo-cemento incorporando procesos de mayor secado, ya que se observó que ello mejora su Resistencia a la Compresión.

5.2.3. Investigar la elaboración de prototipos suelo-cemento con los diferentes suelos que se usan para elaborar los ladrillos artesanales en los alrededores de Cajamarca.

5.2.4. Investigar el uso de aglomerantes para los prototipos suelo-cemento, como cal o yeso utilizándolos solos o combinados con la finalidad de elaborar ladrillos alternativos sin cocción, usando los recursos naturales existentes en la zona.

5.2.5. Realizar más pruebas con el ladrillo alternativo sin cocción en prismas: pilas y muretes. Ya que en la presente tesis, los datos obtenidos de la Resistencia a la Compresión Axial de pilas ($f'm$) fue incongruente y los datos de la Resistencia a la Compresión Diagonal ($v'm$), de muretes no son completamente concluyentes puesto que se elaboraron con prototipos de la Etapa I, los que no fueron los definitivos y también debido a que se realizó un solo murete por cada prototipo cuando la Norma E-070 indica que mínimo deben ser tres.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Aquino, 2004. A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares. Salvador, Bahia, Brasil.
- ✓ Braja, 2001, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, México.
- ✓ Casado, Manuel 2005. *Procesos de producción más limpia en ladrilleras de Arequipa y Cusco*. Lima.
- ✓ Casado, Manuel 2010. *Elaboración de límites máximos permisibles de emisiones para la industria ladrillera*. Lima.
- ✓ Fernandez Yvonne, 2009, Estudio de la Influencia del Tipo de Arcilla en las Características Técnicas del Ladrillo. Santa Bárbara- Cajamarca.
- ✓ Gatani, Mariana. 2000. *Ladrillos de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible*. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- ✓ Gatani, Mariana 2007. *Producción de ladrillo de suelo cemento, ¿una alternativa, económica y sustentable?* Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- ✓ Hurtado de Barrera, J. 2008. *Notas del Módulo V: "La Investigación Holística"*. Diplomado Internacional Proyectos de Investigación Científica y Humanística. Universidad Nacional de Cajamarca.
- ✓ "Estudio de la Influencia del Tipo de Arcilla en las Características Técnicas del Ladrillo. Santa Bárbara- Cajamarca" de la Mc. Ing. Yvonne Katherine Fernández León del año 2009.
- ✓ Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006. Perú.
- ✓ Norma Técnica E.030 Diseño Sismo resistente. Perú.
- ✓ PRAL-Programa Regional de Aire Limpio. 2005. *Estudio Diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú: Departamentos De Puno, Cajamarca, Trujillo, Lambayeque, Piura, Ayacucho, Lima, Tacna, Arequipa y Cusco*. Lima.
- ✓ San Bartolomé, 1994, Construcciones de Albañilería.
- ✓ San Bartolomé, 2004, corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial. proyecto SENCICO -PUCP.
- ✓ San Bartolomé, 2008, comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 "Albañilería".

ANEXOS 01
DATOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

- Análisis de suelo.
- Contenido de humedad del suelo y mezcla húmeda de suelo-cemento.
- Humedad Natural, Succión, Absorción, Prototipos ladrillo artesanal y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo cemento.
- Alabeo del ladrillo alternativo y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo cemento.
- Variación dimensional del ladrillo artesanal y de los prototipos del ladrillo alternativo sin cocción de suelo cemento.
- Resistencia Característica a la Compresión del ladrillo artesanal y de los prototipos del alternativo sin cocción de suelo cemento.
- Resistencia a la Compresión Axial de Pilas.
- Resistencia a la Tracción Diagonal.
- Propiedades del agregado fino, utilizado en el mortero.

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

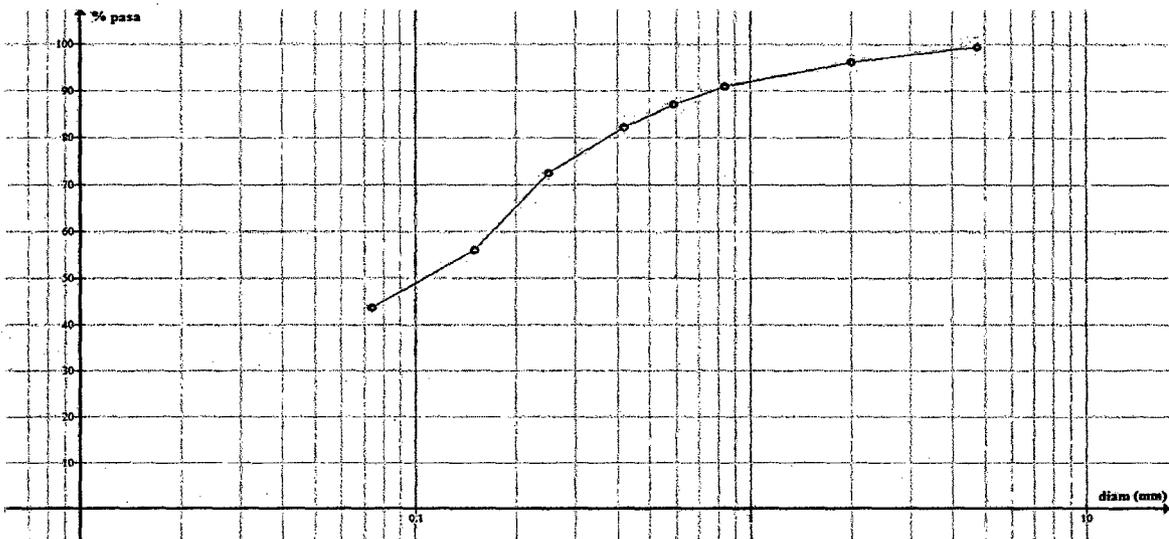
NORMA ASTM D421

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: SHULTIN
 MUESTRA: MUESTRA 1
 FECHA: 25/07/2012
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

$W_s = 200 \text{ gr}$

TAMIZ		P.R.P	% R.P.	% R.A.	% PASA
N°	Aber (mm)	gr			
N° 4	4.760	1.10	0.55	0.55	99.45
N° 10	2.000	6.40	3.20	3.75	96.25
N° 20	0.840	10.70	5.35	9.10	90.90
N° 30	0.590	7.30	3.65	12.75	87.25
N° 40	0.420	10.00	5.00	17.75	82.25
N° 60	0.250	19.70	9.85	27.60	72.40
N° 100	0.150	32.90	16.45	44.05	55.95
N° 200	0.074	24.80	12.40	56.45	43.55
Perdida por lavado		87.10	43.55	100.00	0.00

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA- Muestra Shultin 1



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO

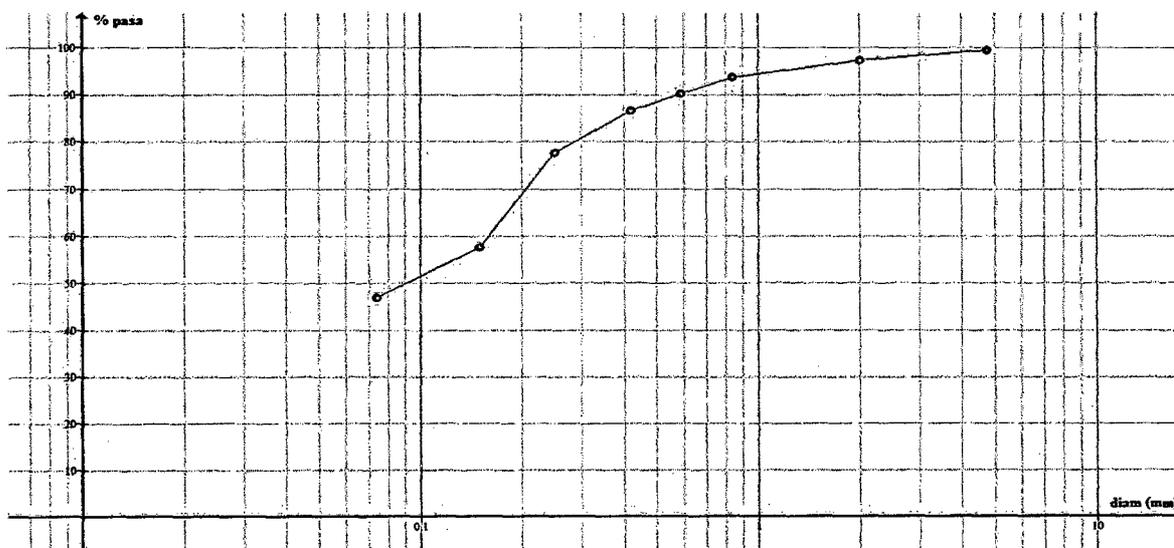
NORMA ASTM D421

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: SHULTIN
 MUESTRA: Muestra 2
 FECHA: 25/07/2012
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTIN TEJADA ARIAS

Ws= 200 gr

TAMIZ		P.R.P	% R.P.	% R.A.	% PASA
N°	Aber (mm)	gr			
N° 4	4.760	1.00	0.50	0.50	99.50
N° 10	2.000	4.40	2.20	2.70	97.30
N° 20	0.840	7.10	3.55	6.25	93.75
N° 30	0.590	6.90	3.45	9.70	90.30
N° 40	0.420	7.30	3.65	13.35	86.65
N° 60	0.250	17.90	8.95	22.30	77.70
N° 100	0.150	40.30	20.15	42.45	57.55
N° 200	0.074	21.50	10.75	53.20	46.80
Perdida por lavado		93.60	46.80	100.00	0.00

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA- Muestra Shultin 2



ENSAYO: LÍMITE LÍQUIDO

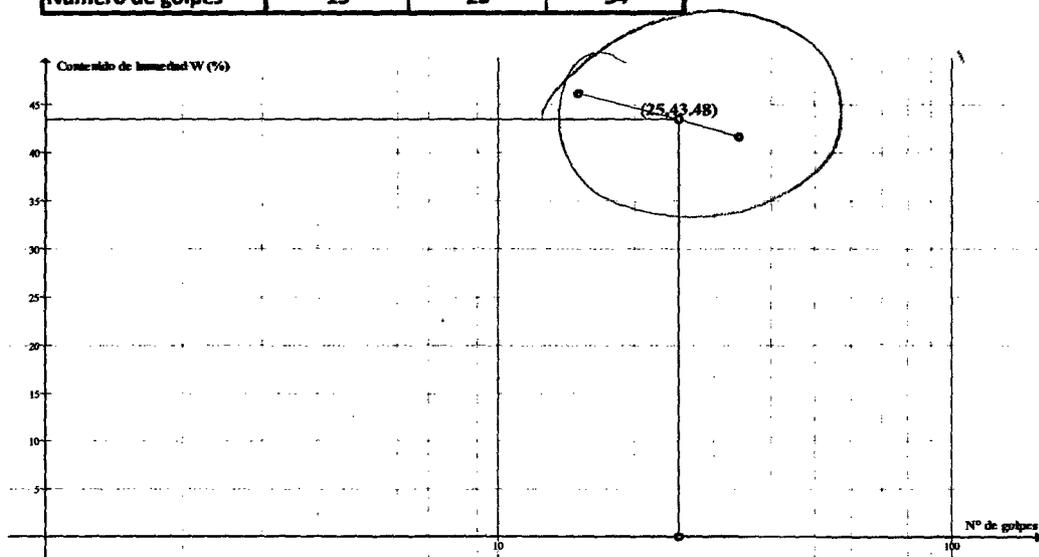
NORMA ASTM D 4318

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: SHULTÍN
 FECHA: 28/04/2013
 REALIZADO POR: Antonio Martín Tejada Arias

Muestra	LL1	LL2	LL3
W t (gr)	27.5	27.3	25.7
W mh + t (gr)	46.5	43.8	42.7
W ms + t (gr)	40.5	38.8	37.7
Wmh	19.00	16.50	17.00
Wms	13.00	11.50	12.00
Ww	6.00	5.00	5.00
W%	46.15	43.48	41.67
Número de golpes	15	25	34

25 Puntos?

?



ENSAYO: LÍMITE PLÁSTICO

NORMA ASTM D 4318

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: SHULTÍN
 FECHA: 28/04/2013
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTIN TEJADA ARIAS

Muestra	LP1	LP2
W t (gr)	27.5	27.1
W mh + t (gr)	34.2	34.2
W ms + t (gr)	33	33
Wmh	6.70	7.10
Wms	5.50	5.90
Ww	1.20	1.20
W%	21.82	20.34
LP (%)	21.08	

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA ASTM D 2216

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA

FECHA: 28/09/2012

ETAPA: PRIMERA

REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

Muestra	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
Condición	Suelo	Suelo y cemento	Suelo, cemento (5%) y agua	Suelo, cemento (10%) y agua	Suelo, cemento (15%) y agua	Suelo, cemento (20%) y agua	Suelo, cemento (25%) y agua
Wt (gr)	26.6	28.7	26.9	26.5	26.6	26.3	26.3
Wh + t (gr)	171.9	179.6	156.7	98.8	171.8	129.8	161.2
Ws + t (gr)	163.2	171.6	134.2	86.3	147.4	112.4	138.5
Wh (gr)	145.3	150.9	129.8	72.3	145.2	103.5	134.9
Ws (gr)	136.6	142.9	107.3	59.8	120.8	86.1	112.2
Ww (gr)	8.7	8	22.5	12.5	24.4	17.4	22.7
W (%)	6.37%	5.60%	20.97%	20.90%	20.20%	20.21%	20.23%

2 May 64

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD**NORMA ASTM D 2216**

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
FECHA: 05/10/2012
ETAPA: SEGUNDA
REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

Muestra	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7
Condición	Suelo	Suelo y agua	Suelo, cemento (5%) y agua	Suelo, cemento (10%) y agua	Suelo, cemento (15%) y agua	Suelo, cemento (20%) y agua	Suelo, cemento (25%) y agua
Wt (gr)	28.6	26.6	26.6	27	26.9	26.3	26.3
Wh + t (gr)	124.4	134.5	147	157.9	136.1	121.3	173.1
Ws + t (gr)	121.9	118.5	129.7	139.3	120.5	107.8	152.3
Wh (gr)	95.8	107.9	120.4	130.9	109.2	95	146.8
Ws (gr)	93.3	91.9	103.1	112.3	93.6	81.5	126
Ww (gr)	2.5	16	17.3	18.6	15.6	13.5	20.8
W (%)	2.68%	17.41%	16.78%	16.56%	16.67%	16.56%	16.51%

ENSAYO: HUMEDAD NATURAL, SUCCIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: LADRILLO ARTESANAL
 MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL
 FECHA DE ENSAYO: 22/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	A sientto (cm2)	Hn (%)	A(%)	S (gr/200 cm ² -min)
PT2-16	10/09/2012	22/11/2012	3008	2974	3001	3469	275	1.14	16.64	19.64
PT2-17	10/09/2012	22/11/2012	3086	3070	3096	3589	275	0.52	16.91	18.91
PT2-18	10/09/2012	22/11/2012	3178	3114	3141	3636	275	2.06	16.76	19.64
PT2-19	10/09/2012	22/11/2012	3118	3094	3121	3594	275	0.78	16.16	19.64
PROMEDIO								1.13	16.62	19.46

P0= peso (gr) en estado natural.

P1= peso (gr) de la unidad secada en un horno a 110 °C.

P2= peso (gr) de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento en una película de agua de 3 mm durante un minuto.

P3= peso (gr) de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua fría.

A sientto= Área de la cara de asiento de la unidad.

Hn (%) = Humedad natural

S (gr/200 cm²-min)= Succión

A (%) = Absorción

ENSAYO: HUMEDAD NATURAL, SUCCIÓN Y ABSORCIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE LA ETAPA I

PROYECTO DE TESIS:
MATERIAL:

ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
PROTOTIPOS ETAPA I

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	A sientto (cm2)	Hn (%)	A(%)	S (gr/200 cm ² -min)
PT2-16	10/09/2012	22/11/2012	3000	2724	2746	3308	255	10.13	21.44	17.25
PT2-17	10/09/2012	22/11/2012	2962	2736	2758	3335	255	8.26	21.89	17.25
PT2-18	10/09/2012	22/11/2012	3036	2816	2839	3409	255	7.81	21.06	18.04
PT2-19	10/09/2012	22/11/2012	2752	2590	2614	3140	255	6.25	21.24	18.82
PROMEDIO								8.11	21.41	17.84

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	A sientto (cm2)	Hn (%)	A(%)	S (gr/200 cm ² -min)
PT3-16	13/09/2012	22/11/2012	2958	2626	2649	3173	255	12.64	20.83	18.04
PT3-17	13/09/2012	22/11/2012	3064	2780	2802	3388	255	10.22	21.87	17.25
PT3-18	13/09/2012	22/11/2012	3100	2794	2819	3390	255	10.95	21.33	19.61
PT3-19	13/09/2012	22/11/2012	3122	2830	2854	3433	255	10.32	21.31	18.82
PROMEDIO								11.03	21.33	18.43

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	A sientto (cm2)	Hn (%)	A(%)	S (gr/200 cm ² -min)
PT4-16	16/09/2012	22/11/2012	3362	2948	2971	3563	255	14.04	20.86	18.04
PT4-17	16/09/2012	22/11/2012	3414	2968	2991	3608	255	15.03	21.56	18.04
PT4-18	16/09/2012	22/11/2012	3426	2970	2994	3606	255	15.35	21.41	18.82
PT4-19	16/09/2012	22/11/2012	3394	2930	2953	3547	255	15.84	21.06	18.04
PROMEDIO								15.07	21.22	18.24

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	P2 (gr)	P3 (gr)	A sientto (cm2)	Hn (%)	A(%)	S (gr/200 cm ² -min)
PT5-16	17/09/2012	22/11/2012	3462	3020	3044	3658	255	14.64	21.13	18.82
PT5-17	17/09/2012	22/11/2012	3384	2936	2961	3568	255	15.26	21.53	19.61
PT5-18	17/09/2012	22/11/2012	3314	2964	2987	3609	255	11.81	21.76	18.04
PT5-19	17/09/2012	22/11/2012	3178	2782	2808	3398	255	14.23	22.14	20.39
PROMEDIO								13.99	21.64	19.22

P0= peso (gr) en estado natural.

P1= peso (gr) de la unidad secada en un horno a 110 °C.

P2= peso (gr) de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento en una película de agua de 3 mm durante un minuto.

P3= peso (gr) de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua fría.

A sientto= Área de la cara de asiento de la unidad.

Hn (%) = Humedad natural

S (gr/200 cm²-min)= Succión

A (%) = Absorción

ENSAYO: HUMEDAD NATURAL DE LOS PROTOTIPOS DE LA ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	Hn (%)
PT2-201	10/11/2012	13/12/2012	2881	2718	6.00
PT2-202	10/11/2012	13/12/2012	2837	2672	6.18
PT2-203	10/11/2012	13/12/2012	2940	2776	5.91
PT2-211	10/11/2012	13/12/2012	2790	2620	6.49
PT2-212	10/11/2012	13/12/2012	2815	2632	6.95
PT2-213	10/11/2012	13/12/2012	2855	2710	5.35
PROMEDIO					6.15

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	Hn (%)
PT3-201	13/11/2012	13/12/2012	3005	2806	7.09
PT3-202	13/11/2012	13/12/2012	3101	2878	7.75
PT3-203	13/11/2012	13/12/2012	2972	2772	7.22
PT3-211	13/11/2012	13/12/2012	3022	2812	7.47
PT3-212	13/11/2012	13/12/2012	2948	2756	6.97
PT3-213	13/11/2012	13/12/2012	3046	2838	7.33
PROMEDIO					7.31

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4

PROBETA	Fecha fabricación	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	Hn (%)
PT4-201	13/11/2012	13/12/2012	2888	2732	5.71
PT4-202	13/11/2012	13/12/2012	2998	2798	7.15
PT4-203	13/11/2012	13/12/2012	3040	2832	7.34
PT4-211	13/11/2012	13/12/2012	2972	2770	7.29
PT4-212	13/11/2012	13/12/2012	3044	2822	7.87
PT4-213	13/11/2012	13/12/2012	2934	2790	5.16
PROMEDIO					6.75

MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha de ensayo	P0 (gr)	P1 (gr)	Hn (%)
PT5-201	13/11/2012	13/12/2012	2888	2743	5.29
PT5-202	13/11/2012	13/12/2012	2998	2806	6.84
PT5-203	13/11/2012	13/12/2012	3040	2876	5.70
PT5-212	13/11/2012	13/12/2012	2972	2780	6.91
PT5-213	13/11/2012	13/12/2012	3044	2873	5.95
PT5-214	13/11/2012	13/12/2012	2934	2780	5.54
PROMEDIO					6.04

P0= peso (gr) en estado natural.

P1= peso (gr) de la unidad secada en un horno a 110 °C.

Hn (%) = Humedad natural

ENSAYO: ALABEO DE LADRILLO ARTESANAL

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: LADRILLO ARTESANAL
 MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL
 FECHA: 30/10/2012
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
LA-1	01/09/2012	30/10/2012		1 2	2
LA-2	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-3	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-4	01/09/2012	30/10/2012		1 1	1
LA-5	01/09/2012	30/10/2012	3		3
LA-6	01/09/2012	30/10/2012	2		2
LA-7	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-8	01/09/2012	30/10/2012		2 0	2
LA-9	01/09/2012	30/10/2012		1 0	1
LA-10	01/09/2012	30/10/2012		2 1	2
LA-11	01/09/2012	30/10/2012		2 1	2
LA-12	01/09/2012	30/10/2012	0		0
LA-13	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-14	01/09/2012	30/10/2012	2		2
LA-15	01/09/2012	30/10/2012		1 1	1
LA-16	01/09/2012	30/10/2012	0		0
LA-17	01/09/2012	30/10/2012	3		3
LA-18	01/09/2012	30/10/2012	0		0
LA-19	01/09/2012	30/10/2012	3		3
LA-20	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-21	01/09/2012	30/10/2012	2		2
LA-22	01/09/2012	30/10/2012	4		4
LA-23	01/09/2012	30/10/2012		3 2	3
LA-24	01/09/2012	30/10/2012	0		0
LA-25	01/09/2012	30/10/2012	2		2
LA-26	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-27	01/09/2012	30/10/2012	2		2
LA-28	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-29	01/09/2012	30/10/2012	1		1
LA-30	01/09/2012	30/10/2012	2		2
PROMEDIO (%)					1.57
DESVIACION ESTANDAR (%)					1.01
COEFICIENTE DE VAR (%)					64.23

ENSAYO: ALABEO DE PROTOTIPOS DE LA ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 FECHA: 29/10/2012
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

MUESTRA: PROTOTIPO 2

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT2-101	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-102	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-103	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-104	10/09/2012	29/10/2012	2		2
PT2-105	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-106	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-107	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-108	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-109	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-110	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-111	10/09/2012	29/10/2012	2		2
PT2-112	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-113	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-114	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PT2-115	10/09/2012	29/10/2012	1		1
PROMEDIO (%)					1.13
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.35
COEFICIENTE DE VAR (%)					31.05

MUESTRA: PROTOTIPO 3

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT3-101	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-102	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-103	13/09/2012	29/10/2012	2		2
PT3-104	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-105	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-106	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-107	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-108	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-109	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-110	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-111	13/09/2012	29/10/2012	2		2
PT3-112	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-113	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-114	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-115	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PT3-116	13/09/2012	29/10/2012	1		1
PROMEDIO (%)					1.13
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.34
COEFICIENTE DE VAR (%)					30.36

MUESTRA: PROTOTIPO 4

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT4-101	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-102	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-103	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-104	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-105	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-106	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-107	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-108	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-109	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-110	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-111	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-112	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-113	08/09/2012	16/09/2012	2		2
PT4-114	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PT4-115	08/09/2012	16/09/2012	1		1
PROMEDIO (%)					1.07
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.26
COEFICIENTE DE VAR (%)					24.21

MUESTRA: PROTOTIPO 5

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT5-101	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-102	17/09/2012	29/09/2012	2		2
PT5-103	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-104	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-105	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-106	17/09/2012	29/09/2012	2		2
PT5-107	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-108	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-109	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-110	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-111	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-112	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-113	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-114	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PT5-115	17/09/2012	29/09/2012	1		1
PROMEDIO (%)					1.13
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.35
COEFICIENTE DE VAR (%)					31.05

ENSAYO: ALABEO DE PROTOTIPOS DE LA ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 FECHA: 12/12/2012
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

MUESTRA: PROTOTIPO 2

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT2-201	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-202	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-203	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-204	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-205	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-206	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-207	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-208	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-209	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-210	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-211	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-212	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-213	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-214	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PT2-215	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-216	10/11/2012	12/12/2012	2		2
PT2-217	10/11/2012	12/12/2012	1		1
PROMEDIO (%)					1.59
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.51
COEFICIENTE DE VAR (%)					31.94

MUESTRA: PROTOTIPO 3

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT3-201	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-202	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-203	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-204	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-205	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-206	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-207	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-208	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-209	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-210	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-211	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-212	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-213	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-214	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-215	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT3-216	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT3-217	12/11/2012	29/10/2012	2		2
PROMEDIO (%)					2.35
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.49
COEFICIENTE DE VAR (%)					20.94

MUESTRA: PROTOTIPO 4

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT4-201	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-202	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-203	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-204	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-205	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-206	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-207	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-208	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-209	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-210	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-211	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-212	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-213	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-214	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-215	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PT4-216	12/11/2012	12/12/2012	2		2
PT4-217	12/11/2012	12/12/2012	3		3
PROMEDIO (%)					2.59
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.51
COEFICIENTE DE VAR (%)					19.60

MUESTRA: PROTOTIPO 5

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	CONCAVIDAD mm	CONVEXIDAD mm	ALABEO
PT5-201	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-202	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-203	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-204	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-205	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-206	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-207	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-208	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-209	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-210	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-211	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-212	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-213	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-214	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PT5-215	12/12/2011	12/12/2012	3		3
PT5-216	12/12/2011	12/12/2012	2		2
PROMEDIO (%)					2.56
DESVIACION ESTANDAR (%)					0.51
COEFICIENTE DE VAR (%)					19.99

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - LADRILLO ARTESANAL

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: LADRILLO ARTESANAL
 MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL
 FECHA: 26/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L esped	V %	
LA-1	01/09/2012	26/10/2012	218	217	220	220	218.75	220	0.57%	
LA-2	01/09/2012	26/10/2012	215	217	214	217	215.75	220	1.93%	
LA-3	01/09/2012	26/10/2012	215	217	216	216	216.00	220	1.82%	
LA-4	01/09/2012	26/10/2012	219	218	220	222	219.75	220	0.11%	
LA-5	01/09/2012	26/10/2012	217	215	213	215	215.00	220	2.27%	
LA-6	01/09/2012	26/10/2012	217	218	217	220	218.00	220	0.91%	
LA-7	01/09/2012	26/10/2012	217	215	217	217	216.50	220	1.59%	
LA-8	01/09/2012	26/10/2012	215	215	214	215	214.75	220	2.39%	
LA-9	01/09/2012	26/10/2012	215	215	218	219	216.75	220	1.48%	
LA-10	01/09/2012	26/10/2012	215	215	216	219	216.25	220	1.70%	
LA-11	01/09/2012	26/10/2012	217	220	217	216	217.50	220	1.14%	
LA-12	01/09/2012	26/10/2012	215	215	217	219	216.50	220	1.59%	
LA-13	01/09/2012	26/10/2012	218	218	218	215	217.25	220	1.25%	
LA-14	01/09/2012	26/10/2012	219	218	215	215	216.75	220	1.48%	
LA-15	01/09/2012	26/10/2012	215	213	216	216	215.00	220	2.27%	
LA-16	01/09/2012	26/10/2012	218	216	216	216	216.50	220	1.59%	
LA-17	01/09/2012	26/10/2012	216	215	213	213	214.25	220	2.61%	
LA-18	01/09/2012	26/10/2012	215	216	217	216	216.00	220	1.82%	
LA-19	01/09/2012	26/10/2012	212	213	215	217	214.25	220	2.61%	
LA-20	01/09/2012	26/10/2012	218	219	217	218	218.00	220	0.91%	
LA-21	01/09/2012	26/10/2012	215	218	217	218	217.00	220	1.36%	
LA-22	01/09/2012	26/10/2012	214	215	218	218	216.25	220	1.70%	
LA-23	01/09/2012	26/10/2012	215	217	212	212	214.00	220	2.73%	
LA-24	01/09/2012	26/10/2012	214	215	214	217	215.00	220	2.27%	
LA-25	01/09/2012	26/10/2012	212	216	212	213	213.25	220	3.07%	
LA-26	01/09/2012	26/10/2012	215	216	215	214	215.00	220	2.27%	
LA-27	01/09/2012	26/10/2012	211	212	215	215	213.25	220	3.07%	
LA-28	01/09/2012	26/10/2012	215	212	212	214	213.25	220	3.07%	
LA-29	01/09/2012	26/10/2012	212	215	212	215	213.50	220	2.95%	
LA-30	01/09/2012	26/10/2012	215	216	212	216	214.75	220	2.39%	
L prom								215.83		
PROMEDIO (%)									1.90	
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.76	
COEFICIENTE DE VAR (%)									40.22	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a esped	V %
LA-1	01/09/2012	26/10/2012	126	126	127	125	126.00	125	0.80%
LA-2	01/09/2012	26/10/2012	123	124	123	123	123.25	125	1.40%
LA-3	01/09/2012	26/10/2012	130	125	125	124	126.00	125	0.80%
LA-4	01/09/2012	26/10/2012	123	125	127	125	125.00	125	0.00%
LA-5	01/09/2012	26/10/2012	123	120	123	125	122.75	125	1.80%
LA-6	01/09/2012	26/10/2012	122	123	125	123	123.25	125	1.40%
LA-7	01/09/2012	26/10/2012	122	124	124	124	123.50	125	1.20%
LA-8	01/09/2012	26/10/2012	125	124	125	125	124.75	125	0.20%
LA-9	01/09/2012	26/10/2012	123	124	125	123	123.75	125	1.00%
LA-10	01/09/2012	26/10/2012	122	124	126	124	124.00	125	0.80%
LA-11	01/09/2012	26/10/2012	123	125	124	123	123.75	125	1.00%
LA-12	01/09/2012	26/10/2012	122	123	125	123	123.25	125	1.40%
LA-13	01/09/2012	26/10/2012	126	127	123	123	124.75	125	0.20%
LA-14	01/09/2012	26/10/2012	123	123	124	126	124.00	125	0.80%
LA-15	01/09/2012	26/10/2012	122	123	125	123	123.25	125	1.40%
LA-16	01/09/2012	26/10/2012	123	125	125	125	124.50	125	0.40%
LA-17	01/09/2012	26/10/2012	122	122	123	122	122.25	125	2.20%
LA-18	01/09/2012	26/10/2012	123	125	123	124	123.75	125	1.00%
LA-19	01/09/2012	26/10/2012	123	123	120	122	122.00	125	2.40%
LA-20	01/09/2012	26/10/2012	122	123	123	122	122.50	125	2.00%
LA-21	01/09/2012	26/10/2012	127	125	125	126	125.75	125	0.60%
LA-22	01/09/2012	26/10/2012	122	123	121	121	121.75	125	2.60%
LA-23	01/09/2012	26/10/2012	121	122	120	122	121.25	125	3.00%
LA-24	01/09/2012	26/10/2012	123	122	121	122	122.00	125	2.40%
LA-25	01/09/2012	26/10/2012	122	122	121	121	121.50	125	2.80%
LA-26	01/09/2012	26/10/2012	122	122	120	122	121.50	125	2.80%
LA-27	01/09/2012	26/10/2012	123	120	122	122	121.75	125	2.60%
LA-28	01/09/2012	26/10/2012	122	122	121	122	121.75	125	2.60%
LA-29	01/09/2012	26/10/2012	122	122	122	122	122.00	125	2.40%
LA-30	01/09/2012	26/10/2012	122	122	123	123	122.50	125	2.00%
a prom							123.27		
PROMEDIO (%)									1.53
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.89
COEFICIENTE DE VAR (%)									58.37

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h esped	V %
LA-1	01/09/2012	26/10/2012	72	74	73	75	73.50	75	2.00%
LA-2	01/09/2012	26/10/2012	75	75	77	76	75.75	75	1.00%
LA-3	01/09/2012	26/10/2012	75	74	75	73	74.25	75	1.00%
LA-4	01/09/2012	26/10/2012	75	75	75	75	75.00	75	0.00%
LA-5	01/09/2012	26/10/2012	70	75	74	70	72.25	75	3.67%
LA-6	01/09/2012	26/10/2012	76	75	76	75	75.50	75	0.67%
LA-7	01/09/2012	26/10/2012	75	73	78	77	75.75	75	1.00%
LA-8	01/09/2012	26/10/2012	76	76	76	77	76.25	75	1.67%
LA-9	01/09/2012	26/10/2012	75	76	77	76	76.00	75	1.33%
LA-10	01/09/2012	26/10/2012	75	77	78	76	76.50	75	2.00%
LA-11	01/09/2012	26/10/2012	75	76	75	76	75.50	75	0.67%
LA-12	01/09/2012	26/10/2012	78	76	78	77	77.25	75	3.00%
LA-13	01/09/2012	26/10/2012	74	75	74	75	74.50	75	0.67%
LA-14	01/09/2012	26/10/2012	76	76	76	75	75.75	75	1.00%
LA-15	01/09/2012	26/10/2012	77	72	76	76	75.25	75	0.33%
LA-16	01/09/2012	26/10/2012	76	77	77	75	76.25	75	1.67%
LA-17	01/09/2012	26/10/2012	74	74	74	75	74.25	75	1.00%
LA-18	01/09/2012	26/10/2012	76	76	73	74	74.75	75	0.33%
LA-19	01/09/2012	26/10/2012	71	74	73	74	73.00	75	2.67%
LA-20	01/09/2012	26/10/2012	75	78	77	75	76.25	75	1.67%
LA-21	01/09/2012	26/10/2012	72	72	73	73	72.50	75	3.33%
LA-22	01/09/2012	26/10/2012	75	74	72	72	73.25	75	2.33%
LA-23	01/09/2012	26/10/2012	72	75	75	74	74.00	75	1.33%
LA-24	01/09/2012	26/10/2012	75	77	75	75	75.50	75	0.67%
LA-25	01/09/2012	26/10/2012	74	71	71	70	71.50	75	4.67%
LA-26	01/09/2012	26/10/2012	75	72	73	73	73.25	75	2.33%
LA-27	01/09/2012	26/10/2012	70	73	70	71	71.00	75	5.33%
LA-28	01/09/2012	26/10/2012	75	76	70	73	73.50	75	2.00%
LA-29	01/09/2012	26/10/2012	72	74	73	73	73.00	75	2.67%
LA-30	01/09/2012	26/10/2012	73	71	75	74	73.25	75	2.33%
							PROMEDIO (%)		1.81
							DESVIACION ESTANDAR (%)		1.27
							COEFICIENTE DE VAR (%)		70.16

h prom	74.48
--------	-------

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 24/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT2-1	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT2-2	10/09/2012	24/10/2012	219	221	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-3	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT2-4	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-5	10/09/2012	24/10/2012	220	219	219	220	219.50	220	0.23%
PT2-6	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	220	219.75	220	0.11%
PT2-7	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23%
PT2-8	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-9	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT2-10	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-11	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	220	219.75	220	0.11%
PT2-12	10/09/2012	24/10/2012	218	220	220	220	219.50	220	0.23%
PT2-13	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT2-14	10/09/2012	24/10/2012	219	220	219	220	219.50	220	0.23%
PT2-15	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT2-16	10/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT2-17	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	220	219.75	220	0.11%
PT2-18	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	218	219.50	220	0.23%
PT2-19	10/09/2012	24/10/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11%
PT2-20	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT2-21	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT2-22	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	220	219.75	220	0.11%
PT2-23	10/09/2012	24/10/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23%
PT2-24	10/09/2012	24/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT2-25	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-26	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT2-27	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-28	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-29	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT2-30	10/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PROMEDIO (%)									0.11
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.09
COEFICIENTE DE VAR (%)									78.78

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT2-1	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-2	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-3	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-4	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-5	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-6	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-7	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-8	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-9	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-10	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-11	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-12	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-13	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-14	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-15	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-16	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-17	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-18	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-19	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-20	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-21	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-22	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-23	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-24	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-25	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-26	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-27	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-28	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-29	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT2-30	10/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	b1 mm	b2 mm	b3 mm	b4 mm	h prom	h especí	V %
PT2-1	10/09/2012	24/10/2012	69	72	71	74	71.50	75	4.67%
PT2-2	10/09/2012	24/10/2012	74	71	80	76	75.25	75	0.33%
PT2-3	10/09/2012	24/10/2012	76	72	71	75	73.50	75	2.00%
PT2-4	10/09/2012	24/10/2012	79	75	75	70	74.75	75	0.33%
PT2-5	10/09/2012	24/10/2012	77	79	74	76	76.50	75	2.00%
PT2-6	10/09/2012	24/10/2012	78	76	78	75	76.75	75	2.33%
PT2-7	10/09/2012	24/10/2012	83	80	82	78	80.75	75	7.67%
PT2-8	10/09/2012	24/10/2012	76	74	82	78	77.50	75	3.33%
PT2-9	10/09/2012	24/10/2012	80	76	75	73	76.00	75	1.33%
PT2-10	10/09/2012	24/10/2012	79	75	83	78	78.75	75	5.00%
PT2-11	10/09/2012	24/10/2012	80	76	83	80	79.75	75	6.33%
PT2-12	10/09/2012	24/10/2012	77	79	73	76	76.25	75	1.67%
PT2-13	10/09/2012	24/10/2012	85	80	81	77	80.75	75	7.67%
PT2-14	10/09/2012	24/10/2012	79	81	77	80	79.25	75	5.67%
PT2-15	10/09/2012	24/10/2012	64	65	65	67	65.25	75	13.00%
PT2-16	10/09/2012	24/10/2012	80	76	78	74	77.00	75	2.67%
PT2-17	10/09/2012	24/10/2012	75	73	71	73	73.00	75	2.67%
PT2-18	10/09/2012	24/10/2012	71	75	73	76	73.75	75	1.67%
PT2-19	10/09/2012	24/10/2012	80	77	80	75	78.00	75	4.00%
PT2-20	10/09/2012	24/10/2012	82	79	81	77	79.75	75	6.33%
PT2-21	10/09/2012	24/10/2012	80	76	76	74	76.50	75	2.00%
PT2-22	10/09/2012	24/10/2012	75	72	71	70	72.00	75	4.00%
PT2-23	10/09/2012	24/10/2012	79	76	75	73	75.75	75	1.00%
PT2-24	10/09/2012	24/10/2012	77	76	81	77	77.75	75	3.67%
PT2-25	10/09/2012	24/10/2012	78	80	75	77	77.50	75	3.33%
PT2-26	10/09/2012	24/10/2012	80	77	76	74	76.75	75	2.33%
PT2-27	10/09/2012	24/10/2012	74	77	73	76	75.00	75	0.00%
PT2-28	10/09/2012	24/10/2012	82	79	80	76	79.25	75	5.67%
PT2-29	10/09/2012	24/10/2012	75	76	76	80	76.75	75	2.33%
PT2-30	10/09/2012	24/10/2012	79	75	76	74	76.00	75	1.33%
PROMEDIO (%)									3.54
DESVIACION ESTANDAR (%)									2.76
COEFICIENTE DE VAR (%)									77.96

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA I

PROYECTO DE TESIS:

ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA

MATERIAL:

PROTOTIPOS ETAPA I

MUESTRA:

PROTOTIPO TIPO 3

FECHA:

24/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT3-1	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-2	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT3-3	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-4	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-5	13/09/2012	24/10/2012	220	219	218	219	219.00	220	0.45%
PT3-6	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-7	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT3-8	13/09/2012	24/10/2012	218	219	220	220	219.25	220	0.34%
PT3-9	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	218	219.50	220	0.23%
PT3-10	13/09/2012	24/10/2012	220	220	218	218	219.00	220	0.45%
PT3-11	13/09/2012	24/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT3-12	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT3-13	13/09/2012	24/10/2012	219	220	219	220	219.50	220	0.23%
PT3-14	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT3-15	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT3-16	13/09/2012	24/10/2012	218	220	220	219	219.25	220	0.34%
PT3-17	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT3-18	13/09/2012	24/10/2012	220	221	219	219	219.75	220	0.11%
PT3-19	13/09/2012	24/10/2012	221	220	221	220	220.50	220	0.23%
PT3-20	13/09/2012	24/10/2012	220	221	220	220	220.25	220	0.11%
PT3-21	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-22	13/09/2012	24/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT3-23	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT3-24	13/09/2012	24/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT3-25	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT3-26	13/09/2012	24/10/2012	220	220	221	220	220.25	220	0.11%
PT3-27	13/09/2012	24/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT3-28	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-29	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT3-30	13/09/2012	24/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PROMEDIO (%)									0.16
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.13
COEFICIENTE DE VAR (%)									83.05

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT3-1	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-2	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-3	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-4	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-5	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-6	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-7	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-8	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-9	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-10	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-11	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-12	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-13	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-14	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-15	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-16	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-17	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-18	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-19	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-20	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-21	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-22	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-23	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-24	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-25	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-26	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-27	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-28	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-29	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT3-30	13/09/2012	24/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especl	V %
PT3-1	13/09/2012	24/10/2012	75	80	72	77	76.00	75	1.33%
PT3-2	13/09/2012	24/10/2012	85	82	86	81	83.50	75	11.33%
PT3-3	13/09/2012	24/10/2012	82	80	75	77	78.50	75	4.67%
PT3-4	13/09/2012	24/10/2012	76	75	79	76	76.50	75	2.00%
PT3-5	13/09/2012	24/10/2012	90	85	90	87	88.00	75	17.33%
PT3-6	13/09/2012	24/10/2012	84	81	85	80	82.50	75	10.00%
PT3-7	13/09/2012	24/10/2012	80	84	76	81	80.25	75	7.00%
PT3-8	13/09/2012	24/10/2012	80	83	89	82	83.50	75	11.33%
PT3-9	13/09/2012	24/10/2012	70	75	75	77	74.25	75	1.00%
PT3-10	13/09/2012	24/10/2012	74	76	80	77	76.75	75	2.33%
PT3-11	13/09/2012	24/10/2012	85	82	76	78	80.25	75	7.00%
PT3-12	13/09/2012	24/10/2012	77	80	83	79	79.75	75	6.33%
PT3-13	13/09/2012	24/10/2012	87	84	90	85	86.50	75	15.33%
PT3-14	13/09/2012	24/10/2012	81	76	83	79	79.75	75	6.33%
PT3-15	13/09/2012	24/10/2012	79	76	82	79	79.00	75	5.33%
PT3-16	13/09/2012	24/10/2012	80	75	81	77	78.25	75	4.33%
PT3-17	13/09/2012	24/10/2012	80	76	83	80	79.75	75	6.33%
PT3-18	13/09/2012	24/10/2012	74	78	74	79	76.25	75	1.67%
PT3-19	13/09/2012	24/10/2012	76	79	74	77	76.50	75	2.00%
PT3-20	13/09/2012	24/10/2012	76	81	74	78	77.25	75	3.00%
PT3-21	13/09/2012	24/10/2012	78	81	75	82	79.00	75	5.33%
PT3-22	13/09/2012	24/10/2012	75	77	77	80	77.25	75	3.00%
PT3-23	13/09/2012	24/10/2012	80	75	80	77	78.00	75	4.00%
PT3-24	13/09/2012	24/10/2012	75	77	75	77	76.00	75	1.33%
PT3-25	13/09/2012	24/10/2012	82	80	85	81	82.00	75	9.33%
PT3-26	13/09/2012	24/10/2012	74	76	77	80	76.75	75	2.33%
PT3-27	13/09/2012	24/10/2012	86	80	86	83	83.75	75	11.67%
PT3-28	13/09/2012	24/10/2012	70	74	74	76	73.50	75	2.00%
PT3-29	13/09/2012	24/10/2012	87	83	86	80	84.00	75	12.00%
PT3-30	13/09/2012	24/10/2012	85	81	85	81	83.00	75	10.67%
PROMEDIO (%)									6.26
DESVIACION ESTANDAR (%)									4.47
COEFICIENTE DE VAR (%)									71.46

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4
 FECHA: 25/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especí	V %
PT4-1	16/09/2012	25/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT4-2	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT4-3	16/09/2012	25/10/2012	219	220	219	220	219.50	220	0.23%
PT4-4	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT4-5	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-6	16/09/2012	25/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT4-7	16/09/2012	25/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT4-8	16/09/2012	25/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT4-9	16/09/2012	25/10/2012	218	220	220	219	219.25	220	0.34%
PT4-10	16/09/2012	25/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT4-11	16/09/2012	25/10/2012	220	221	219	219	219.75	220	0.11%
PT4-12	16/09/2012	25/10/2012	221	220	221	220	220.50	220	0.23%
PT4-13	16/09/2012	25/10/2012	220	221	220	220	220.25	220	0.11%
PT4-14	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT4-15	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-16	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-17	16/09/2012	25/10/2012	220	219	218	219	219.00	220	0.45%
PT4-18	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-19	16/09/2012	25/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT4-20	16/09/2012	25/10/2012	218	219	220	220	219.25	220	0.34%
PT4-21	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	218	219.50	220	0.23%
PT4-22	16/09/2012	25/10/2012	220	220	218	218	219.00	220	0.45%
PT4-23	16/09/2012	25/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT4-24	16/09/2012	25/10/2012	220	220	221	220	220.25	220	0.11%
PT4-25	16/09/2012	25/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT4-26	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	-0.00%
PT4-27	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-28	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT4-29	16/09/2012	25/10/2012	220	221	220	220	220.25	220	0.11%
PT4-30	16/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PROMEDIO (%)									0.16
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.13
COEFICIENTE DE VAR (%)									83.05

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especí	V %
PT4-1	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-2	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-3	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-4	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-5	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-6	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-7	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-8	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-9	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-10	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-11	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-12	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-13	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-14	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-15	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-16	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-17	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-18	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-19	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-20	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-21	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-22	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-23	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-24	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-25	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-26	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-27	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-28	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-29	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT4-30	16/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h espect	V %
PT4-1	16/09/2012	25/10/2012	77	81	75	79	78.00	75	4.00%
PT4-2	16/09/2012	25/10/2012	85	79	85	81	82.50	75	10.00%
PT4-3	16/09/2012	25/10/2012	83	79	85	81	82.00	75	9.33%
PT4-4	16/09/2012	25/10/2012	85	81	75	78	79.75	75	6.33%
PT4-5	16/09/2012	25/10/2012	85	82	79	83	82.25	75	9.67%
PT4-6	16/09/2012	25/10/2012	80	83	73	83	79.75	75	6.33%
PT4-7	16/09/2012	25/10/2012	84	84	85	85	84.50	75	12.67%
PT4-8	16/09/2012	25/10/2012	83	86	85	89	85.75	75	14.33%
PT4-9	16/09/2012	25/10/2012	73	76	69	73	72.75	75	3.00%
PT4-10	16/09/2012	25/10/2012	73	77	75	79	76.00	75	1.33%
PT4-11	16/09/2012	25/10/2012	73	80	79	83	78.75	75	5.00%
PT4-12	16/09/2012	25/10/2012	86	82	88	84	85.00	75	13.33%
PT4-13	16/09/2012	25/10/2012	75	78	75	80	77.00	75	2.67%
PT4-14	16/09/2012	25/10/2012	73	77	77	80	76.75	75	2.33%
PT4-15	16/09/2012	25/10/2012	87	83	85	81	84.00	75	12.00%
PT4-16	16/09/2012	25/10/2012	84	85	84	84	84.25	75	12.33%
PT4-17	16/09/2012	25/10/2012	85	85	84	84	84.50	75	12.67%
PT4-18	16/09/2012	25/10/2012	88	84	85	82	84.75	75	13.00%
PT4-19	16/09/2012	25/10/2012	85	80	75	79	79.75	75	6.33%
PT4-20	16/09/2012	25/10/2012	85	82	85	80	83.00	75	10.67%
PT4-21	16/09/2012	25/10/2012	81	77	80	77	78.75	75	5.00%
PT4-22	16/09/2012	25/10/2012	80	84	79	81	81.00	75	8.00%
PT4-23	16/09/2012	25/10/2012	88	83	80	84	83.75	75	11.67%
PT4-24	16/09/2012	25/10/2012	79	83	77	82	80.25	75	7.00%
PT4-25	16/09/2012	25/10/2012	72	76	79	82	77.25	75	3.00%
PT4-26	16/09/2012	25/10/2012	85	82	84	80	82.75	75	10.33%
PT4-27	16/09/2012	25/10/2012	73	77	75	79	76.00	75	1.33%
PT4-28	16/09/2012	25/10/2012	77	81	74	78	77.50	75	3.33%
PT4-29	16/09/2012	25/10/2012	77	81	75	79	78.00	75	4.00%
PT4-30	16/09/2012	25/10/2012	86	87	84	88	86.25	75	15.00%
PROMEDIO (%)									- 7.87
DESVIACION ESTANDAR (%)									4.30
COEFICIENTE DE VAR (%)									54.62

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5
 FECHA: 25/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT5-1	17/09/2012	25/10/2012	220	219	220	221	220.00	220	0.00%
PT5-2	17/09/2012	25/10/2012	220	219	219	220	219.50	220	0.23%
PT5-3	17/09/2012	25/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT5-4	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT5-5	17/09/2012	25/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT5-6	17/09/2012	25/10/2012	220	219	219	220	219.50	220	0.23%
PT5-7	17/09/2012	25/10/2012	218	219	220	220	219.25	220	0.34%
PT5-8	17/09/2012	25/10/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11%
PT5-9	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-10	17/09/2012	25/10/2012	219	219	221	222	220.25	220	0.11%
PT5-11	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-12	17/09/2012	25/10/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23%
PT5-13	17/09/2012	25/10/2012	218	219	222	222	220.25	220	0.11%
PT5-14	17/09/2012	25/10/2012	220	221	218	219	219.50	220	0.23%
PT5-15	17/09/2012	25/10/2012	220	220	221	220	220.25	220	0.11%
PT5-16	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-17	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11%
PT5-18	17/09/2012	25/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT5-19	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-20	17/09/2012	25/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23%
PT5-21	17/09/2012	25/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11%
PT5-22	17/09/2012	25/10/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11%
PT5-23	17/09/2012	25/10/2012	221	221	220	220	220.50	220	0.23%
PT5-24	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-25	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-26	17/09/2012	25/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23%
PT5-27	17/09/2012	25/10/2012	220	220	221	221	220.50	220	0.23%
PT5-28	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PT5-29	17/09/2012	25/10/2012	220	221	220	219	220.00	220	0.00%
PT5-30	17/09/2012	25/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00%
PROMEDIO (%)									0.12
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.10
COEFICIENTE DE VAR (%)									86.12

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT5-1	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-2	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-3	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-4	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-5	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-6	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-7	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-8	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-9	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-10	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-11	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-12	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-13	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-14	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-15	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-16	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-17	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-18	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-19	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-20	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-21	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-22	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-23	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-24	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-25	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-26	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-27	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-28	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-29	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PT5-30	17/09/2012	25/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00%
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	b1 mm	b2 mm	b3 mm	b4 mm	b prom	h esped	V %
PTS-1	17/09/2012	25/10/2012	73	76	75	78	75.50	75	0.67%
PTS-2	17/09/2012	25/10/2012	75	79	73	76	75.75	75	1.00%
PTS-3	17/09/2012	25/10/2012	76	80	72	77	76.25	75	1.67%
PTS-4	17/09/2012	25/10/2012	77	82	75	80	78.50	75	4.67%
PTS-5	17/09/2012	25/10/2012	74	78	71	74	74.25	75	1.00%
PTS-6	17/09/2012	25/10/2012	83	81	82	77	80.75	75	7.67%
PTS-7	17/09/2012	25/10/2012	73	76	74	79	75.50	75	0.67%
PTS-8	17/09/2012	25/10/2012	77	75	76	77	76.25	75	1.67%
PTS-9	17/09/2012	25/10/2012	80	75	81	79	78.75	75	5.00%
PTS-10	17/09/2012	25/10/2012	76	79	72	77	76.00	75	1.33%
PTS-11	17/09/2012	25/10/2012	74	77	75	80	76.50	75	2.00%
PTS-12	17/09/2012	25/10/2012	78	82	76	80	79.00	75	5.33%
PTS-13	17/09/2012	25/10/2012	81	76	82	80	79.75	75	6.33%
PTS-14	17/09/2012	25/10/2012	90	86	87	82	86.25	75	15.00%
PTS-15	17/09/2012	25/10/2012	83	79	87	82	82.75	75	10.33%
PTS-16	17/09/2012	25/10/2012	84	80	73	76	78.25	75	4.33%
PTS-17	17/09/2012	25/10/2012	84	81	83	77	81.25	75	8.33%
PTS-18	17/09/2012	25/10/2012	79	84	81	85	82.25	75	9.67%
PTS-19	17/09/2012	25/10/2012	81	85	84	89	84.75	75	13.00%
PTS-20	17/09/2012	25/10/2012	83	80	82	77	80.50	75	7.33%
PTS-21	17/09/2012	25/10/2012	75	81	80	85	80.25	75	7.00%
PTS-22	17/09/2012	25/10/2012	85	80	82	76	80.75	75	7.67%
PTS-23	17/09/2012	25/10/2012	84	77	84	74	79.75	75	6.33%
PTS-24	17/09/2012	25/10/2012	77	79	81	77	78.50	75	4.67%
PTS-25	17/09/2012	25/10/2012	80	84	76	81	80.25	75	7.00%
PTS-26	17/09/2012	25/10/2012	70	73	72	75	72.50	75	3.33%
PTS-27	17/09/2012	25/10/2012	74	77	74	77	75.50	75	0.67%
PTS-28	17/09/2012	25/10/2012	81	76	82	80	79.75	75	6.33%
PTS-29	17/09/2012	25/10/2012	77	81	82	80	80.00	75	6.67%
PTS-30	17/09/2012	25/10/2012	90	81	85	80	84.00	75	12.00%
PROMEDIO (%)								5.62	
DESVIACION ESTANDAR (%)								3.87	
COEFICIENTE DE VAR (%)								68.89	

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 30/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1	mm	L2	mm	L3	mm	L4	mm	L prom	L espec	V %
PT2-101	29/09/2012	30/10/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-102	29/09/2012	30/10/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-103	29/09/2012	30/10/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-104	29/09/2012	30/10/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-105	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %
PT2-106	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		220		220.00	220	0.00 %
PT2-107	29/09/2012	30/10/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-108	29/09/2012	30/10/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-109	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %
PT2-110	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		220		220.00	220	0.00 %
PT2-111	29/09/2012	30/10/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-112	29/09/2012	30/10/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-113	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %
PT2-114	29/09/2012	30/10/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PT2-115	29/09/2012	30/10/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %
PT2-116	29/09/2012	30/10/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PROMEDIO (%)												0.10	
DESVIACION ESTANDAR (%)												0.04	
COEFICIENTE DE VAR (%)												39.04	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1	mm	a2	mm	a3	mm	a4	mm	a prom	a espec	V %
PT2-101	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-102	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-103	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-104	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-105	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-106	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-107	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-108	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-109	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-110	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-111	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-112	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-113	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-114	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-115	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PT2-116	29/09/2012	30/10/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PROMEDIO (%)												0.00	
DESVIACION ESTANDAR (%)												0.00	
COEFICIENTE DE VAR (%)												-	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1	mm	h2	mm	h3	mm	h4	mm	h prom	h espec	V %
PT2-101	29/09/2012	30/10/2012	67		67		69		69		68.00	75	9.33 %
PT2-102	29/09/2012	30/10/2012	74		75		73		73		73.75	75	1.67 %
PT2-103	29/09/2012	30/10/2012	75		75		74		74		74.50	75	0.67 %
PT2-104	29/09/2012	30/10/2012	77		76		76		75		76.00	75	1.33 %
PT2-105	29/09/2012	30/10/2012	72		72		74		75		73.25	75	2.33 %
PT2-106	29/09/2012	30/10/2012	72		73		73		74		73.00	75	2.67 %
PT2-107	29/09/2012	30/10/2012	74		75		72		73		73.50	75	2.00 %
PT2-108	29/09/2012	30/10/2012	74		74		72		72		73.00	75	2.67 %
PT2-109	29/09/2012	30/10/2012	71		72		73		74		72.50	75	3.33 %
PT2-110	29/09/2012	30/10/2012	74		74		72		72		73.00	75	2.67 %
PT2-111	29/09/2012	30/10/2012	73		74		75		75		74.25	75	1.00 %
PT2-112	29/09/2012	30/10/2012	76		75		73		73		74.25	75	1.00 %
PT2-113	29/09/2012	30/10/2012	73		72		71		70		71.50	75	4.67 %
PT2-114	29/09/2012	30/10/2012	75		75		75		75		75.00	75	0.00 %
PT2-115	29/09/2012	30/10/2012	72		72		73		73		72.50	75	3.33 %
PT2-116	29/09/2012	30/10/2012	74		75		75		75		74.75	75	0.33 %
PROMEDIO (%)												2.44	
DESVIACION ESTANDAR (%)												2.22	
COEFICIENTE DE VAR (%)												91.08	

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3
 FECHA: 30/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT3-101	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT3-102	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11 %
PT3-103	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT3-104	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT3-105	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT3-106	29/09/2012	30/10/2012	221	220	221	220	220.50	220	0.23 %
PT3-107	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT3-108	29/09/2012	30/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23 %
PT3-109	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT3-110	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT3-111	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT3-112	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT3-113	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT3-114	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT3-115	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PROMEDIO (%)									0.13
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.08
COEFICIENTE DE VAR (%)									65.58

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT3-101	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-102	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-103	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-104	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-105	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-106	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-107	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-108	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-109	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-110	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-111	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-112	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-113	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-114	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-115	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especi	V %
PT3-101	29/09/2012	30/10/2012	75	75	74	74	74.50	75	0.67 %
PT3-102	29/09/2012	30/10/2012	74	75	72	73	73.50	75	2.00 %
PT3-103	29/09/2012	30/10/2012	76	76	75	75	75.50	75	0.67 %
PT3-104	29/09/2012	30/10/2012	72	72	74	75	73.25	75	2.33 %
PT3-105	29/09/2012	30/10/2012	72	73	73	74	73.00	75	2.67 %
PT3-106	29/09/2012	30/10/2012	74	75	72	73	73.50	75	2.00 %
PT3-107	29/09/2012	30/10/2012	74	74	72	72	73.00	75	2.67 %
PT3-108	29/09/2012	30/10/2012	71	72	73	74	72.50	75	3.33 %
PT3-109	29/09/2012	30/10/2012	76	75	73	73	74.25	75	1.00 %
PT3-110	29/09/2012	30/10/2012	73	72	71	70	71.50	75	4.67 %
PT3-111	29/09/2012	30/10/2012	75	75	75	75	75.00	75	0.00 %
PT3-112	29/09/2012	30/10/2012	76	76	75	74	75.25	75	0.33 %
PT3-113	29/09/2012	30/10/2012	73	72	71	70	71.50	75	4.67 %
PT3-114	29/09/2012	30/10/2012	72	72	73	73	72.50	75	3.33 %
PT3-115	29/09/2012	30/10/2012	74	75	75	75	74.75	75	0.33 %
PROMEDIO (%)									2.04
DESVIACION ESTANDAR (%)									1.53
COEFICIENTE DE VAR (%)									74.94

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4
 FECHA: 30/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT4-101	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT4-102	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT4-103	29/09/2012	30/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23 %
PT4-104	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	218	219.50	220	0.23 %
PT4-105	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT4-106	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11 %
PT4-107	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT4-108	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PT4-109	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT4-110	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11 %
PT4-111	29/09/2012	30/10/2012	220	220	221	220	220.25	220	0.11 %
PT4-112	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT4-113	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT4-114	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PT4-115	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PROMEDIO (%)									0.13
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.09
COEFICIENTE DE VAR (%)									73.57

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT4-101	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-102	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-103	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-104	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-105	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-106	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-107	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-108	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-109	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-110	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-111	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-112	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-113	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-114	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT4-115	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especi	V %
PT4-101	29/09/2012	30/10/2012	74	74	74	74	74.00	75	1.33 %
PT4-102	29/09/2012	30/10/2012	75	75	74	75	74.75	75	0.33 %
PT4-103	29/09/2012	30/10/2012	74	74	74	73	73.75	75	1.67 %
PT4-104	29/09/2012	30/10/2012	74	74	73	73	73.50	75	2.00 %
PT4-105	29/09/2012	30/10/2012	77	76	75	75	75.75	75	1.00 %
PT4-106	29/09/2012	30/10/2012	62	64	64	65	63.75	75	15.00 %
PT4-107	29/09/2012	30/10/2012	74	73	73	73	73.25	75	2.33 %
PT4-108	29/09/2012	30/10/2012	75	75	76	76	75.50	75	0.67 %
PT4-109	29/09/2012	30/10/2012	76	76	75	75	75.50	75	0.67 %
PT4-110	29/09/2012	30/10/2012	74	75	74	75	74.50	75	0.67 %
PT4-111	29/09/2012	30/10/2012	73	73	72	72	72.50	75	3.33 %
PT4-112	29/09/2012	30/10/2012	74	74	75	75	74.50	75	0.67 %
PT4-113	29/09/2012	30/10/2012	75	75	75	75	75.00	75	0.00 %
PT4-114	29/09/2012	30/10/2012	74	74	75	75	74.50	75	0.67 %
PT4-115	29/09/2012	30/10/2012	74	75	74	74	74.25	75	1.00 %
PROMEDIO (%)									2.09
DESVIACION ESTANDAR (%)									3.67
COEFICIENTE DE VAR (%)									175.89

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5
 FECHA: 30/10/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especí	V %
PTS-101	29/09/2012	30/10/2012	220	219	219	220	219.50	220	0.23 %
PTS-102	29/09/2012	30/10/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23 %
PTS-103	29/09/2012	30/10/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11 %
PTS-104	29/09/2012	30/10/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11 %
PTS-105	29/09/2012	30/10/2012	219	219	221	222	220.25	220	0.11 %
PTS-106	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PTS-107	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	219	219.75	220	0.11 %
PTS-108	29/09/2012	30/10/2012	218	219	222	222	220.25	220	0.11 %
PTS-109	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PTS-110	29/09/2012	30/10/2012	219	219	221	222	220.25	220	0.11 %
PTS-111	29/09/2012	30/10/2012	220	220	220	220	220.00	220	0.00 %
PTS-112	29/09/2012	30/10/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23 %
PTS-113	29/09/2012	30/10/2012	219	219	222	222	220.50	220	0.23 %
PTS-114	29/09/2012	30/10/2012	220	221	218	219	219.50	220	0.23 %
PTS-115	29/09/2012	30/10/2012	220	220	221	220	220.25	220	0.11 %

PROMEDIO (%)	0.13
DESVIACION ESTANDAR (%)	0.08
COEFICIENTE DE VAR (%)	65.58

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especí	V %
PTS-101	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-102	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-103	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-104	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-105	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-106	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-107	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-108	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-109	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-110	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-111	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-112	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-113	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-114	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PTS-115	29/09/2012	30/10/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %

PROMEDIO (%)	0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)	0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)	-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especí	V %
PTS-101	29/09/2012	30/10/2012	75	75	75	75	75.00	75	0.00 %
PTS-102	29/09/2012	30/10/2012	75	75	74	74	74.50	75	0.67 %
PTS-103	29/09/2012	30/10/2012	77	77	76	77	76.75	75	2.33 %
PTS-104	29/09/2012	30/10/2012	77	76	77	76	76.50	75	2.00 %
PTS-105	29/09/2012	30/10/2012	77	76	77	76	76.50	75	2.00 %
PTS-106	29/09/2012	30/10/2012	77	77	78	78	77.50	75	3.33 %
PTS-107	29/09/2012	30/10/2012	77	78	78	78	77.75	75	3.67 %
PTS-108	29/09/2012	30/10/2012	77	77	75	76	76.25	75	1.67 %
PTS-109	29/09/2012	30/10/2012	78	78	77	77	77.50	75	3.33 %
PTS-110	29/09/2012	30/10/2012	76	77	75	75	75.75	75	1.00 %
PTS-111	29/09/2012	30/10/2012	77	76	75	75	75.75	75	1.00 %
PTS-112	29/09/2012	30/10/2012	76	77	78	77	77.00	75	2.67 %
PTS-113	29/09/2012	30/10/2012	77	78	75	77	76.75	75	2.33 %
PTS-114	29/09/2012	30/10/2012	75	76	75	75	75.25	75	0.33 %
PTS-115	29/09/2012	30/10/2012	77	76	76	75	76.00	75	1.33 %

PROMEDIO (%)	1.84
DESVIACION ESTANDAR (%)	1.13
COEFICIENTE DE VAR (%)	61.04

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA ALTURA DE LOS PROTOTIPOS DE LA ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 12/12/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT2-201	10/11/2012	12/12/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23 %
PT2-202	10/11/2012	12/12/2012	220	219	220	219	219.50	220	0.23 %
PT2-203	10/11/2012	12/12/2012	218	219	220	219	219.00	220	0.45 %
PT2-204	10/11/2012	12/12/2012	219	219	220	219	219.25	220	0.34 %
PT2-205	10/11/2012	12/12/2012	219	218	220	219	219.00	220	0.45 %
PT2-206	10/11/2012	12/12/2012	218	219	220	220	219.25	220	0.34 %
PT2-207	10/11/2012	12/12/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23 %
PT2-208	10/11/2012	12/12/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11 %
PT2-209	10/11/2012	12/12/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23 %
PT2-210	10/11/2012	12/12/2012	219	219	219	219	219.00	220	0.45 %
PT2-211	10/11/2012	12/12/2012	219	219	219	220	219.25	220	0.34 %
PT2-212	10/11/2012	12/12/2012	219	219	219	219	219.00	220	0.45 %
PT2-213	10/11/2012	12/12/2012	219	219	220	219	219.25	220	0.34 %
PT2-214	10/11/2012	12/12/2012	219	218	220	219	219.00	220	0.45 %
PT2-215	10/11/2012	12/12/2012	219	219	219	219	219.00	220	0.45 %
PT2-216	10/11/2012	12/12/2012	220	219	220	219	219.50	220	0.23 %
PT2-217	10/11/2012	12/12/2012	220	219	220	220	219.75	220	0.11 %
							L prom		219.29
PROMEDIO (%)									0.32
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.12
COEFICIENTE DE VAR (%)									38.05

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT2-201	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-202	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-203	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-204	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-205	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-206	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-207	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-208	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-209	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-210	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-211	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-212	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-213	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-214	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-215	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-216	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT2-217	10/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
							a prom		125.00
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especi	V %
PT2-201	10/11/2012	12/12/2012	71	72	70	70	70.75	75	5.67 %
PT2-202	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	71	70.25	75	6.33 %
PT2-203	10/11/2012	12/12/2012	72	74	72	72	72.50	75	3.33 %
PT2-204	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	72	70.50	75	6.00 %
PT2-205	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	70	70.00	75	6.67 %
PT2-206	10/11/2012	12/12/2012	71	71	70	72	71.00	75	5.33 %
PT2-207	10/11/2012	12/12/2012	70	70	71	72	70.75	75	5.67 %
PT2-208	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	70	70.00	75	6.67 %
PT2-209	10/11/2012	12/12/2012	71	73	70	71	71.25	75	5.00 %
PT2-210	10/11/2012	12/12/2012	68	68	68	68	68.00	75	9.33 %
PT2-211	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	69	69.75	75	7.00 %
PT2-212	10/11/2012	12/12/2012	70	71	70	70	70.25	75	6.33 %
PT2-213	10/11/2012	12/12/2012	70	70	70	71	70.25	75	6.33 %
PT2-214	10/11/2012	12/12/2012	70	71	70	70	70.25	75	6.33 %
PT2-215	10/11/2012	12/12/2012	70	70	69	69	69.50	75	7.33 %
PT2-216	10/11/2012	12/12/2012	68	68	69	69	68.50	75	8.67 %
PT2-217	10/11/2012	12/12/2012	68	68	68	68	68.00	75	9.33 %
							h prom		70.09
PROMEDIO (%)									6.55
DESVIACION ESTANDAR (%)									1.52
COEFICIENTE DE VAR (%)									23.25

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3
 FECHA: 12/12/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L prom	L especi	V %
PT3-201	12/11/2012	12/12/2012	219	219	220	220	219.50	220	0.23 %
PT3-202	12/11/2012	12/12/2012	220	219	219	220	219.50	220	0.23 %
PT3-203	12/11/2012	12/12/2012	219	219	220	219	219.25	220	0.34 %
PT3-204	12/11/2012	12/12/2012	219	219	219	220	219.25	220	0.34 %
PT3-205	12/11/2012	12/12/2012	219	219	219	220	219.25	220	0.34 %
PT3-206	12/11/2012	12/12/2012	220	220	219	220	219.75	220	0.11 %
PT3-207	12/11/2012	12/12/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23 %
PT3-208	12/11/2012	12/12/2012	219	219	219	219	219.00	220	0.45 %
PT3-209	12/11/2012	12/12/2012	219	220	220	218	219.25	220	0.34 %
PT3-210	12/11/2012	12/12/2012	219	220	220	219	219.50	220	0.23 %
PT3-211	12/11/2012	12/12/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PT3-212	12/11/2012	12/12/2012	219	219	220	219	219.25	220	0.34 %
PT3-213	12/11/2012	12/12/2012	219	218	220	220	219.25	220	0.34 %
PT3-214	12/11/2012	12/12/2012	219	220	219	220	219.50	220	0.23 %
PT3-215	12/11/2012	12/12/2012	219	219	219	219	219.00	220	0.45 %
PT3-216	12/11/2012	12/12/2012	219	220	219	220	219.50	220	0.23 %
PT3-217	12/11/2012	12/12/2012	220	220	219	219	219.50	220	0.23 %
PROMEDIO (%)									0.29
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.09
COEFICIENTE DE VAR (%)									31.62

L prom 219.37

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1 mm	a2 mm	a3 mm	a4 mm	a prom	a especi	V %
PT3-201	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-202	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-203	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-204	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-205	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-206	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-207	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-208	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-209	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-210	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-211	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-212	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-213	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-214	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-215	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-216	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PT3-217	12/11/2012	12/12/2012	125	125	125	125	125.00	125	0.00 %
PROMEDIO (%)									0.00
DESVIACION ESTANDAR (%)									0.00
COEFICIENTE DE VAR (%)									-

a prom 125.00

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1 mm	h2 mm	h3 mm	h4 mm	h prom	h especi	V %
PT3-201	12/11/2012	12/12/2012	72	72	70	75	72.25	75	3.67 %
PT3-202	12/11/2012	12/12/2012	74	75	74	74	74.25	75	1.00 %
PT3-203	12/11/2012	12/12/2012	72	73	72	72	72.25	75	3.67 %
PT3-204	12/11/2012	12/12/2012	73	74	73	73	73.25	75	2.33 %
PT3-205	12/11/2012	12/12/2012	72	74	72	74	73.00	75	2.67 %
PT3-206	12/11/2012	12/12/2012	71	74	71	72	72.00	75	4.00 %
PT3-207	12/11/2012	12/12/2012	71	73	72	72	72.00	75	4.00 %
PT3-208	12/11/2012	12/12/2012	70	72	71	72	71.25	75	5.00 %
PT3-209	12/11/2012	12/12/2012	73	75	74	74	74.00	75	1.33 %
PT3-210	12/11/2012	12/12/2012	71	74	72	72	72.25	75	3.67 %
PT3-211	12/11/2012	12/12/2012	71	72	72	73	72.00	75	4.00 %
PT3-212	12/11/2012	12/12/2012	71	72	71	73	71.75	75	4.33 %
PT3-213	12/11/2012	12/12/2012	71	72	72	73	72.00	75	4.00 %
PT3-214	12/11/2012	12/12/2012	71	72	71	71	71.25	75	5.00 %
PT3-215	12/11/2012	12/12/2012	71	72	72	73	72.00	75	4.00 %
PT3-216	12/11/2012	12/12/2012	72	75	72	73	73.00	75	2.67 %
PT3-217	12/11/2012	12/12/2012	72	72	72	73	72.25	75	3.67 %
PROMEDIO (%)									3.47
DESVIACION ESTANDAR (%)									1.12
COEFICIENTE DE VAR (%)									32.40

h prom 72.40

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA III

PROYECTO DE TESIS:

ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA

MATERIAL:

PROTOTIPOS ETAPA III

MUESTRA:

PROTOTIPO TIPO 4

FECHA:

12/12/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1	mm	L2	mm	L3	mm	L4	mm	L prom	L espec	V %	
PT4-1	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-2	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-3	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		219		219.50	220	0.23 %	
PT4-4	12/11/2012	12/12/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-5	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-6	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-7	12/11/2012	12/12/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-8	12/11/2012	12/12/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %	
PT4-9	12/11/2012	12/12/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %	
PT4-10	12/11/2012	12/12/2012	220		219		219		220		219.50	220	0.23 %	
PT4-11	12/11/2012	12/12/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-12	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		219		219.50	220	0.23 %	
PT4-13	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-14	12/11/2012	12/12/2012	220		220		220		219		219.75	220	0.11 %	
PT4-15	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		219		219.50	220	0.23 %	
PT4-16	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %	
PT4-17	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		220		219.75	220	0.11 %	
L prom											219.69	PROMEDIO (%)		0.14
											DESVIACION ESTANDAR (%)		0.05	
											COEFICIENTE DE VAR (%)		35.40	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1	mm	a2	mm	a3	mm	a4	mm	a prom	a espec	V %	
PT4-1	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-2	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-3	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-4	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-5	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-6	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-7	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-8	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-9	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-10	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-11	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-12	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-13	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-14	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-15	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-16	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
PT4-17	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %	
a prom											125.00	PROMEDIO (%)		0.00
											DESVIACION ESTANDAR (%)		0.00	
											COEFICIENTE DE VAR (%)		-	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1	mm	h2	mm	h3	mm	h4	mm	h prom	h espec	V %	
PT4-1	12/11/2012	12/12/2012	69		68		72		69		69.50	75	7.33 %	
PT4-2	12/11/2012	12/12/2012	71		72		74		72		72.25	75	3.67 %	
PT4-3	12/11/2012	12/12/2012	71		73		72		72		72.00	75	4.00 %	
PT4-4	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		70		70.50	75	6.00 %	
PT4-5	12/11/2012	12/12/2012	73		72		73		74		73.00	75	2.67 %	
PT4-6	12/11/2012	12/12/2012	72		72		70		73		71.75	75	4.33 %	
PT4-7	12/11/2012	12/12/2012	72		74		70		70		71.50	75	4.67 %	
PT4-8	12/11/2012	12/12/2012	71		73		70		70		71.00	75	5.33 %	
PT4-9	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		70		70.50	75	6.00 %	
PT4-10	12/11/2012	12/12/2012	72		73		72		74		72.75	75	3.00 %	
PT4-11	12/11/2012	12/12/2012	70		70		72		70		70.50	75	6.00 %	
PT4-12	12/11/2012	12/12/2012	70		73		70		71		71.00	75	5.33 %	
PT4-13	12/11/2012	12/12/2012	70		73		71		71		71.25	75	5.00 %	
PT4-14	12/11/2012	12/12/2012	72		72		72		72		72.00	75	4.00 %	
PT4-15	12/11/2012	12/12/2012	70		73		72		72		71.75	75	4.33 %	
PT4-16	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		70		70.50	75	6.00 %	
PT4-17	12/11/2012	12/12/2012	73		73		72		75		73.25	75	2.33 %	
h prom											71.47	PROMEDIO (%)		4.71
											DESVIACION ESTANDAR (%)		1.36	
											COEFICIENTE DE VAR (%)		28.87	

ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL - PROTOTIPOS ETAPA III

PROYECTO DE TESIS:

ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA

MATERIAL:

PROTOTIPOS ETAPA III

MUESTRA:

PROTOTIPO TIPO 5

FECHA:

12/12/2012

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	L1	mm	L2	mm	L3	mm	L4	mm	L prom	L especi	V %
PTS-1	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		219		219.50	220	0.23 %
PTS-2	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		219		219.50	220	0.23 %
PTS-3	12/11/2012	12/12/2012	220		219		219		219		219.25	220	0.34 %
PTS-4	12/11/2012	12/12/2012	219		219		219		220		219.25	220	0.34 %
PTS-5	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		219		219.50	220	0.23 %
PTS-6	12/11/2012	12/12/2012	219		219		219		220		219.25	220	0.34 %
PTS-7	12/11/2012	12/12/2012										220	-
PTS-8	12/11/2012	12/12/2012	220		219		220		220		219.75	220	0.11 %
PTS-9	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PTS-10	12/11/2012	12/12/2012	220		220		219		220		219.75	220	0.11 %
PTS-11	12/11/2012	12/12/2012	219		219		219		220		219.25	220	0.34 %
PTS-12	12/11/2012	12/12/2012	220		219		219		220		219.50	220	0.23 %
PTS-13	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		219		219.50	220	0.23 %
PTS-14	12/11/2012	12/12/2012	220		219		220		219		219.50	220	0.23 %
PTS-15	12/11/2012	12/12/2012	220		220		218		220		219.50	220	0.23 %
PTS-16	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
PTS-17	12/11/2012	12/12/2012	219		220		220		220		219.75	220	0.11 %
L prom												219.52	
PROMEDIO (%)												0.22	
DESVIACION ESTANDAR (%)												0.09	
COEFICIENTE DE VAR (%)												39.84	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	a1	mm	a2	mm	a3	mm	a4	mm	a prom	a especi	V %
PTS-1	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-2	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-3	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-4	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-5	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-6	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-7	12/11/2012	12/12/2012										125	-
PTS-8	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-9	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-10	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-11	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-12	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-13	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-14	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-15	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
PTS-16	12/11/2012	12/12/2012	125		125		125		125		125.00	125	0.00 %
a prom												125.00	
PROMEDIO (%)												0.00	
DESVIACION ESTANDAR (%)												0.00	
COEFICIENTE DE VAR (%)												-	

PROBETA	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO	h1	mm	h2	mm	h3	mm	h4	mm	h prom	h especi	V %
PTS-1	12/11/2012	12/12/2012	72		72		71		73		72.00	75	4.00 %
PTS-2	12/11/2012	12/12/2012	70		71		70		73		71.00	75	5.33 %
PTS-3	12/11/2012	12/12/2012	70		71		70		72		70.75	75	5.67 %
PTS-4	12/11/2012	12/12/2012	71		73		71		72		71.75	75	4.33 %
PTS-5	12/11/2012	12/12/2012	68		72		70		70		70.00	75	6.67 %
PTS-6	12/11/2012	12/12/2012	70		72		72		70		71.00	75	5.33 %
PTS-7	12/11/2012	12/12/2012										75	-
PTS-8	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		72		71.00	75	5.33 %
PTS-9	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		72		71.00	75	5.33 %
PTS-10	12/11/2012	12/12/2012	71		72		72		73		72.00	75	4.00 %
PTS-11	12/11/2012	12/12/2012	71		73		72		72		72.00	75	4.00 %
PTS-12	12/11/2012	12/12/2012	70		73		71		71		71.25	75	5.00 %
PTS-13	12/11/2012	12/12/2012	70		72		70		72		71.00	75	5.33 %
PTS-14	12/11/2012	12/12/2012	72		74		72		72		72.50	75	3.33 %
PTS-15	12/11/2012	12/12/2012	73		75		73		75		74.00	75	1.33 %
PTS-16	12/11/2012	12/12/2012	73		72		73		74		73.00	75	2.67 %
h prom												71.62	
PROMEDIO (%)												4.51	
DESVIACION ESTANDAR (%)												1.34	
COEFICIENTE DE VAR (%)												29.80	

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b DEL LADRILLO ARTESANAL

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
MATERIAL: Ladrillo artesanal del Caserío de Shultín del Centro Poblado menor de Santa Barbara
MUESTRA: Ladrillo artesanal
FECHA: 08/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area Bruta	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
LA-01	01/09/2012	08/11/2012	3214	0.219	0.126	0.0276	21.50	77.90	7.64
LA-02	01/09/2012	08/11/2012	3170	0.216	0.123	0.0266	19.00	71.43	7.01
LA-03	01/09/2012	08/11/2012	3212	0.216	0.126	0.0272	16.60	61.03	5.99
LA-04	01/09/2012	08/11/2012	3266	0.22	0.125	0.0275	21.00	76.36	7.49
LA-05	01/09/2012	08/11/2012	3264	0.215	0.123	0.0264	19.50	73.86	7.25
LA-06	01/09/2012	08/11/2012	3256	0.218	0.123	0.0268	22.50	83.96	8.24
LA-07	01/09/2012	08/11/2012	3204	0.217	0.124	0.0269	20.00	74.35	7.29
LA-08	01/09/2012	08/11/2012	3254	0.215	0.125	0.0269	20.00	74.35	7.29
LA-09	01/09/2012	08/11/2012	3276	0.217	0.124	0.0269	21.50	79.93	7.84
LA-10	01/09/2012	08/11/2012	3270	0.216	0.124	0.0268	15.90	59.33	5.82
LA-11	01/09/2012	08/11/2012	3292	0.218	0.124	0.0270	18.00	66.67	6.54
LA-12	01/09/2012	08/11/2012	3282	0.217	0.123	0.0267	21.50	80.52	7.9
LA-13	01/09/2012	08/11/2012	3242	0.217	0.125	0.0271	17.40	64.21	6.3
LA-14	01/09/2012	08/11/2012	3214	0.217	0.124	0.0269	21.00	78.07	7.66
LA-15	01/09/2012	08/11/2012	3142	0.215	0.123	0.0264	19.60	74.24	7.28
Promedio			3237.2	Promedio				73.08	7.17
				Desviación estandar				7.28	0.71
				Coficiente variación				9.96	9.90
				Resistencia Caracteris. a la Compresión				65.80	6.46

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 08/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT2-01	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	9.60	37.65	3.69
PT2-02	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	7.50	29.41	2.89
PT2-03	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	9.70	38.04	3.73
PT2-04	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	8.40	32.94	3.23
PT2-05	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	6.10	24.02	2.36
PT2-06	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.20	32.28	3.17
PT2-07	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.50	33.46	3.28
PT2-08	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	9.30	36.47	3.58
PT2-09	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	6.50	25.49	2.50
PT2-10	10/09/2012	08/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	5.70	22.35	2.19
PT2-11	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	7.00	27.56	2.70
PT2-12	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	5.00	19.69	1.93
PT2-13	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	7.50	29.53	2.90
PT2-14	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	5.80	22.83	2.24
PT2-15	10/09/2012	08/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.40	33.07	3.24
Promedio										29.65	2.91
Desviación estandar										5.84	0.57
Coeficiente variación										19.7	19.59
Resistencia Caracteris. a la Compresión										23.81	2.34

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f'b - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3
 FECHA: 07/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT3-01	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	12.00	47.06	4.62
PT3-02	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	8.50	36.17	3.55
PT3-03	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	12.40	52.77	5.18
PT3-04	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	12.00	51.06	5.01
PT3-05	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	8.00	34.19	3.35
PT3-06	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	8.50	36.32	3.56
PT3-07	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	7.50	32.05	3.14
PT3-08	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	8.20	34.89	3.42
PT3-09	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	12.00	51.06	5.01
PT3-10	13/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0255	0.0235	13.25	56.38	5.53
PT3-11	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	8.00	34.19	3.35
PT3-12	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	12.30	52.56	5.16
PT3-13	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	10.50	44.87	4.4
PT3-14	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	10.50	44.87	4.4
PT3-15	13/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0254	0.0234	12.30	52.56	5.16
Promedio										44.07	4.32
Desviación estandar										8.56	0.84
Coeficiente variación										19.42	19.44
Resistencia Caracteris. a la Compresión										35.51	3.48

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4
 FECHA: 08/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT4-01	16/09/2012	08/11/2012	3326	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	14.00	54.90	5.39
PT4-02	16/09/2012	08/11/2012	3308	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	13.60	53.33	5.23
PT4-03	16/09/2012	08/11/2012	3240	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	15.40	60.39	5.92
PT4-04	16/09/2012	08/11/2012	3368	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	16.00	62.75	6.16
PT4-05	16/09/2012	08/11/2012	3372	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	15.00	59.06	5.79
PT4-06	16/09/2012	08/11/2012	3290	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	13.40	52.76	5.18
PT4-07	16/09/2012	08/11/2012	3428	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	13.70	53.94	5.29
PT4-08	16/09/2012	08/11/2012	3462	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	13.00	50.98	5.00
PT4-09	16/09/2012	08/11/2012	3222	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	13.60	53.33	5.23
PT4-10	16/09/2012	08/11/2012	3268	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	14.00	54.90	5.39
PT4-11	16/09/2012	08/11/2012	3388	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	14.00	55.12	5.41
PT4-12	16/09/2012	08/11/2012	3482	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	14.50	57.09	5.60
PT4-13	16/09/2012	08/11/2012	3350	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	16.00	62.99	6.18
PT4-14	16/09/2012	08/11/2012	3366	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	13.00	51.18	5.02
PT4-15	16/09/2012	08/11/2012	3282	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	13.40	52.76	5.18
Promedio										55.70	5.46
Desviación estandar										3.91	0.38
Coeficiente variación										7.02	6.96
Resistencia Caracteris. a la Compresión										51.79	5.08

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5
 FECHA: 07/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT5-01	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	23.00	90.20	8.85
PT5-02	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	21.25	83.33	8.18
PT5-03	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	21.00	82.35	8.08
PT5-04	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.25	75.49	7.41
PT5-05	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	25.50	100.39	9.85
PT5-06	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	21.00	82.68	8.11
PT5-07	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.75	73.82	7.24
PT5-08	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	21.50	84.31	8.27
PT5-09	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.50	72.55	7.12
PT5-10	17/09/2012	07/11/2012	-	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.90	74.12	7.27
PT5-11	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
PT5-12	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.50	72.83	7.15
PT5-13	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	22.25	87.60	8.59
PT5-14	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.50	72.83	7.15
PT5-15	17/09/2012	07/11/2012	-	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	19.80	77.95	7.65
Promedio										80.09	7.86
Desviación estandar										8.28	0.81
Coeficiente variación										10.34	10.31
Resistencia Caracteris. a la Compresión										71.81	7.05

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f'_b - ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 05/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m ²)	Area Bruta (m ²)	Area Neta (m ²)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Mpa
PT2-101	29/09/2012	05/11/2012	2950	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	9.50	37.25	3.65
PT2-102	29/09/2012	05/11/2012	3120	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	8.00	31.37	3.08
PT2-103	29/09/2012	05/11/2012	2738						-	-	-
PT2-104	29/09/2012	05/11/2012	3065	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	8.30	32.55	3.19
PT2-105	29/09/2012	05/11/2012	2982	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	12.00	47.24	4.63
PT2-106	29/09/2012	05/11/2012	3075	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.20	32.28	3.17
PT2-107	29/09/2012	05/11/2012	3160	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.00	31.50	3.09
PT2-108	29/09/2012	05/11/2012	2824						-	-	-
PT2-109	29/09/2012	05/11/2012	3050	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	10.50	41.18	4.04
PT2-110	29/09/2012	05/11/2012	3085	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	9.00	35.29	3.46
PT2-111	29/09/2012	05/11/2012	3170	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	8.00	31.50	3.09
PT2-112	29/09/2012	05/11/2012	3115	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	10.20	40.16	3.94
PT2-113	29/09/2012	05/11/2012	2994	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	12.00	47.24	4.63
PT2-114	29/09/2012	05/11/2012	3108	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	10.00	39.37	3.86
PT2-115	29/09/2012	05/11/2012	2962	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	10.10	39.76	3.9
PT2-116	29/09/2012	05/11/2012	3106	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	10.00	39.37	3.86
Promedio										37.58	3.69
Desviación estandar										5.47	0.53
Coeficiente variación										14.56	14.36
Resistencia Caracterls. a la Compresión										32.11	3.16

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f'_b - ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3
 FECHA: 05/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT3-101	29/09/2012	05/11/2012	3070	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	13.00	50.98	5.00
PT3-102	29/09/2012	05/11/2012	3062	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	15.00	58.82	5.77
PT3-103	29/09/2012	05/11/2012	3130	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	14.00	54.90	5.39
PT3-104	29/09/2012	05/11/2012	3085	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	14.50	56.86	5.58
PT3-105	29/09/2012	05/11/2012	3045	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	15.50	61.02	5.99
PT3-106	29/09/2012	05/11/2012		0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	-	-	-
PT3-107	29/09/2012	05/11/2012	3220	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	14.00	55.12	5.41
PT3-108	29/09/2012	05/11/2012	3025	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	15.00	58.82	5.77
PT3-109	29/09/2012	05/11/2012	3065	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	17.00	66.67	6.54
PT3-110	29/09/2012	05/11/2012	3130	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	15.00	58.82	5.77
PT3-111	29/09/2012	05/11/2012	3080	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	16.00	62.99	6.18
PT3-112	29/09/2012	05/11/2012	3115	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	14.50	57.09	5.60
PT3-113	29/09/2012	05/11/2012	3140	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	16.00	62.99	6.18
PT3-114	29/09/2012	05/11/2012		0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	15.40	60.63	5.95
PT3-115	29/09/2012	05/11/2012	3145	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	17.20	67.72	6.64
Promedio										59.53	5.84
Desviación estandar										4.59	0.45
Coeficiente variación										7.71	7.71
Resistencia Caracteris. a la Compresión										54.94	5.39

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4
 FECHA: 06/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m ²)	Area Bruta (m ²)	Area Neta (m ²)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Mpa
PT4-101	29/09/2012	06/11/2012	3115	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.20	75.29	7.39
PT4-102	29/09/2012	06/11/2012	3125	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.00	70.59	6.92
PT4-103	29/09/2012	06/11/2012	3125	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	20.00	78.43	7.69
PT4-104	29/09/2012	06/11/2012	3075	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	20.30	79.61	7.81
PT4-105	29/09/2012	06/11/2012	3210	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.10	71.26	6.99
PT4-106	29/09/2012	06/11/2012	2625	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	21.00	82.68	8.11
PT4-107	29/09/2012	06/11/2012	3000	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	21.00	82.68	8.11
PT4-108	29/09/2012	06/11/2012	3170	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.00	74.51	7.31
PT4-109	29/09/2012	06/11/2012		0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.00	70.59	6.92
PT4-110	29/09/2012	06/11/2012		0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.00	74.51	7.31
PT4-111	29/09/2012	06/11/2012	2980	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
PT4-112	29/09/2012	06/11/2012	3105	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	20.00	78.74	7.72
PT4-113	29/09/2012	06/11/2012	3130	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
PT4-114	29/09/2012	06/11/2012	3170	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
PT4-115	29/09/2012	06/11/2012	3165	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
Promedio										74.82	7.34
Desviación estandar										4.52	0.44
Coeficiente variación										6.04	5.99
Resistencia Caracteris. a la Compresión										70.30	6.90

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA II

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA II
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5
 FECHA: 07/11/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m ²)	Area Bruta (m ²)	Area Neta (m ²)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Mpa
PT5-101	29/09/2012	07/11/2012	3314	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.70	77.25	7.58
PT5-102	29/09/2012	07/11/2012	3156	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	21.50	84.31	8.27
PT5-103	29/09/2012	07/11/2012	3346	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.00	70.59	6.92
PT5-104	29/09/2012	07/11/2012		0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.50	76.47	7.5
PT5-105	29/09/2012	07/11/2012		0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	18.00	70.87	6.95
PT5-106	29/09/2012	07/11/2012	3372						30.00	-	-
PT5-107	29/09/2012	07/11/2012	3502	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	17.00	66.93	6.57
PT5-108	29/09/2012	07/11/2012	3384	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	18.00	70.59	6.92
PT5-109	29/09/2012	07/11/2012	3386	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	19.00	74.51	7.31
PT5-110	29/09/2012	07/11/2012	3330	0.220	0.125	0.0020	0.0275	0.0255	21.10	82.75	8.12
PT5-111	29/09/2012	07/11/2012	3342						33.00	-	-
PT5-112	29/09/2012	07/11/2012	3466	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	17.00	66.93	6.57
PT5-113	29/09/2012	07/11/2012	3390						35.50	-	-
PT5-114	29/09/2012	07/11/2012	3332	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	21.00	82.68	8.11
PT5-115	29/09/2012	07/11/2012	3320	0.219	0.125	0.0020	0.0274	0.0254	21.00	82.68	8.11
Promedio										75.55	7.41
Desviación estandar										6.43	0.63
Coeficiente variación										8.51	8.50
Resistencia Caracteris. a la Compresión										69.12	6.78

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2 - ESTADO NATURAL*
 FECHA: 13/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT2-201	10/11/2012	13/12/2012	2881	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					24.25	-	-
PT2-202	10/11/2012	13/12/2012	2837	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					18.75	-	-
PT2-203	10/11/2012	13/12/2012	2940	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					24.50	-	-
PT2-204	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	-	-	-
PT2-205	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	13.25	52.27	5.13
PT2-206	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	13.50	53.26	5.22
PT2-207	10/11/2012	13/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	-	-	-
PT2-208	10/11/2012	13/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	13.50	53.00	5.20
PT2-209	10/11/2012	13/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	13.50	53.00	5.20
PT2-210	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	14.60	57.60	5.65
PT2-211	10/11/2012	13/12/2012	2790	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					20.75	-	-
PT2-212	10/11/2012	13/12/2012	2815	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					18.50	-	-
PT2-213	10/11/2012	13/12/2012	2855	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					19.00	-	-
PT2-214	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	14.00	55.23	5.42
PT2-215	10/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	13.25	52.27	5.13
PT2-216	10/11/2012	13/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	14.50	56.92	5.58
PT2-217	10/11/2012	13/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	15.75	61.83	6.07
		Promedio	2853.00						Promedio	55.04	5.40
									Desviación estandar	3.22	0.32
									Coefficiente variación	5.85	5.93
									Resistencia Caracteris. a la Compresión	51.82	5.08

ESTADO NATURAL*: Sin ser secados en estufa

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3 - ESTADO NATURAL*
 FECHA: 13/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa	
PT3-201	13/11/2012	13/12/2012	3005	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					29.50	-	-	
PT3-202	13/11/2012	13/12/2012	3101	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					34.00	-	-	
PT3-203	13/11/2012	13/12/2012	2972	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					30.50	-	-	
PT3-204	13/11/2012	13/12/2012	-	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	19.00	74.96	7.35	
PT3-205	13/11/2012	13/12/2012	3034	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	17.50	69.04	6.77	
PT3-206	13/11/2012	13/12/2012	2980	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.50	72.63	7.12	
PT3-207	13/11/2012	13/12/2012	3016	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.75	73.61	7.22	
PT3-208	13/11/2012	13/12/2012	2960	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	18.25	72.00	7.06	
PT3-209	13/11/2012	13/12/2012	3084	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	19.00	74.96	7.35	
PT3-210	13/11/2012	13/12/2012	2970	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.00	70.66	6.93	
PT3-211	13/11/2012	13/12/2012	3022	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					25.50	-	-	
PT3-212	13/11/2012	13/12/2012	2948	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					23.25	-	-	
PT3-213	13/11/2012	13/12/2012	3046	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					28.75	-	-	
PT3-214	13/11/2012	13/12/2012	3006	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.25	71.64	7.03	
PT3-215	13/11/2012	13/12/2012	3024	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	18.75	73.97	7.26	
PT3-216	13/11/2012	13/12/2012	3052	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.50	72.63	7.12	
PT3-217	13/11/2012	13/12/2012	3024	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.00	70.66	6.93	
			Promedio						3015.25			
										Promedio	72.43	7.10
										Desviación estandar	1.88	0.18
										Coficiente variación	2.6	2.54
										Resistencia Caracteris. a la Compresión	70.55	6.92

ESTADO NATURAL*: Sin ser secados en estufa

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4 - ESTADO NATURAL*
 FECHA: 14/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa	
PT4-201	13/11/2012	14/12/2012	2888	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					22.25	-	-	
PT4-202	13/11/2012	14/12/2012	2998	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					22.25	-	-	
PT4-203	13/11/2012	14/12/2012	3040	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					23.00	-	-	
PT4-204	13/11/2012	14/12/2012	2932	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	19.50	76.55	7.51	
PT4-205	13/11/2012	14/12/2012	3100	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	19.50	76.55	7.51	
PT4-206	13/11/2012	14/12/2012	3016	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	23.00	90.74	8.9	
PT4-207	13/11/2012	14/12/2012	3002	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	19.25	75.57	7.41	
PT4-208	13/11/2012	14/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	19.00	74.59	7.32	
PT4-209	13/11/2012	14/12/2012	2938	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.50	72.63	7.12	
PT4-210	13/11/2012	14/12/2012	3004	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	20.00	78.51	7.7	
PT4-211	13/11/2012	14/12/2012	2972	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					32.00	-	-	
PT4-212	13/11/2012	14/12/2012	3044	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					28.00	-	-	
PT4-213	13/11/2012	14/12/2012	2934	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					22.50	-	-	
PT4-214	13/11/2012	14/12/2012	3080	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	18.50	72.98	7.16	
PT4-215	13/11/2012	14/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	20.00	78.51	7.7	
PT4-216	13/11/2012	14/12/2012	2906	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	18.50	72.63	7.12	
PT4-217	13/11/2012	14/12/2012	3190	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	23.00	90.74	8.9	
			Promedio						3002.93			
										Promedio	78.18	7.67
										Desviación estandar	6.55	0.64
										Coefficiente variación	8.38	8.34
										Resistencia Caracteris. a la Compresión	71.63	7.03

ESTADO NATURAL*: Sin ser secados en estufa

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5 - ESTADO NATURAL*
 FECHA: 14/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT5-201	13/11/2012	14/12/2012	3004	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					20.25	-	-
PT5-202	13/11/2012	14/12/2012	2956	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					22.00	-	-
PT5-203	13/11/2012	14/12/2012	2876	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					16.25	-	-
PT5-204	13/11/2012	14/12/2012	2990	0.219	0.125	0.002027	0.025348	0.0233	21.00	90.05	8.83
PT5-205	13/11/2012	14/12/2012	-	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	19.50	83.17	8.16
PT5-206	13/11/2012	14/12/2012	2782	0.219	0.125	0.002027	0.025348	0.0233	21.00	90.05	8.83
PT5-207	13/11/2012	14/12/2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PT5-208	13/11/2012	14/12/2012	2900	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	22.00	93.83	9.20
PT5-209	13/11/2012	14/12/2012	2942	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	20.00	85.30	8.37
PT5-210	13/11/2012	14/12/2012	2994	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	21.00	89.57	8.79
PT5-211	13/11/2012	14/12/2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PT5-212	13/11/2012	14/12/2012	2950	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					25.00	-	-
PT5-213	13/11/2012	14/12/2012	2940	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					23.00	-	-
PT5-214	13/11/2012	14/12/2012	3088	UNIDAD ENSAYADA DESPUES DE SECADA EN LA ESTUFA					27.50	-	-
PT5-215	13/11/2012	14/12/2012	3066	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	22.00	93.83	9.20
PT5-216	13/11/2012	14/12/2012	3082	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	21.00	89.57	8.79
PT5-217	13/11/2012	14/12/2012	2946	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	23.00	98.10	9.62
Promedio			2965.43						Promedio	90.39	8.87
									Desviación estandar	4.51	0.44
									Coficiente variación	4.99	4.96
									Resistencia Caracteris. a la Compresión	85.88	8.43

ESTADO NATURAL*: Sin ser secados en estufa

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2 - SECOS EN ESTUFA POR 24 HORAS
 FECHA: 13/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT2-201	10/11/2012	13/12/2012	2881	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	24.25	95.67	9.39
PT2-202	10/11/2012	13/12/2012	2837	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	21.00	82.85	8.13
PT2-203	10/11/2012	13/12/2012	2940	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	24.50	96.65	9.48
PT2-211	10/11/2012	13/12/2012	2790	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	20.75	81.86	8.03
PT2-212	10/11/2012	13/12/2012	2815	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	21.50	84.82	8.32
PT2-213	10/11/2012	13/12/2012	2855	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	22.00	86.79	8.51
Promedio										88.11	8.64
Desviación estandar										6.47	0.64
Coeficiente variación										7.34	7.41
Resistencia Caracteris. a la Compresión										81.64	8.00

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3 - SECOS EN ESTUFA POR 24 HORAS
 FECHA: 13/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT3-201	13/11/2012	13/12/2012	3005	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	29.50	115.81	11.36
PT3-202	13/11/2012	13/12/2012	3101	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	34.00	133.47	13.09
PT3-203	13/11/2012	13/12/2012	2972	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	30.50	120.33	11.80
PT3-211	13/11/2012	13/12/2012	3022	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	27.00	105.99	10.40
PT3-212	13/11/2012	13/12/2012	2948	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	25.50	100.60	9.87
PT3-213	13/11/2012	13/12/2012	3046	0.219	0.125	0.002027	0.027375	0.025348	28.75	113.42	11.13
Promedio										114.94	11.28
Desviación estandar										11.50	1.13
Coeficiente variación										10.01	10.02
Resistencia Caracteris. a la Compresión										103.44	10.15

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f'c - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4 - SECOS EN ESTUFA POR 24 HORAS
 FECHA: 14/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m2)	Area Bruta (m2)	Area Neta (m2)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia Mpa
PT4-201	13/11/2012	14/12/2012	2888	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	22.25	87.35	8.57
PT4-202	13/11/2012	14/12/2012	2998	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	22.25	87.35	8.57
PT4-203	13/11/2012	14/12/2012	3040	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	23.00	90.29	8.86
PT4-211	13/11/2012	14/12/2012	2972	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	32.00	125.62	12.32
PT4-212	13/11/2012	14/12/2012	3044	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	28.00	109.92	10.78
PT4-213	13/11/2012	14/12/2012	2934	0.220	0.125	0.002027	0.027500	0.025473	22.50	88.33	8.67
Promedio										98.14	9.63
Desviación estandar										16.03	1.57
Coeficiente variación										16.33	16.3
Resistencia Caracteris. a la Compresión										82.11	8.06

RESISTENCIA CARACTERISTICA A LA COMPRESION f' b - ETAPA III

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS ETAPA III
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5 - SECOS EN ESTUFA POR 24 HORAS
 FECHA: 14/12/2012

PROBETA	Fecha fabrica	Fecha rotura	Peso natural (kg)	Longitud (m)	Ancho (m)	Area hueca (m ²)	Area Bruta (m ²)	Area Neta (m ²)	Carga Rotura (tn)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Mpa
PT5-201	13/11/2012	14/12/2012	3004	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	22.15	94.47	9.27
PT5-202	13/11/2012	14/12/2012	2956	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	24.00	102.36	10.04
PT5-203	13/11/2012	14/12/2012	2876	0.219	0.125	0.002027	0.025348	0.0233	20.25	86.83	8.52
PT5-212	13/11/2012	14/12/2012	2950	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	25.00	106.63	10.46
PT5-213	13/11/2012	14/12/2012	2940	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	23.00	98.10	9.62
PT5-214	13/11/2012	14/12/2012	3088	0.220	0.125	0.002027	0.025473	0.0234	27.50	117.29	11.51
Promedio										100.95	9.90
Desviación estandar										10.50	1.03
Coeficiente variación										10.4	10.4
Resistencia Caracteris. a la Compresión										90.45	8.87

RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL DE PILAS (f'm)

PROYECTO DE TESIS:

MATERIAL:

MUESTRA:

FECHA:

ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA

PROTOTIPOS DE ETAPA I Y LADRILLO ARTESANAL

PROTOTIPOS TIPO 2, 3, 4, 5 Y LADRILLO ARTESANAL

14/12/2012

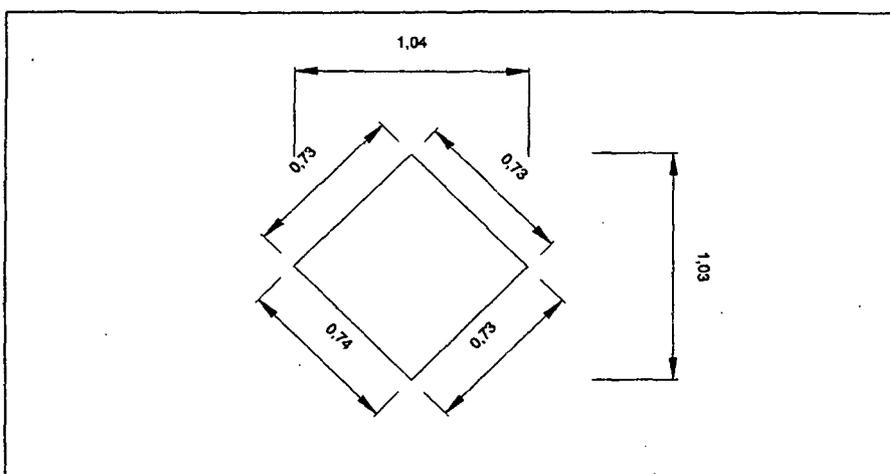
PILAS		Fecha construcción	Fecha ensayo	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm ²)	Carga de rotura (Tn)	f'm Resistencia (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor corrección	f'm Resistencia corregida (kg/cm ²)
PILAS 3 FILAS	LADRILLO ARTESANAL	05/11/2012	14/12/2012	270.0	220	125	275.00	11.00	40.00	2.16	0.752	30.08
	PROTOTIPO 1	05/11/2012	14/12/2012	290.0	220	125	275.00	2.50	9.09	2.32	0.775	7.04
	PROTOTIPO 2	05/11/2012	14/12/2012	300.0	220	125	275.00	4.00	14.55	2.40	0.786	11.44
	PROTOTIPO 3	05/11/2012	14/12/2012	310.0	220	125	275.00	6.50	23.64	2.48	0.797	18.84
	PROTOTIPO 4	05/11/2012	14/12/2012	290.0	220	125	275.00	10.50	38.18	2.32	0.775	29.59
	PROTOTIPO 5	05/11/2012	14/12/2012	310.0	220	125	275.00	8.75	31.82	2.48	0.797	25.36
PILAS 4 FILAS	LADRILLO ARTESANAL	05/11/2012	14/12/2012	370.0	220	125	275.00	12.50	45.45	2.96	0.901	40.95
	PROTOTIPO 1	05/11/2012	14/12/2012	390.0	220	125	275.00	-	-	3.12	0.915	-
	PROTOTIPO 2	05/11/2012	14/12/2012	410.0	220	125	275.00	4.00	14.55	3.28	0.921	13.4
	PROTOTIPO 3	05/11/2012	14/12/2012	390.0	220	125	275.00	7.00	25.45	3.12	0.915	23.29
	PROTOTIPO 4	05/11/2012	14/12/2012	415.0	220	125	275.00	12.00	43.64	3.32	0.923	40.28
	PROTOTIPO 5	05/11/2012	14/12/2012	400.0	220	125	275.00	10.50	38.18	3.20	0.918	35.05

TABLA 10. Norma E-070 ALBAÑILERIA						
FACTORES DE CORRECIÓN DE f'm POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Lo datos son incongruentes debido a que los valores obtenidos no guardan coherencia con los resultados esperados, debido a que las pilas mas esbeltas soportan más carga axial que las pilas menos esbeltas lo cual es incongruente. Para obtener datos congruentes se deben realizar más ensayos un minimo de 5 pilas por cada prototipo para pilas de 3 filas y 4 filas.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL LADRILLO ARTESANAL

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS DE ETAPA I
 MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL
 FECHA: 18/12/2012

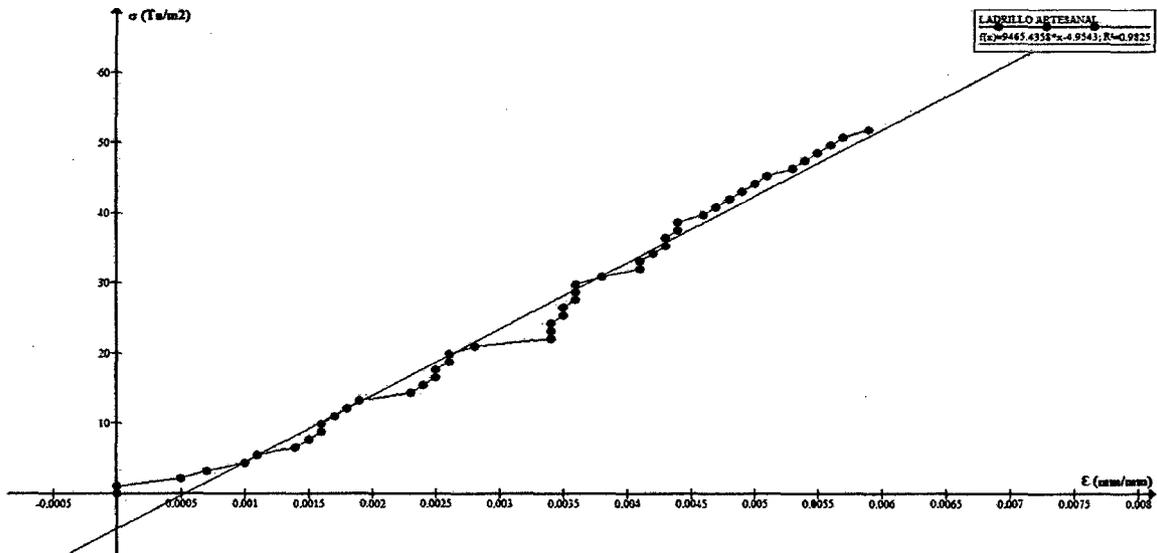


t (espesor) = 22 cm
 D (diagonal) = 1.03 m

Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (tn/m ²)	Lectura (cm)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Deformación unitaria ϵ
0	0.00	0.00	0.85	0.00	0.0	0.0000
250	0.11	1.10	0.85	0.00	0.0	0.0000
500	0.22	2.21	0.90	0.05	0.5	0.0005
750	0.33	3.31	0.92	0.07	0.7	0.0007
1000	0.44	4.41	0.95	0.10	1.0	0.0010
1250	0.55	5.52	0.96	0.11	1.1	0.0011
1500	0.66	6.62	0.99	0.14	1.4	0.0014
1750	0.77	7.72	1.00	0.15	1.5	0.0015
2000	0.88	8.83	1.01	0.16	1.6	0.0016
2250	0.99	9.93	1.01	0.16	1.6	0.0016
2500	1.10	11.03	1.03	0.18	1.8	0.0017
2750	1.21	12.14	1.04	0.19	1.9	0.0018
3000	1.32	13.24	1.05	0.20	2.0	0.0019
3250	1.43	14.34	1.09	0.24	2.4	0.0023
3500	1.54	15.45	1.10	0.25	2.5	0.0024
3750	1.65	16.55	1.11	0.26	2.6	0.0025
4000	1.77	17.65	1.11	0.26	2.6	0.0025
4250	1.88	18.76	1.12	0.27	2.7	0.0026
4500	1.99	19.86	1.12	0.27	2.7	0.0026
4750	2.10	20.96	1.14	0.29	2.9	0.0028
5000	2.21	22.07	1.20	0.35	3.5	0.0034
5250	2.32	23.17	1.20	0.35	3.5	0.0034
5500	2.43	24.27	1.20	0.35	3.5	0.0034
5750	2.54	25.38	1.21	0.36	3.6	0.0035
6000	2.65	26.48	1.21	0.36	3.6	0.0035
6250	2.76	27.58	1.22	0.37	3.7	0.0036
6500	2.87	28.68	1.22	0.37	3.7	0.0036
6750	2.98	29.79	1.22	0.37	3.7	0.0036
7000	3.09	30.89	1.24	0.39	3.9	0.0038
7250	3.20	31.99	1.27	0.42	4.2	0.0041
7500	3.31	33.10	1.27	0.42	4.2	0.0041
7750	3.42	34.20	1.28	0.43	4.3	0.0042
8000	3.53	35.30	1.29	0.44	4.4	0.0043
8250	3.64	36.41	1.29	0.44	4.4	0.0043
8500	3.75	37.51	1.30	0.45	4.5	0.0044
8750	3.86	38.61	1.30	0.45	4.5	0.0044
9000	3.97	39.72	1.32	0.47	4.7	0.0046
9250	4.08	40.82	1.33	0.48	4.8	0.0047

9500	4.19	41.92	1.34	0.49	4.9	0.0048
9750	4.30	43.03	1.35	0.50	5.0	0.0049
10000	4.41	44.13	1.37	0.52	5.2	0.0050
10250	4.52	45.23	1.38	0.53	5.3	0.0051
10500	4.63	46.34	1.40	0.55	5.5	0.0053
10750	4.74	47.44	1.41	0.56	5.6	0.0054
11000	4.85	48.54	1.42	0.57	5.7	0.0055
11250	4.96	49.65	1.43	0.58	5.8	0.0056
11500	5.08	50.75	1.44	0.59	5.9	0.0057
11750	5.19	51.85	1.46	0.61	6.1	0.0059

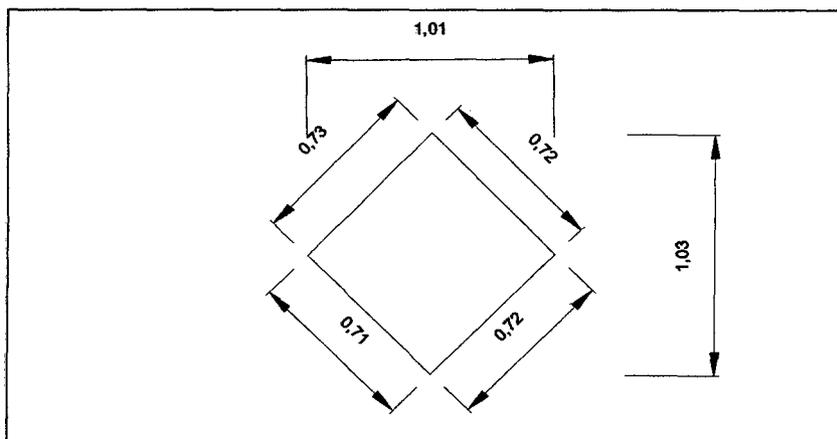
GRAFICO DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Ecuación de la recta de ajuste	$f(x) = 9465.4358 \cdot x - 4.9543$
Bondad de ajuste (R^2)	0.9825
Módulo de elasticidad (Tn /m2)	9465.44

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL PROTOTIPO 2- ETAPA I

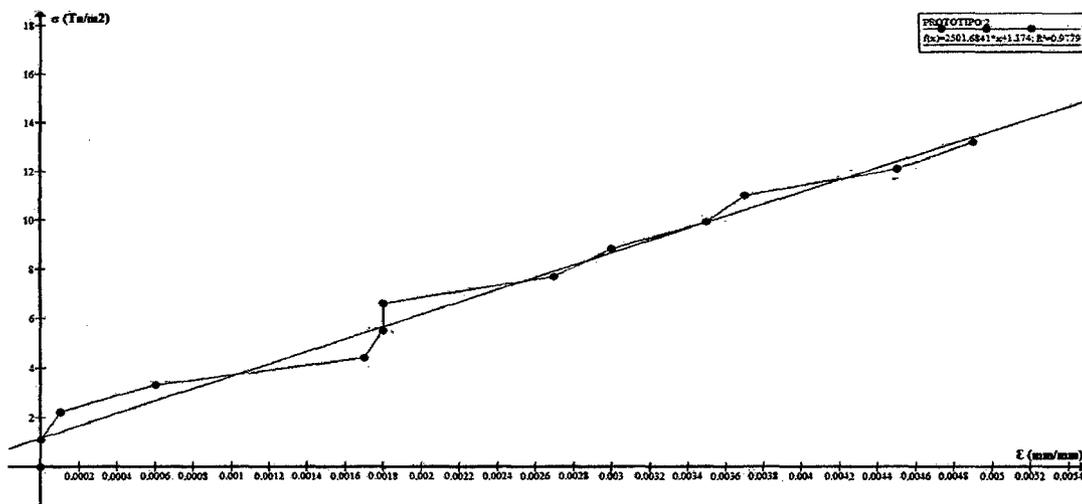
PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS DE ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 2
 FECHA: 18/12/2012



t (espesor) = 22 cm
 D (diagonal) = 1.03 m

Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (tn/m ²)	Lectura (cm)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Deformación unitaria ϵ
0	0.00	0.00	0.32	0.00	0.0	0.0000
250	0.11	1.10	0.32	0.00	0.0	0.0000
500	0.22	2.21	0.33	0.01	0.1	0.0001
750	0.33	3.31	0.38	0.06	0.6	0.0006
1000	0.44	4.41	0.50	0.18	1.8	0.0017
1250	0.55	5.52	0.51	0.19	1.9	0.0018
1500	0.66	6.62	0.51	0.19	1.9	0.0018
1750	0.77	7.72	0.60	0.28	2.8	0.0027
2000	0.88	8.83	0.63	0.31	3.1	0.0030
2250	0.99	9.93	0.68	0.36	3.6	0.0035
2500	1.10	11.03	0.70	0.38	3.8	0.0037
2750	1.21	12.14	0.78	0.46	4.6	0.0045
3000	1.32	13.24	0.82	0.50	5.0	0.0049

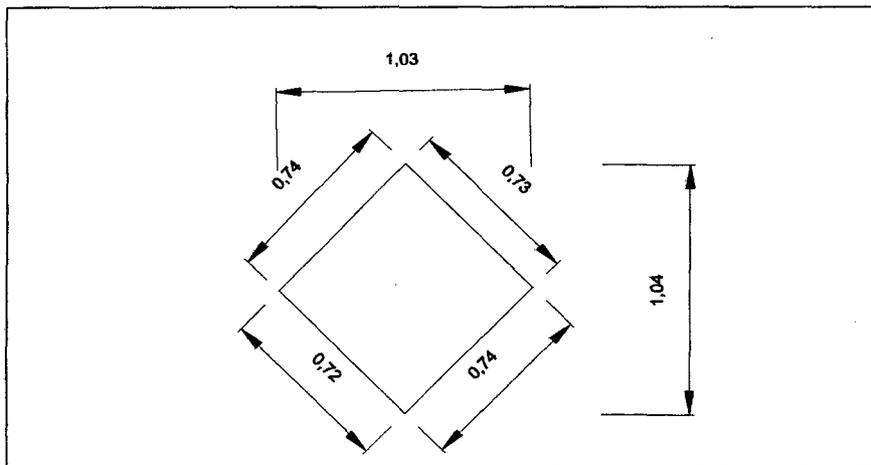
GRAFICO DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Ecuación de la recta de ajuste	$f(x) = 2501.6841 * x - 1.1740$
Bondad de ajuste (R^2)	0.9779
Módulo de elasticidad (Tn /m ²)	2501.68

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL PROTOTIPO 3 - ETAPA I

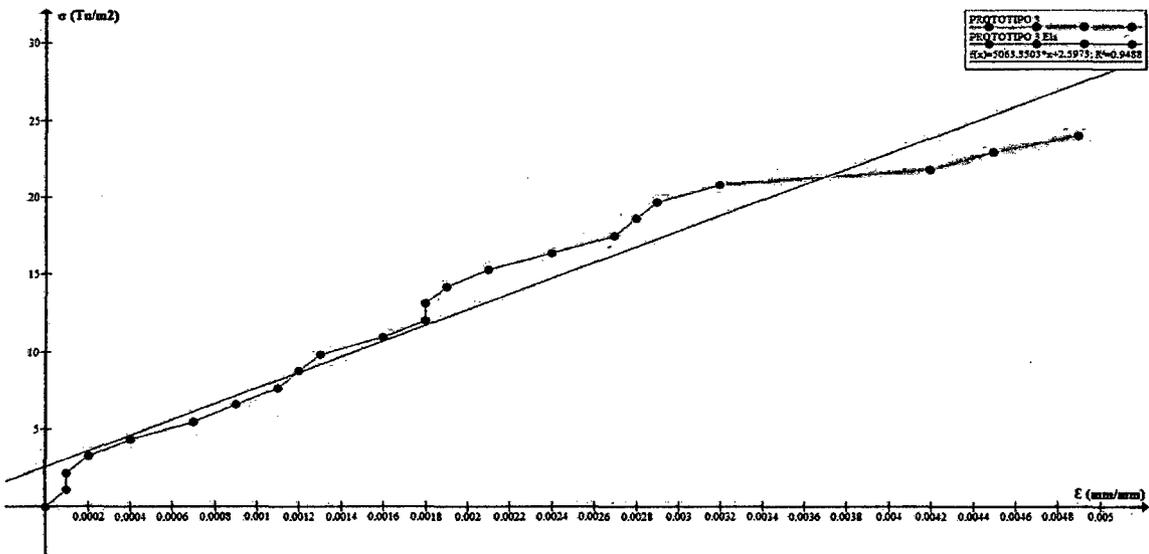
PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS DE ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 3
 FECHA: 19/12/2012



t (espesor) = 22 cm
 D (diagonal) = 1.04 m

Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (tn/m ²)	Lectura (cm)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Deformación unitaria ϵ
0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.0	0.0000
250	0.11	1.09	0.02	0.01	0.1	0.0001
500	0.22	2.19	0.02	0.01	0.1	0.0001
750	0.33	3.28	0.03	0.02	0.2	0.0002
1000	0.44	4.37	0.05	0.04	0.4	0.0004
1250	0.55	5.46	0.08	0.07	0.7	0.0007
1500	0.66	6.56	0.10	0.09	0.9	0.0009
1750	0.76	7.65	0.12	0.11	1.1	0.0011
2000	0.87	8.74	0.13	0.12	1.2	0.0012
2250	0.98	9.83	0.15	0.14	1.4	0.0013
2500	1.09	10.93	0.18	0.17	1.7	0.0016
2750	1.20	12.02	0.20	0.19	1.9	0.0018
3000	1.31	13.11	0.20	0.19	1.9	0.0018
3250	1.42	14.20	0.21	0.20	2.0	0.0019
3500	1.53	15.30	0.23	0.22	2.2	0.0021
3750	1.64	16.39	0.26	0.25	2.5	0.0024
4000	1.75	17.48	0.29	0.28	2.8	0.0027
4250	1.86	18.58	0.30	0.29	2.9	0.0028
4500	1.97	19.67	0.31	0.30	3.0	0.0029
4750	2.08	20.76	0.34	0.33	3.3	0.0032
5000	2.19	21.85	0.45	0.44	4.4	0.0042
5250	2.29	22.95	0.48	0.47	4.7	0.0045
5500	2.40	24.04	0.52	0.51	5.1	0.0049
5620	2.46	24.56	-	-	-	-

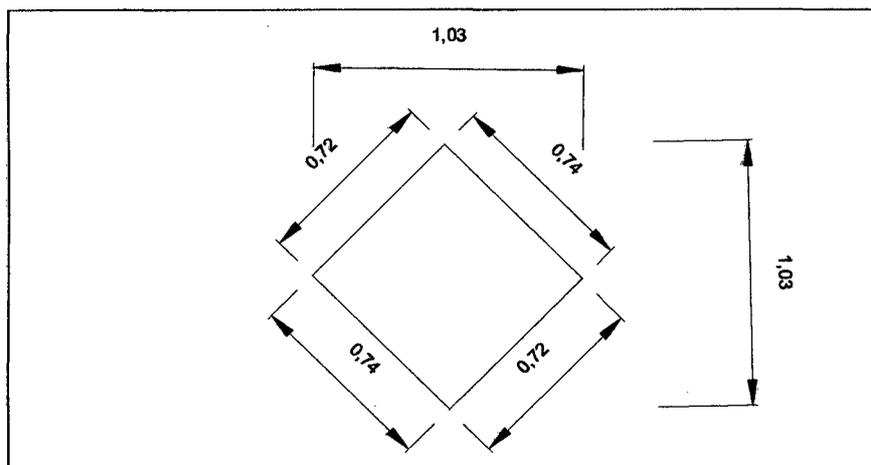
GRAFICO DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Ecuación de la recta de ajuste	$f(x) = 5063.3503 * x + 2.5973$
Bondad de ajuste (R^2)	0.9488
Módulo de elasticidad (Tn /m2)	5063.35

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL PROTOTIPO 4 - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS DE ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 4
 FECHA: 19/12/2012

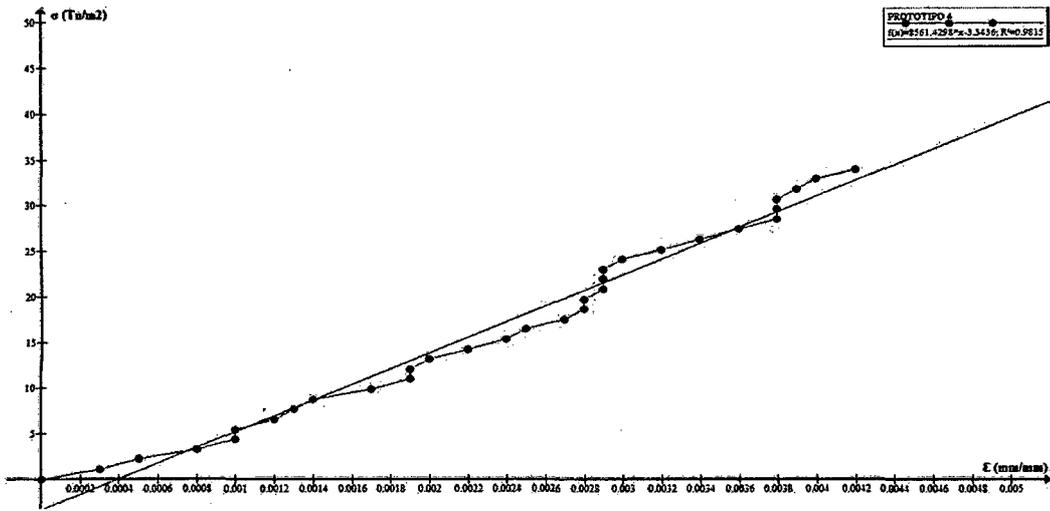


t (espesor) = 22 cm

D (diagonal) = 1.04 m

Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (tn/m ²)	Lectura (cm)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Deformación unitaria ϵ
0	0.00	0.00	0.20	0.00	0.0	0.0000
250	0.11	1.09	0.23	0.03	0.3	0.0003
500	0.22	2.19	0.25	0.05	0.5	0.0005
750	0.33	3.28	0.28	0.08	0.8	0.0008
1000	0.44	4.37	0.30	0.10	1.0	0.0010
1250	0.55	5.46	0.30	0.10	1.0	0.0010
1500	0.66	6.56	0.32	0.12	1.2	0.0012
1750	0.76	7.65	0.34	0.14	1.4	0.0013
2000	0.87	8.74	0.35	0.15	1.5	0.0014
2250	0.98	9.83	0.38	0.18	1.8	0.0017
2500	1.09	10.93	0.40	0.20	2.0	0.0019
2750	1.20	12.02	0.40	0.20	2.0	0.0019
3000	1.31	13.11	0.41	0.21	2.1	0.0020
3250	1.42	14.20	0.43	0.23	2.3	0.0022
3500	1.53	15.30	0.45	0.25	2.5	0.0024
3750	1.64	16.39	0.46	0.26	2.6	0.0025
4000	1.75	17.48	0.48	0.28	2.8	0.0027
4250	1.86	18.58	0.49	0.29	2.9	0.0028
4500	1.97	19.67	0.49	0.29	2.9	0.0028
4750	2.08	20.76	0.50	0.30	3.0	0.0029
5000	2.19	21.85	0.50	0.30	3.0	0.0029
5250	2.29	22.95	0.50	0.30	3.0	0.0029
5500	2.40	24.04	0.51	0.31	3.1	0.0030
5750	2.51	25.13	0.53	0.33	3.3	0.0032
6000	2.62	26.22	0.55	0.35	3.5	0.0034
6250	2.73	27.32	0.57	0.37	3.7	0.0036
6500	2.84	28.41	0.59	0.39	3.9	0.0038
6750	2.95	29.50	0.60	0.40	4.0	0.0038
7000	3.06	30.59	0.60	0.40	4.0	0.0038
7250	3.17	31.69	0.61	0.41	4.1	0.0039
7500	3.28	32.78	0.62	0.42	4.2	0.0040
7750	3.39	33.87	0.64	0.44	4.4	0.0042
7780	3.40	34.00	-	-	-	-

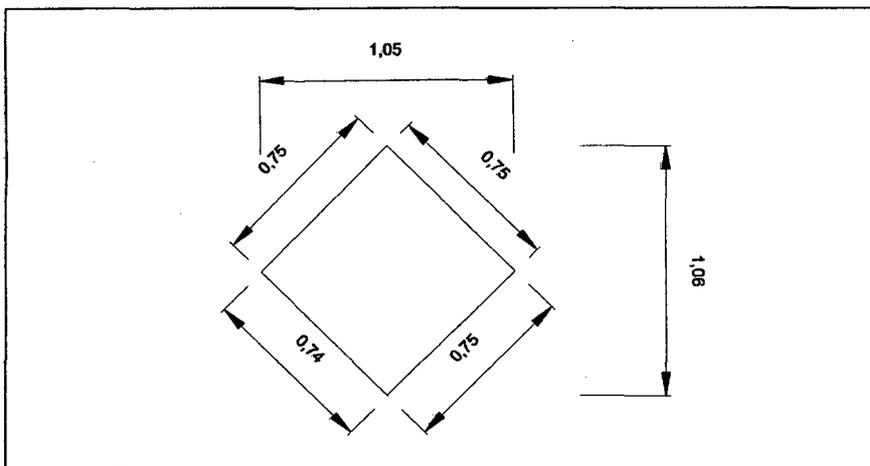
GRAFICO DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Ecuación de la recta de ajuste	$f(x) = 8561.4298 \cdot x - 3.3436$
Bondad de ajuste (R^2)	0.9815
Módulo de elasticidad (Tn /m2)	8561.43

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL PROTOTIPO 5 - ETAPA I

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 MATERIAL: PROTOTIPOS DE ETAPA I
 MUESTRA: PROTOTIPO TIPO 5
 FECHA: 19/12/2012

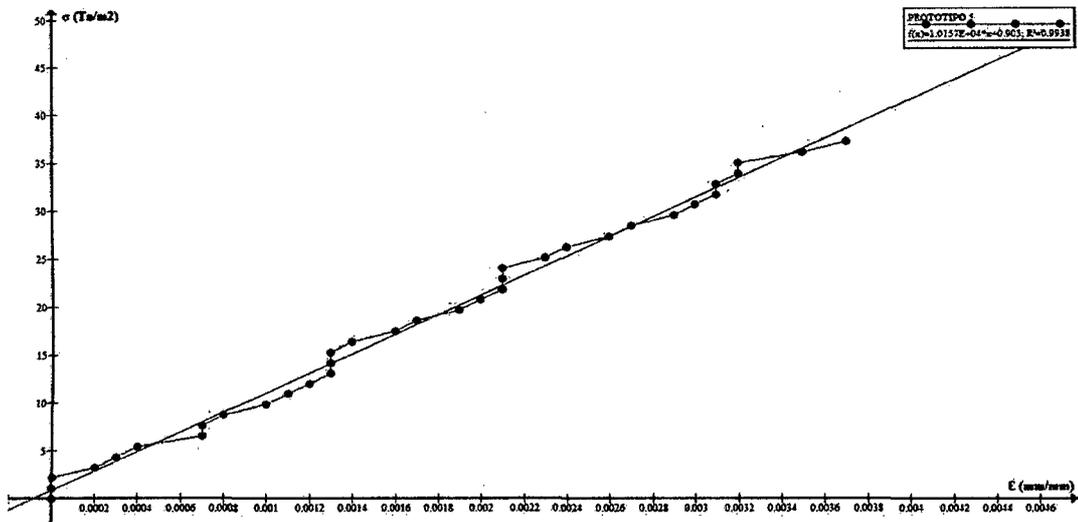


t (espesor) = 22 cm

D (diagonal) = 1.04 m

Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (tn/m ²)	Lectura (cm)	Deformación (cm)	Deformación (mm)	Deformación unitaria ϵ
0	0.00	0.00	0.68	0.00	0.0	0.0000
250	0.11	1.09	0.68	0.00	0.0	0.0000
500	0.22	2.19	0.68	0.00	0.0	0.0000
750	0.33	3.28	0.70	0.02	0.2	0.0002
1000	0.44	4.37	0.71	0.03	0.3	0.0003
1250	0.55	5.46	0.72	0.04	0.4	0.0004
1500	0.66	6.56	0.75	0.07	0.7	0.0007
1750	0.76	7.65	0.75	0.07	0.7	0.0007
2000	0.87	8.74	0.76	0.08	0.8	0.0008
2250	0.98	9.83	0.78	0.10	1.0	0.0010
2500	1.09	10.93	0.79	0.11	1.1	0.0011
2750	1.20	12.02	0.80	0.12	1.2	0.0012
3000	1.31	13.11	0.81	0.13	1.3	0.0013
3250	1.42	14.20	0.81	0.13	1.3	0.0013
3500	1.53	15.30	0.82	0.14	1.4	0.0013
3750	1.64	16.39	0.83	0.15	1.5	0.0014
4000	1.75	17.48	0.85	0.17	1.7	0.0016
4250	1.86	18.58	0.86	0.18	1.8	0.0017
4500	1.97	19.67	0.88	0.20	2.0	0.0019
4750	2.08	20.76	0.89	0.21	2.1	0.0020
5000	2.19	21.85	0.90	0.22	2.2	0.0021
5250	2.29	22.95	0.90	0.22	2.2	0.0021
5500	2.40	24.04	0.90	0.22	2.2	0.0021
5750	2.51	25.13	0.92	0.24	2.4	0.0023
6000	2.62	26.22	0.93	0.25	2.5	0.0024
6250	2.73	27.32	0.95	0.27	2.7	0.0026
6500	2.84	28.41	0.96	0.28	2.8	0.0027
6750	2.95	29.50	0.98	0.30	3.0	0.0029
7000	3.06	30.59	0.99	0.31	3.1	0.0030
7250	3.17	31.69	1.00	0.32	3.2	0.0031
7500	3.28	32.78	1.00	0.32	3.2	0.0031
7750	3.39	33.87	1.01	0.33	3.3	0.0032
8000	3.50	34.97	1.01	0.33	3.3	0.0032
8250	3.61	36.06	1.04	0.36	3.6	0.0035
8500	3.72	37.15	1.06	0.38	3.8	0.0037
8650	3.78	37.81	-	-	-	-

GRAFICO DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA



Ecuación de la recta de ajuste	$f(x) = 10157 * x + 0.9030$
Bondad de ajuste (R^2)	0.9938
Módulo de elasticidad (Tn /m2)	10157.00

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: CANTERA HUAYRAPONGO
 MUESTRA: AGREGADO FINO, agregado utilizado para mortero.
 FECHA: 18/04/2013
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

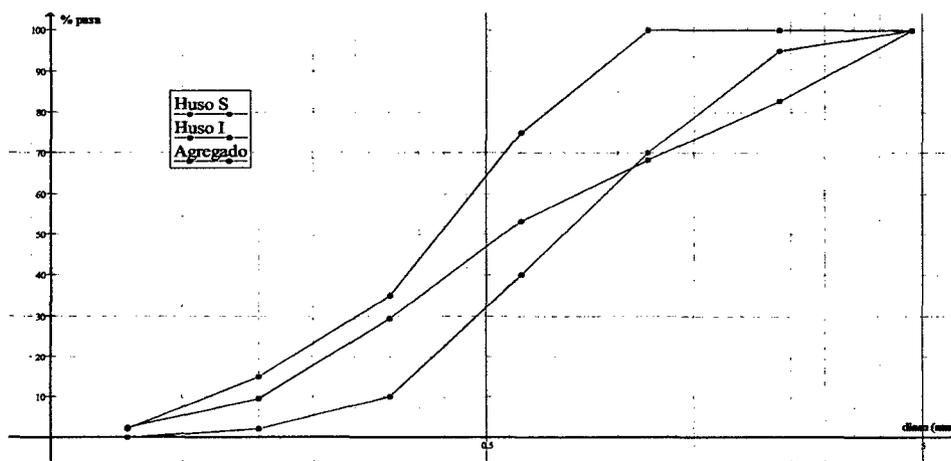
Peso total= 1000 gr

TAMIZ		P.R.P	% R.P.	% R.A.	% PASA	HUSO *
N°	Aber (mm)	gr				% PASA
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	2.360	171.90	17.19	17.19	82.81	95 a 100
N° 16	1.180	143.97	14.40	31.59	68.41	70 a 100
N° 30	0.600	150.04	15.00	46.59	53.41	40 a 75
N° 50	0.300	240.18	24.02	70.61	29.39	10 a 35
N° 100	0.150	197.61	19.76	90.37	9.63	2 a 15
N° 200	0.075	72.32	7.23	97.60	2.40	menos de 2
Cazoleta		23.98	2.40	100.00		
Suma		1000.00				

* Huso granulométrico de acuerdo a la Norma E- 070- Albañilería

MODULO DE FINEZA 2.56

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA - Agregado fino



ENSAYO: PESO ESPECIFICO Y PESO VOLUMETRICO SUELTO

PROYECTO DE TESIS: ELABORACIÓN DE UN LADRILLO ALTERNATIVO SIN COCCIÓN EN CAJAMARCA
 UBICACIÓN: CANTERA HUAYRAPONGO
 MUESTRA: AGREGADO FINO, agregado utilizado para mortero.
 FECHA: 18/04/2013
 REALIZADO POR: ANTONIO MARTÍN TEJADA ARIAS

PESO ESPECIFICO		
A = Peso material SSS	gr	850.00
B = Peso frasco con agua	gr	1314.40
C = Peso frasco con agua + (A)	gr	2164.40
D = Peso del frasco con agua y material	gr	1846.30
E = Volumen de masa + vol de vacio = (C-D)	cm3	318.10
F = Peso de material seco al horno	gr	831.80
PE (Base seca)	gr/cm3	2.61
PE (SSS)	gr/cm3	2.67
% de absorción		2.20

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO		
peso muestra + molde	kg	3.887
Peso molde	kg	0.770
peso muestra	kg	3.117
Volumen molde	m3	0.0019
Peso del agua que contiene el recipiente	kg	1.955
factor de corrección (f=1000/1.955)		511.510
Peso volumetrico suelto	kg/m3	1594.38

ANEXOS 02

REPRESENTACIÓN FOTOGRÁFICA



Arriba (Foto 01). Tamizado del suelo del caserío de Shultín, con el que fueron elaborados los prototipos del ladrillo alternativo.

Abajo (Foto 02). Elaboración de la máquina de compresión del ladrillo alternativo en el taller de soldadura.





Arriba (Foto 03). Suelo de la cantera, el cual fue utilizado para la elaboración de los prototipos.

Abajo (Foto 04). Trituración y tamizado del suelo por una malla con una abertura de 5 mm.

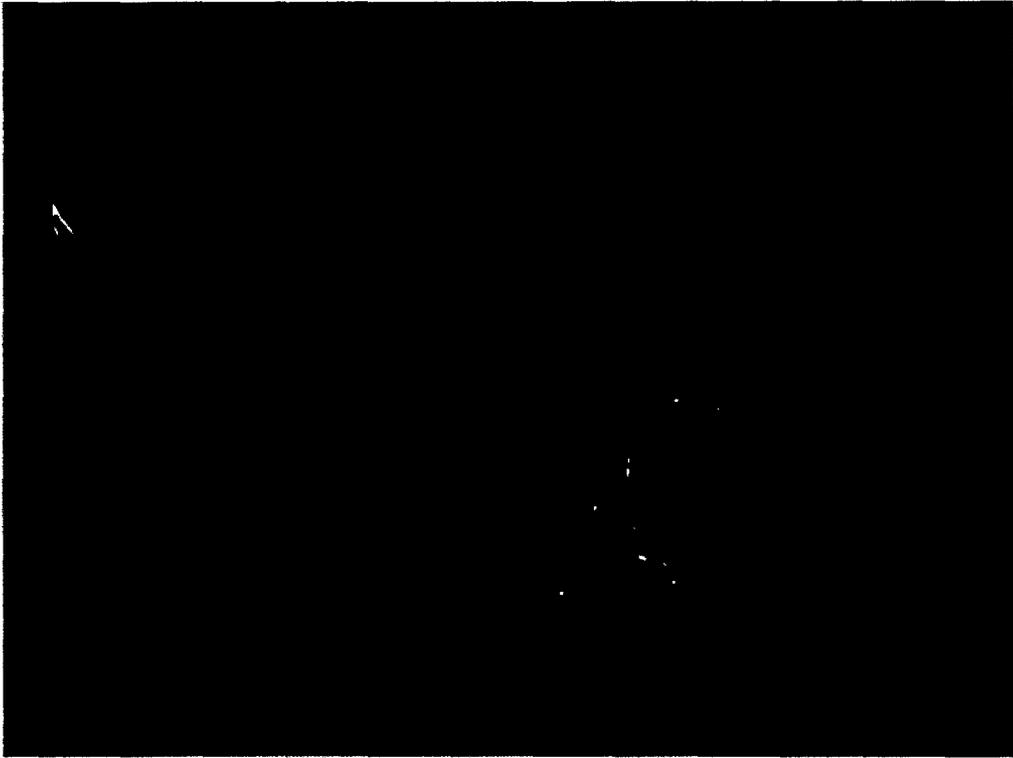




Arriba (Foto 05). Medida del suelo tamizado en volumen para la elaboración de los prototipos.

Abajo (Foto 06). Preparación de la mezcla suelo-cemento, agregando agua mediante una regadera.





Arriba (Foto 07). Llenado del depósito de la máquina para la compresión del ladrillo alternativo.

Abajo (Foto 08). Compresión de la mezcla húmeda de suelo-cemento mediante el uso de la máquina.





Arriba (Foto 09). Expulsión de la unidad compactada de suelo-cemento.

Abajo (Foto 10). Retirado de la unidad compactada de suelo-cemento de la máquina para su almacenamiento.

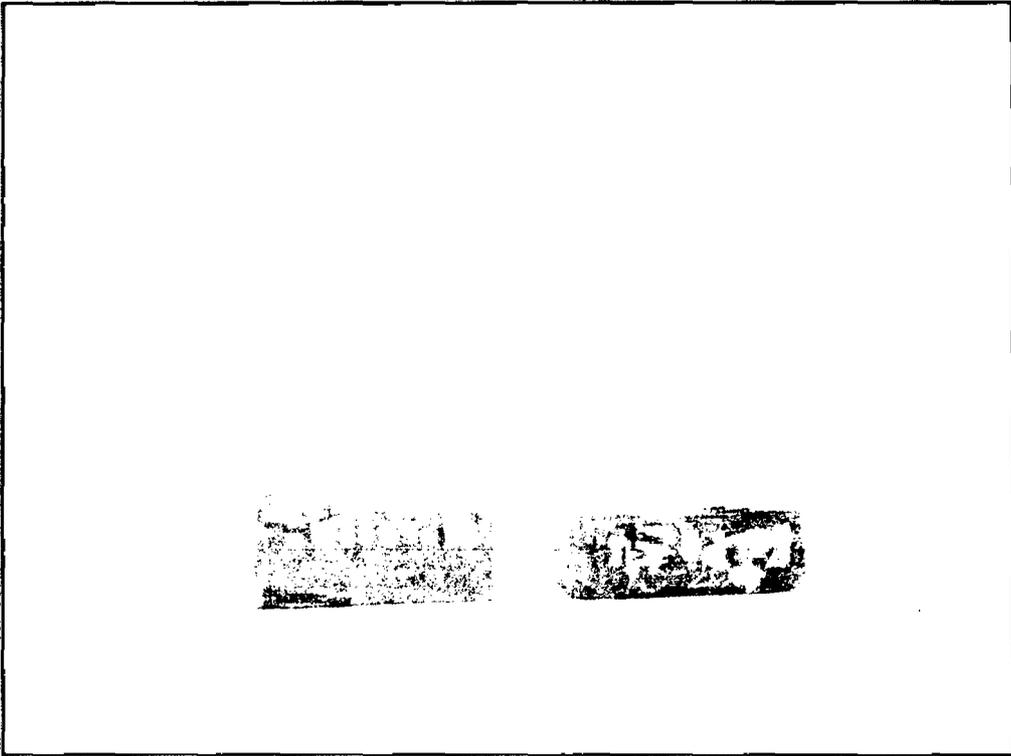




Arriba (Foto 11). Almacenamiento de las unidades frescas, para ser curadas (mojadas mediante una regadera)

Abajo (Foto 12). Almacenamiento e identificación de las unidades de los prototipos 1 y 2.





Arriba (Foto 13). Prototipos de la Etapa I (izquierda) y Etapa III (derecha), donde se observa el mejoramiento con respecto a la variación dimensional.

Abajo (Foto 14). Ensayo de las unidades en la Prensa de Compresión del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC.





Arriba (Foto 15). Unidad del prototipo 3 de la Etapa III después del ensayo a la compresión.

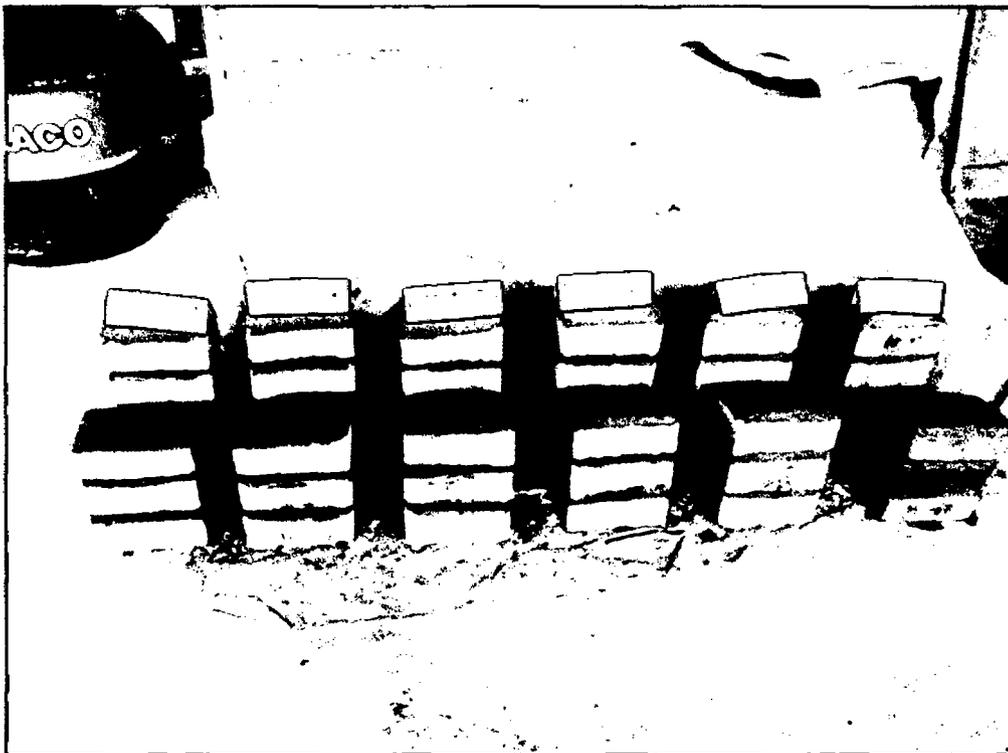
Abajo (Foto 16). Unidad del ladrillo artesanal después del ensayo a la compresión.

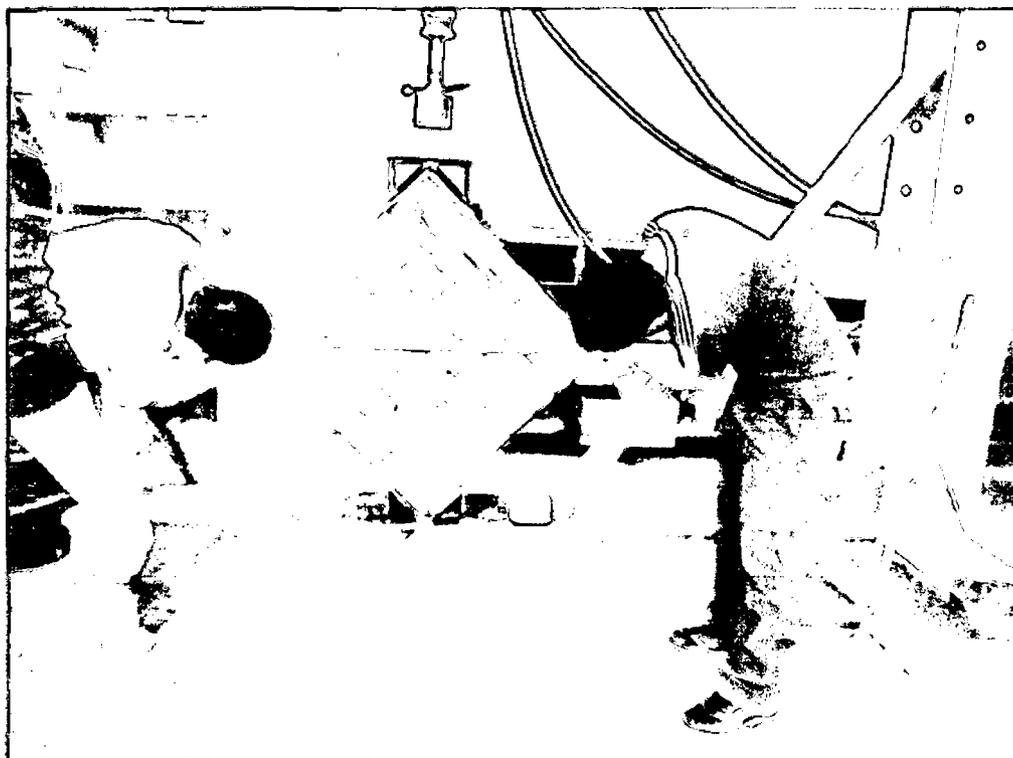




Arriba (Foto 17). Elaboración de los muretes con los prototipos del ladrillo alternativo de la Etapa I.

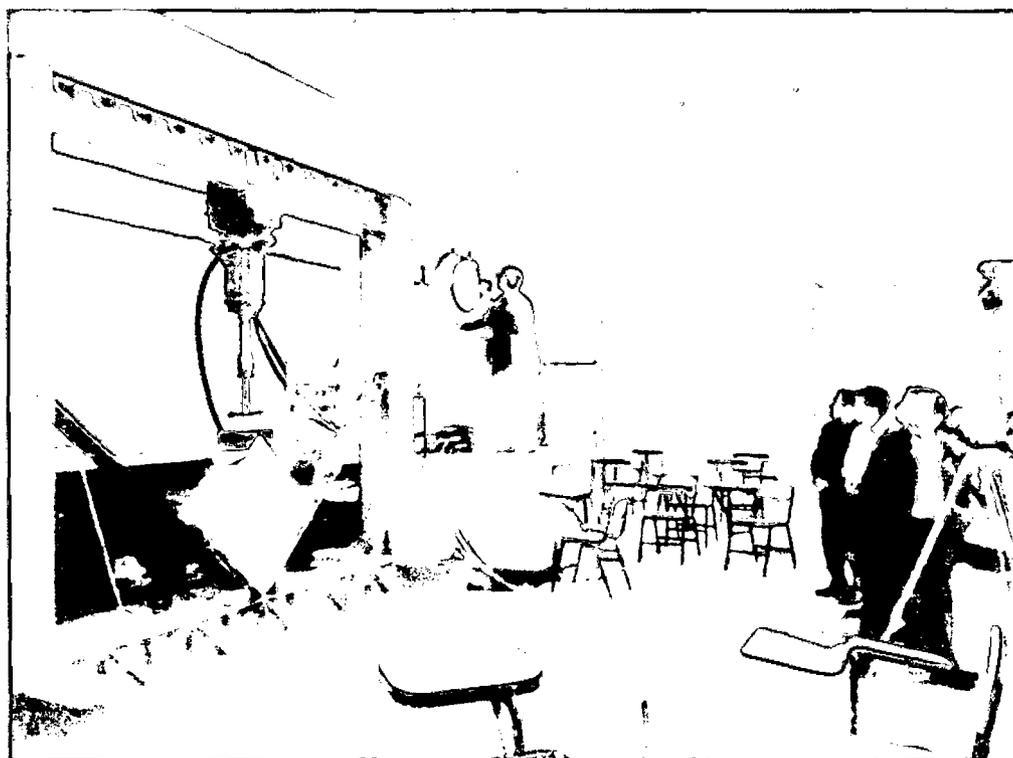
Abajo (Foto 18). Pilas de 2 y 3 filas con el ladrillo artesanal y prototipos del ladrillo alternativo de la Etapa I.





Arriba (Foto 19). Toma de medidas de los muretes antes de su ensayo en el Marco de Carga Vertical.

Abajo (Foto 20). Ensayo del murete del ladrillo artesanal, en el cual se midió la deformación mediante papel milimetrado y Nivel de Ingeniero.

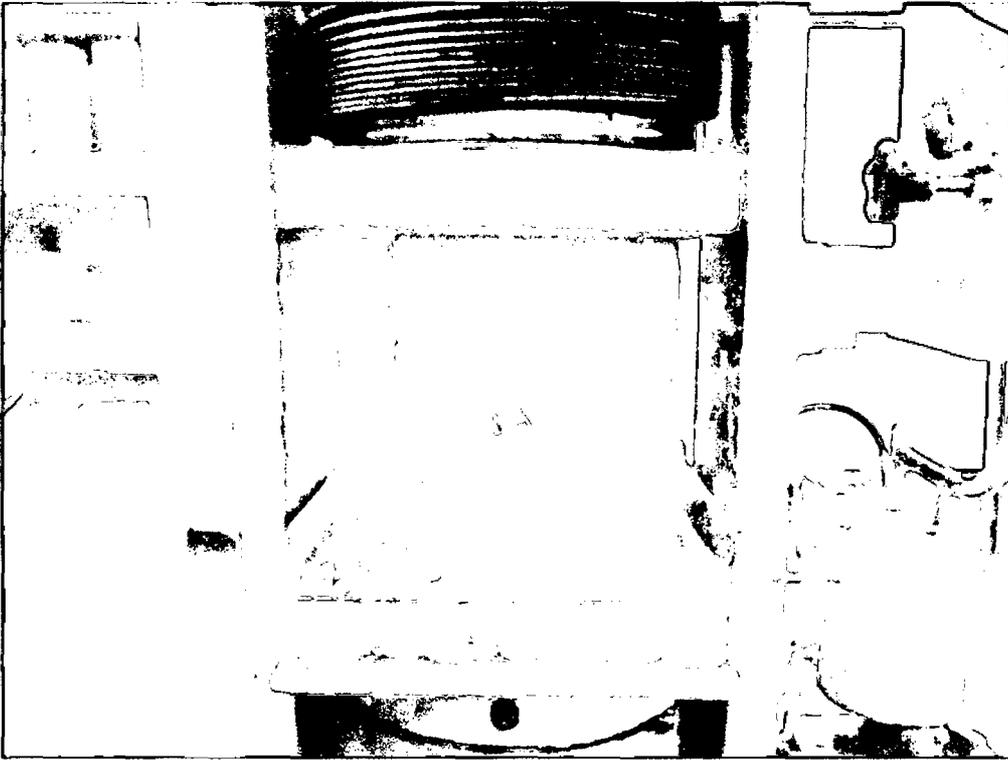




Arriba (Foto 21). Falla del murete elaborado con el prototipo 4 del ladrillo alternativo de suelo-cemento de la Etapa I.

Abajo (Foto 22). Falla en la pila del prototipo 3 del ladrillo alternativo de la Etapa I, luego de ser ensayado a la compresión axial.

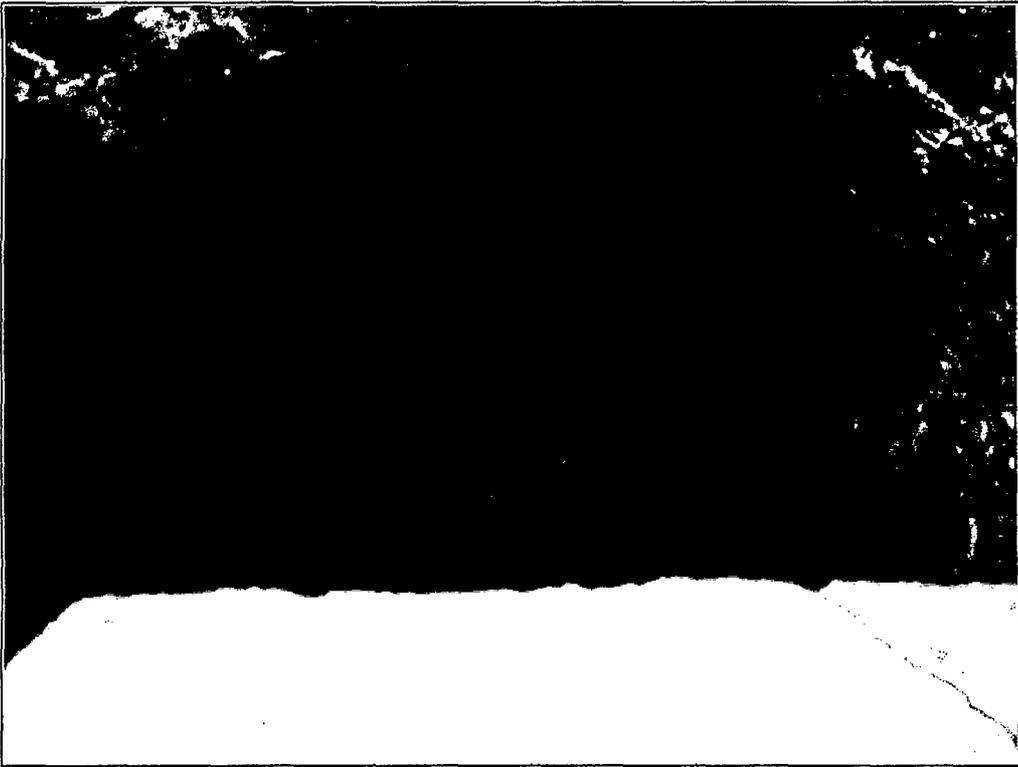




Arriba (Foto 23). Falla en la pila del ladrillo artesanal luego de ser ensayado a la compresión axial.

Abajo (Foto 24). Preparación para el quemado del ladrillo artesanal: apilado de las unidades en el horno, donde se puede apreciar el carbón mineral entre las capas de las unidades.





Arriba (Foto 25). Disposición de las briquetas (mezcla de carbón y suelo) dentro del horno, vistas desde el exterior de un boquero.

Abajo (Foto 26). Briquetas (mezcla de carbón y suelo) antes (izquierda, de color negro) y después (derecha, de colores blanco y marrón) de la cocción de los ladrillos artesanales.



ANEXOS 03

PLANOS

- Máquina de compresión para la elaboración del ladrillo alternativo.
- Ubicación de cantera de ladrillera en el caserío de Shultín.