



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA**

TESIS

**“ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLÁSTICO
Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE
CAJAMARCA 2016”**

AUTOR:

Bach. ELMER CICERON HUAMAN ABANTO

CAJAMARCA PERÚ

2016

A:

Dios por darme la vida, a mi madre, a mis hermanos, a mis hijos, a mi esposa y en especial a mi madre adorada que desde lejos siempre me guía para poder lograr todas mis metas trazadas.

Elmer

Agradecimiento

*De manera especial al Arq. Guillermo Lecca Vigil,
Ing. Luis Sánchez Alvarado por el asesoramiento
especial, a la Universidad Alas Peruanas Filial
Cajamarca por su compromiso con los alumnos,
en la formación de nuevos profesionales en el
ámbito nacional y local.*

El Autor

ÍNDICE

	Pág
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Índice de tablas	vii
índice de figuras	viii
Índice de planos	ix
Glosario de términos básicos	x
Glosario de siglas	xi
Resumen	xii
Abstrac	xiii
Introducción	xiv
Capítulo I: Planteamiento Metodológico	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Delimitación de la investigación.	3
1.2.1. Delimitación espacial	3
1.2.2. Delimitación social	3
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4 Delimitación conceptual	3
1.3. Problemas de investigación	3
1.3.1. Problema principal.	3
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos de investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4

1.5. Hipótesis y variables de investigación	4
1.5.1. Hipótesis general	4
1.5.2. Hipótesis secundarias	4
1.5.3. Variables (definición conceptual y operacional)	5
1.6. Metodología de la investigación	6
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	6
1.6.2. Método y diseño de investigación	6
1.6.3. Población y muestra de investigación	7
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	7
1.6.5. justificación importancia y limitaciones de la investigación	8
Capítulo II: Marco teórico	10
2.1. Antecedentes del problema de investigación	10
2.2. Bases teóricas	12
2.3. definición de términos básicos	30
Capítulo III: Presentación, análisis e interpretación de resultados	32
3.1. Proceso de elaboración de ladrillo ecológico	32
3.2. Procedimiento de elaboración de ladrillo ecológico	33
3.3. Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico	40
3.4. Análisis de tablas y gráficos	41
3.4.1. Prueba de variación dimensional	41
3.4.2. Prueba de absorción	44
3.4.3. Prueba de alabeo	45
3.4.4. Prueba de comprensión	47
3.4.5. Prueba de análisis térmico	48
3.5. Análisis económico	49
3.5.1 Prototipo de vivienda económica	50
3.5.2 Materia prima utilizada	52
3.5.3 Comparación de precios de fabricación	56

3.5.4 Comparación de costos entre ladrillo convencional king Kong y ladrillo ecológico.	57
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Fuentes de información	60
Anexos	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
Tabla 1. Prueba de variación dimensional Modelo 01	41
Tabla 2. Prueba de variación dimensional Modelo 02	42
Tabla 3. Prueba de variación dimensional Modelo 03	43
Tabla 4. Prueba de absorción Modelo 01	44
Tabla 5. Prueba de absorción Modelo 02	44
Tabla 6. Prueba de absorción Modelo 03	44
Tabla 7. Prueba de alabeo Modelo 01	45
Tabla 8. Prueba de alabeo Modelo 02	46
Tabla 9. Prueba de alabeo Modelo 03	46
Tabla 10. Prueba de comprensión Modelos 1,2 y3	47
Tabla 11. Prueba de análisis térmico Modelo 01	48
Tabla 12. Prueba de análisis térmico Modelo 02	48
Tabla 13. Prueba de análisis térmico Modelo 03	49
Tabla 14. Ventajas económicas del material	59
Tabla 15. Valor estimado de ladrillo modelo 01	53
Tabla 16. Valor estimado de ladrillo modelo 02	54
Tabla 17. Valor estimado de ladrillo modelo 03	55
Tabla 18. Comparación de precios modelo 01	56
Tabla 19. Comparación de precios modelo 02	56
Tabla 20. Comparación de precios modelo 03	56
Tabla 21. Comparación de costos para construcción de muro de (87.60 m ²) según prototipo modelo 01	57
Tabla 22. Comparación de costos para construcción de muro de (87.60 m ²) según prototipo modelo 02	57
Tabla 23. Comparación de costos para construcción de muro de (87.60 m ²) según prototipo modelo 03	57
Tabla 24. Matriz de consistencia	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
Figura 1. Medidas de molde ladrillo ecológico (Dimensiones en centímetros)	34
Figura 2. Prototipo de ladrillo ecológico	34
Figura 3. Molde propuesta ladrillo ecológico	35
Figura 4. Picado de plástico PET	35
Figura 5. Plástico picado	36
Figura 6. Papel picado	36
Figura 7. Arena gruesa	37
Figura 8. Cemento marca Pacasmayo Extra Forte	37
Figura 9. Dosificando mezclas	38
Figura 10. Vertiendo las mezclas en los moldes	39
Figura 11. Presentación de las muestras	39
Figura 12. Ladrillos ecológicos después del proceso de secado	40
Figura 13. Diagrama de proceso de elaboración de ladrillo ecológico	40

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO	Pág.
Plano 1. Prototipo de vivienda económica (Plano de Distribución)	50
Plano 2. Vistas de prototipo de vivienda económica	51

GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

Reciclaje: transformación de residuos en nuevos productos, ya sea para el uso originario o bien para otro. Significa reintroducir un desecho al ciclo de consumo.

Plásticos PET: Polietileno de tereftalato, utilizado para botellas de gaseosas, aceites, medicinas, etc.

Ladrillo Ecológico: Ladrillos contruidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales.

Auto Construcción: En el campo de la arquitectura se indican las estrategias dirigidas a sustituir con operadores aficionados las empresas artesanales o industriales que, en una estructura productiva desarrollada, se ocupan normalmente de realizar los edificios para futuros usuarios.

Materiales de Construcción Alternativos: lo constituyen los materiales de construcción que no poseen procesos tradicionales de fabricación, por lo cual se obtendrá un material diferente a los convencionales, siendo poseedor de otras características ausentes en los materiales tradicionales.

Tecnología Alternativa: Tecnología diseñada en función de las necesidades reales del hombre y en acuerdo con la naturaleza. Se denomina también “tecnología suave, intermedia, apropiada, o de bajo impacto ambiental” .Se basa en la reducción del consumo energético, el máximo empleo de materiales locales, la minimización de factores derivados del transportes, etc.

Desarrollo Sostenible: término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

GLOSARIO DE SIGLAS

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

NTP: Norma técnica Peruana

MPA: Mega Pascal

PET: Polietileno Tereftalato

PEAD: Polietileno de alta Densidad

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

OCD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

ODS: Organización para el Desarrollo Sostenible

FEDIT: Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología.

CEVE: Centro Experimental de la Vivienda Económica

RESUMEN

La presente tesis permite elaborar ladrillos ecológicos con arena, plástico y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca, donde se identificó que Los ladrillos ecológicos elaborados con materiales como plástico y papel reciclado son de tipo IV y V según la norma técnica peruana, E-070 del RNE la cual corrobora el uso para diferentes edificaciones por su buena resistencia y condiciones físicas identificadas en el presente estudio.

Palabras claves: reciclaje, reutilización, ladrillo ecológico

ABSTRAC

his thesis can develop ecological bricks with sand , plastic and recycled paper, as an alternative for housing construction in the District of Cajamarca, where it was identified that Ecological bricks made from materials such as plastic and recycled paper are of type IV and V as Peruvian technical standard, E - 070 RNE which corroborates the use for different buildings because of its good resistance and physical conditions identified in this study.

Identified in this study. Keywords : recycling, reuse, ecological brick

INTRODUCCIÓN

La presente tesis está directamente enfocada en la elaboración de ladrillos ecológico donde adopta los puntos más importantes de la proyección de la arquitectura sustentable, la cual es reducir, reutilizar y reciclar materiales alternativos, tratando de reemplazar aquellos que utilizan energías fósiles por energías renovables.

La pregunta específica ¿ Que porcentajes de plástico, papel, arena, cemento y agua serán idóneos para elaboración de ladrillos ecológicos?

El objetivo de esta tesis es elaborar ladrillos ecológicos con materiales como plástico, papel reciclado, arena, cemento y agua que servirá como una alternativa para construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca.

La investigación se Justifica porque con la reutilización de los materiales reciclados como plástico y papel reciclado conseguiremos obtener materia prima para elaborar ladrillos ecológicos construidos con arena, cemento, plástico y papel reciclado la cual servirá como una alternativa para la construcción de las futuras viviendas del Distrito de Cajamarca.

La presente tesis consta de tres capítulos: Primer Capítulo; contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación espacial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis general, hipótesis secundarias, variables, tipo de investigación, método, diseño de la investigación, población, muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos, justificación, importancia, limitaciones de la investigación. Segundo Capítulo; incluye antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos. Tercer Capítulo; proceso de elaboración de ladrillo ecológico, procedimiento de ladrillos ecológicos, diagrama de proceso

de elaboración de ladrillo ecológico, análisis de tablas, gráficos, prueba de variación dimensional , prueba de absorción de agua, prueba de alabeo , prueba de comprensión, prueba de análisis térmico, conclusiones, recomendaciones, fuentes de información.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los EE. UU, la evolución de los residuos plásticos no formaban parte de los RSU, mientras que en la actualidad representan el 9,9 por ciento. Durante 1960, este mismo período la generación total de RSU creció desde 88 millones de toneladas por año, 491 kg/habitante/año, mientras el componente de plásticos se incrementaba desde 2,2 kg/habitante/año) a 76 kg/habitante/año). En 40 años, el peso total de los residuos plásticos se multiplicó por 55 de la generación de residuos plásticos. En 2002, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estimó que los residuos plásticos representan el 8 por ciento de la masa – pero el 20 por ciento del volumen de los RSU de Europa Occidental. (Jean Pierre Hannequart, 2000).

Si miramos nuestro planeta, lo que produce y lo que consumimos, vemos que la cuenta no da para que sigamos haciendo oídos sordos y usando recursos indiscriminadamente. La industria de la construcción es la que produce un impacto mayor en el ambiente y sus recursos. La construcción sustentable lo que plantea es volver a construir con lo que tenemos a cortas distancias, sin invadir zonas sin desarrollo previo, sin utilizar energías no renovables, disminuyendo los consumos exagerados y tratando de reutilizar materiales. Es como se debería construir siempre, en definitiva (Agustina Galli, 2013)

En un solo día, los cerca de diez millones de limeños generan más de 8,000 toneladas de residuos sólidos. Al mes esta cifra se convierte en más de 240,000 y al año en cerca de tres millones de toneladas de basura, informó la Organización para el Desarrollo Sostenible (ODS).

El director de esa entidad, Leandro Sandoval, precisó que, al día, un limeño produce 0.8 kilogramos de desperdicios. Ante estas cantidades, lamentó que solo el 1% de los desechos sean reciclados por los 43 municipios distritales.

Explicó que ello se debe a lo poco que invierten las comunas para segregar los residuos sólidos, “En Lima, el 70% de los vecinos no paga por el servicio de recojo de basura”, manifestó.

Además, el experto aseguró que el 80% de la basura que generan los limeños es arrojada en los cuatro rellenos sanitarios que existen en la capital. “El 20% restante va a los basurales en las afueras de la ciudad y a los ríos Rímac, Chillón y Lurín, cuyo destino final es el mar”, expresó. (ODS, 2016)

Según un estudio realizado por la Municipalidad Provincial de Cajamarca en el año 2008 La demanda actual de recolección y transporte es 221,82 Ton/día, haciendo un total de 80,782.24 toneladas/año. La demanda del servicio de barrido de 485,61 kilómetros lineales (en el turno diurno la cobertura es 319,61 kilómetros lineales/día; y en el horario nocturno la cobertura llega a 166 kilómetros lineales/día). Asimismo la cantidad de residuos sólidos originados por la prestación del servicio de Barrido en el distrito de Cajamarca es de aproximadamente de 48,56 ton/día. Para la proyección de la composición de los residuos sólidos se considera que materia orgánica es 56,18% y residuos reaprovechables como papel, cartón, plástico, vidrio y metales, 17,19%. La demanda sin

programa de recolección selectiva de residuos sólidos y aprovechamiento de residuos orgánicos en el año 2008 es 80964,74 toneladas al año. En términos cuantitativos, el déficit actual de barrido es 20790,77 ton/año, el déficit de recolección y transporte es 33492,47 ton/año, el déficit de recuperación es 18816,07 en material orgánico y 2685,96 ton/año en material inorgánico, de tratamiento es 100% y de disposición final es 100% (Pigars, 2014).

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El trabajo de investigación se realizará en el Distrito de Cajamarca.

1.2.2. Delimitación social

El trabajo de investigación será una alternativa de uso para la construcción de vivienda económica para el Distrito de Cajamarca.

1.2.3. Delimitación temporal

El trabajo de investigación inició el 20 de junio de 2015 y finalizó el 10 de marzo del 2016.

1.2.4. Delimitación conceptual

Esta investigación está basada en un nuevo diseño de eco ladrillo, construido a base de plástico y papel reciclado el cual será evaluado su resistencia, densidad y humedad según Norma E-070 RNE y la NTP 331.017

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo se elaboran los ladrillos ecológicos con plástico y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca 2016?

1.3.2. Problemas secundarios

¿Qué porcentaje de cemento, arena, plásticos y papel reciclado se utiliza para la elaboración de ladrillos ecológicos?

¿Cuál es la calidad de los ladrillos ecológicos comparados con las Normas Técnicas Peruanas E-070 y 331.017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Elaborar ladrillos ecológicos con arena, plástico y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca 2016.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar los porcentajes de cemento, arena, plástico y papel reciclado que se utiliza en la elaboración de los ladrillos ecológicos
2. Comparar la Norma Técnica Peruana E-070 y 331.017, con los resultados obtenidos de calidad de los ladrillos ecológicos

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La elaboración de ladrillos ecológicos con plástico y papel reciclado, es una alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- Existen porcentajes óptimos de cemento, arena, plástico y papel reciclado en la elaboración de ladrillos ecológicos.

- Los ladrillos ecológicos con cemento, arena, plástico y papel reciclado cumplen con los parámetros de las Normas Técnicas Peruanas E-070 y 331.017

1.5.3. Variables (definición conceptual y operacional)

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensión	Indicador	Ítems
Variable dependiente Plástico Papel Arena Cemento Agua	Los ladrillos ecológicos son ladrillos contruidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales. (ecolife 2009)	Porcentaje de materiales usados en la elaboración de ladrillos ecológicos. Comparación de los ladrillos ecológicos con la Norma Técnica Peruana	Cantidad de plástico. Cantidad de papel. Cantidad de cemento. Cantidad arena Cantidad de agua.	¿Qué porcentaje de arena, plástico y papel reciclado requiero para la elaboración de ladrillos ecológicos? ¿Cuáles son los resultados de los ladrillos ecológicos comparados con la Normas Técnicas Peruana?
Variable independiente Alternativa para la construcción de viviendas	Para considerarlo como alternativa se tendrá que verificar la calidad de cada unidad de albañilería obtenida	Calidad de los ladrillos ecológicos	Resistencia a la compresión Nivel de absorción Peso estándar Resistencia a la tracción.	¿Cuál es el nivel de resistencia a la compresión de la unidad de albañilería? ¿Cuánto es el nivel de absorción de agua la unidad de albañilería? ¿Cuánto es la resistencia a la tracción requerida?

Fuente: Elaboración propia -2016

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1 Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

La investigación tiene un enfoque mixto ya que se combinan dos enfoques, pero eminentemente cuantitativo porque el análisis surge de los datos, esta teoría orienta la observación, al analizar el material obtendríamos los datos, la realidad es fraccionada en variables e indicadores, el análisis es el objetivo de la investigación y surge de la medición de variables. La otra parte del enfoque será cualitativo porque se abordará los aportes formales que da el material y fundamentalmente el aporte al desarrollo e innovación a las tecnologías alternativas. La investigación cuantitativa trabaja sobre la observación, medición.

b) Nivel de investigación

Descriptiva Explicativa

1.6.2 Método y diseño de la investigación

a) Método de investigación

Método Descriptivo: Se utiliza este método ya que el material será sometido a distintas pruebas de laboratorio, arrojará resultados que irán describiendo el proceso y generando conclusiones. Este método comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo el material se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación adecuada.

b) Diseño de investigación

Se realizó un proyecto de investigación de tipo experimental. Según Tamayo (1995: 56) “se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porqué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas”.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

1 lote de 100 unidades de ladrillos ecológicos

b) Muestra

10 unidades de ladrillos ecológicos muestra identificada según Norma Técnica Peruana E-070

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

Según normas técnicas peruanas y fichas técnicas
- E-070
- NTP 331.017

b) Instrumentos

Para realizar los ensayos del presente proyecto de investigación se diseñaron formatos como instrumentos de registro, la mayoría de ellos basados en los parámetros establecidos por la Norma

Técnica Peruana E-070, similares utilizados por Molina, Vizcaino y Ramírez estos son presentados a continuación:

- Formato para el ensayo de uniformidad dimensional y Determinación de la masa. (*Anexo 2*)
- Formato para el ensayo de peso unitario y absorción de agua. (*Anexo3*)
- Formato para el ensayo de resistencia a la compresión. (*Anexo 4*)
- Formato para el ensayo de análisis térmico. (*Anexo 5*)

1.6.5 Justificación, importancia y limitaciones de investigación.

a) Justificación

Porque con la reutilización de los materiales reciclados como plástico y papel reciclado conseguiremos obtener materia prima para elaborar ladrillos ecológicos contruidos con arena, cemento, plástico y papel reciclado la cual servirá como una alternativa ecológica para las futuras viviendas del Distrito de Cajamarca.

Para que así podamos minimizar los impactos ambientales y a la vez reducir los residuos sólidos como plástico y papel reciclado generados por la población del Distrito de Cajamarca.

La propuesta esta dirigida para el Distrito de Cajamarca ya que se cuenta con un Municipio que tiene el área PIGARS , los cuales se dedican a la recolección y selección de los residuos sólidos como plástico y papel la que servirá como una fuente de abastecimiento para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

b) Importancia

La importancia de la presente propuesta es que se obtendrá ladrillos ecológicos elaborados con plástico, papel arena y cemento, que nos ayudara a reducir cantidad de residuos sólidos que generan el Distrito de Cajamarca y por consiguiente también se reduciría significativamente la contaminación ambiental de la ciudad y darle un valor agregado a los plásticos y papel en desuso.

c) Limitaciones

No existen viviendas construidas de ladrillos ecológicos para poder ser investigadas para la siguiente tesis

No existen ladrillos ecológicos elaborados con arena plástico papel reciclado en el Distrito de Cajamarca

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.

En el estudio del comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzados y construidos con ladrillos ecológicos prensados desarrollado en el año 2014 por Rojas J y Vidal R algunos de sus objetivos de su investigación fue corroborar la calidad de los ladrillos ecológicos tomando como referencia la Norma Técnicas Peruanas donde se obtuvo como resultado ladrillos ecológicos resistentes producto de una mezcla conformada por tierra arcillosa (65%), cemento (20%), arena fina (10%) y agua (5%) valores superiores a la resistencia mínima exigida por la Norma de adobe E.080 ($12\text{Kg}/\text{cm}^2$) siendo equivalente a la resistencia característica a compresión de los ladrillos clase III ($95\text{ kg}/\text{cm}^2$) de la Norma de Albañilería E.070 (Rojas J y Vidal R, 2014).

Según el estudio de las Características físico – mecánicas de los ladrillos elaborados con plástico reciclados en el municipio de Acacias (Meta) de la Universidad de La Salle – Bogotá – Colombia en el año 2007 por Molina S., Vizcaino A. y Ramírez F. obtuvieron como resultado de sus pruebas de calidad que una mezcla de 70% de PET y 30% de PEAD podrían obtener un ladrillo liviano por el peso específico de la materia prima y a su vez por su alto contenido de PET un material combustible de muy baja propagación y buen aislante térmico. Ese ladrillo al ser sometido al ensayo de alabeo el ladrillo de plástico reciclado presento caras uniformes lo que lo hace de fácil instalación y acoplamiento; y en su ortogonalidad presentó una desviación de 0.8 mm adicional a ello el ladrillo en estudio tiene muy bajo porcentaje de absorción de agua en promedio de 0.29%, al ser sometido a fuerzas de flexión el ladrillo se rompe a un ángulo de 45° aproximadamente soportando una presión promedio de 831. 312, 88 Pa lo que hace al ladrillo altamente resistente a la rotura y un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de $212,6\text{ Kg}/\text{cm}^2$ y

verticalmente 239 Kgf/cm² y se clasifica como un material frágil según su análisis de esfuerzo y deformación (Molina S., Vizcaino A. y Ramírez F. 2007).

Por otro lado según el estudio Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción, elaborado en Chile en el año 2008 por Gaggino R, considera apropiada partiendo de dicho termino definido por Ronald Sutz el cual Menciona lo siguiente: “Una tecnología constructiva se considera apropiada si no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos menos contaminación, es climáticamente aceptable, segura frente inclemencias del tiempo y peligros naturales, emplea fuerza laboral local tanto para la producción como para el mantenimiento y reparación, resulta socialmente aceptable, usa materiales locales (abundantes, renovables, disponibles, de poco peso y fácil manipulación, durables y de calidad), es socialmente aceptable, evita herramientas y equipos de alto costo, requiere baja especialización, fácil aprendizaje y tiene escasa incidencia sobre el medio” (Gaggino R, 2008).

Según el estudio Ladrillos Ecológico como Material Sostenible para la construcción, desarrollado en el año 2011 elaborado por Cabo M, elaboro un ladrillo ecológico denominado ecoladrillo de tipo puzolánico sin cocción elaborado con un suelo arcilloso, marga gris, 5% de cal hidráulica natural, 8% de cenizas de cascara de arroz residuos de la industria de la biomasa, y un 5% de cascarillas de arroz sub producto de la cosecha del mismo obteniendo como resultado óptimas características mecánicas con alta resistencia a la compresión, y a inmersión en agua, y excelente durabilidad a temperaturas extremas (Cabo M, 2011).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Los Ladrillos Ecológicos

Cada año, unos 45 millones de toneladas de ceniza procedentes de las centrales térmicas de carbón acaban en la basura. ¿Y si transformamos estos desechos en ladrillos evitando su impacto ambiental? Esta fue la idea del ingeniero civil ya jubilado Henry Liu, en elaborar ladrillos ecológicos mientras trabajaba en 1999 en una de estas centrales térmicas de donde unos 45 millones de toneladas de ceniza acababan en la basura cada año. Y así surgió, con el fin de evitar el impacto ambiental de estos desechos. Por esta buena idea, Liu ha recibido el apoyo de la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF) de Estados Unidos y en 2007 logró el premio de los mejores inventos del año de la revista Popular Science.

Entre sus ventajas frente a los ladrillos convencionales, además de su capacidad de valorización de las cenizas, se encuentran sus propiedades: son más ligeros y consumen menos energía al necesitar tan sólo una temperatura de cocción de 60° C (los ladrillos normales requieren hornos que alcancen unos 900° C). Además, son capaces incluso de absorber del aire pequeñas cantidades del tóxico metal de mercurio.

Iniciativas similares pretenden recuperar otro tipo de residuos como materia prima de ladrillos. El proyecto Sandplast, financiado por el programa Eureka de la Unión Europea (UE), ha reunido a varias empresas y centros tecnológicos de España, Letonia y Lituania para producir materiales de construcción de hormigón sin cemento a partir de residuos poliméricos (plásticos como botellas de plástico o envases de yogur) y rellenos inertes.

Estos ladrillos de "hormigón polimérico" tienen el mismo aspecto que los normales de cemento, pero absorben menos agua, por

lo que resisten muy bien las variaciones de temperatura. Sus responsables creen que cuando mejoren su proceso de fabricación serán más económicos que los ladrillos comunes. Por el momento, han utilizado este material para crear pavés de acera y un tipo de hormigón ligero.

Por su parte, el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Argentina también ha utilizado el plástico usado, e incluso cáscaras de cacahuete, mezclado con cemento, para elaborar ladrillos y paneles. Según sus impulsores, estos ladrillos presentan una serie de ventajas: son más baratos, resistentes, aislantes y ligeros que los convencionales; no requieren grandes instalaciones; se pueden serrar y clavar con facilidad; y son más ecológicos al ahorrar energía y reciclar materiales.

Algunos investigadores tratan de que estos ladrillos, además de ecológicos, tengan alguna propiedad útil. Por ejemplo, del proyecto "Agua Cero: como sacar agua de las piedras", impulsado por la Federación Española de Centros Tecnológicos (FEDIT), ha surgido la idea de crear unos ladrillos cuyo material sea capaz de absorber la humedad del ambiente, de manera que mediante un sistema de canalización en las fachadas aprovecharía el agua resultante para sus inquilinos. En el proyecto participan diez centros del FEDIT, y ha ganado el primer premio (10.000 euros) de esta federación.

Otras iniciativas parten de materiales naturales, más tradicionales, que asumen los principios ecológicos y deconstrucción bioclimática, y que se han utilizado ya en diversas casas en España. Por ejemplo, en Guadix (Granada), la empresa Cannabric fabrica de forma artesanal ladrillos de cáñamo, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales, además de tierra de las cuevas de la zona.

Por otro lado también la empresa mexicana Ecotec fabrica ladrillos ecológicos elaborados con un 20% de material reciclado (aserrín) y cemento.

En la actualidad, Liu preside la empresa Freight Pipeline, que trata de que sus ladrillos ecológicos, a los que ha llamado "Fly-Ash Brick", se extiendan por todo el mundo.

Ladrillo ecológico. Ladrillos construidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es inocua.

Los ladrillos ecológicos tienen cualidades similares a los tradicionalmente utilizados para la construcción de las casas. Por tanto, su uso no se deriva en pérdida de calidad puesto que, como la mayoría de productos ecológicos, sufren más pruebas de su viabilidad que los tradicionales. La bioconstrucción no está en absoluto reñida con una casa confortable, bonita y segura.

Para permitir comparar el nivel de calidad donde prima la resistencia mecánica, aislamiento termo acústico y las normas de absorción de humedad de los ladrillos ecológicos podríamos mencionar la experiencia del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) organización Argentina sin fines de lucro dedicada a la investigación el cual ha de fabricar ladrillos ecológicos elaborados de envoltorios de todo tipo de botellas de plástico o cáscara de maní donde obtuvieron los siguientes resultados:

1.- Resistencia mecánica soportando cargas con valores medios de 210 kg./cm².; el ladrillo común alcanza sólo el 42 % de la misma dado que resiste entre 60 y 90 kg por centímetro cuadrado.

2.- El aislamiento termo acústica expresada como resistencia térmica, fue de 0,35 para un espesor de pared de 15 cm. con revoque y 0,29 en un espesor de 12 cm. sin revoque, mejorando ostensiblemente la prestación en este ítem al ladrillo común, tomando como base una pared de 15 cm. cuyo valor es de sólo 0,18 con revoque.

3.- Las normas vigentes de absorción de humedad en Argentina requieren una absorción menor del 10% en volumen por metro cúbico, en pared. En pruebas similares de laboratorio, el ladrillo ecológico absorbió en volumen el 7,4% de agua, en tanto que el ladrillo común el 30%.

4.- El peso del ladrillo ecológico en mención, es más liviano que el común, para el mismo volumen. Ello facilita su manipuleo tanto en obra como en la fábrica, obteniéndose un producto de textura similar al ladrillo común. Estas similitudes con el ladrillo común, no requieren especializaciones por parte de los operarios de la construcción.

2.2.2. Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales.

Las Normas Peruanas clasifican las unidades de acuerdo al área de orificios y su resistencia a la compresión. En relación al área de orificios las Normas limitan su uso basadas en su comportamiento frente a la rotura. En relación a su resistencia a la compresión se da de acuerdo a las condiciones de intemperismo y de servicio, es decir a las condiciones en que se encontrarán las unidades de albañilería que conformarán la estructura.

De acuerdo al área de orificios

Independientemente del material, las unidades de albañilería se clasifican en base a los orificios perpendiculares o paralelos a la cara de asiento que puedan tener las unidades.

Dado que el criterio para esta clasificación es el comportamiento en la falla, se ha observado que cuando los orificios son paralelos a la cara de asiento, la falla siempre será frágil, mientras que cuando los orificios son perpendiculares, dependerá del área de estos orificios en relación al área de la unidad. Cuando las unidades tienen un volumen de vacíos muy pequeño, la falla sigue siendo dúctil. El riesgo de una falla frágil se incrementa cuando el volumen de los orificios excede un determinado valor.

A.1. Unidades sólidas o macizas

De acuerdo a la norma E-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería sólida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería sólida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 75% del área bruta en el mismo plano. Se utilizan para construir muros portantes y no portantes y en el análisis estructural no se consideran los orificios.

A.2. Unidades huecas o perforadas

De acuerdo a la norma E-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección

transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 75% del área bruta en el mismo plano.

A.3. Unidades alveolares

De acuerdo a la norma E-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería alveolar, a la unidad sólida o hueca con alveolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados.

Se utilizan solamente para la construcción de muros no portantes; pero si son rellenos los orificios con concreto pueden ser utilizados para la construcción de muros portantes.

A.4. Unidades tubulares

La normativa peruana, tanto la norma E-070 del RNE como la NTP 331.017 coinciden en denominar a la unidad de albañilería tubular o pandereta, a la unidad con huecos paralelos a la superficie de asiento.

Se utilizan para la construcción de muros no portantes, tales como muros divisorios, los cuales no cumplen ninguna función portante. El ladrillo pandereta no cubre los requisitos normativos nacionales para su uso en muros portantes, tiene una elevada porción de vacíos y sus dimensiones externas e internas son ligeramente menores que los de un ladrillo macizo o sus similares para muros portantes.

Se debe limitar su uso para edificaciones de hasta dos pisos, debido a que se presenta una diferencia apreciable en la base de un muro pandereta y sobre todo en las demandas de distorsión máxima en comparación a la distorsión máxima admisible. Incluso para estas edificaciones, la densidad de muros debería de ser alta para conseguir un comportamiento adecuado frente a un evento sísmico (Abanto, 2006).

B. De acuerdo a su resistencia y durabilidad

La clasificación de las unidades de albañilería que se usa en el Perú tiene como principal criterio, su aplicación. Las bases de la clasificación son las propiedades estructurales y de durabilidad.

B.1. De acuerdo a la NTP 331.017

Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en MPa. Se tienen 4 tipos, tal como sigue:

Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frío y a la penetración de la humedad.

Tipo 21: Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

B.2. De acuerdo a la norma E-070 del RNE

Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variabilidad dimensional, la absorción, alabeo y porcentaje de vacíos. Según esto, se proponen 5 tipos denominados con números romanos, siendo el tipo I el de menor calidad y capacidad resistente.

Aunque la norma establece unos valores mínimos y máximos en cada uno de los parámetros considerados, no da mayor explicación sobre sus aplicaciones. Al respecto, San Bartolomé (1994) ofrece una descripción práctica sobre las aplicaciones de cada una de las categorías mencionadas, que se transcribe a continuación (San Bartolomé, 1994).

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

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

Tipo III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para ser usados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

Tipo IV: Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio moderado.

Pueden estar sujetos a condiciones de servicio moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Tipo V: Estos ladrillos son de muy alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio riguroso, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

B.3. Relación entre la NTP 331.017 y la norma E-070 del RNE

La NTP 331.017 se centra en aquellas unidades con menor variabilidad dimensional y esto de por sí, supone una mejor calidad de producción. Gracias a ello, puede establecerse como criterio diferenciador entre ambas normas la resistencia a la compresión. Además, la NTP 331.017 no especifica valores límite para alabeo, pues en unidades con variabilidad dimensional baja las posibilidades de que el alabeo sea significativo es muy bajo.

El tipo de unidad comercializada en la ciudad de Piura corresponde al ladrillo tipo III según la norma E-070 del RNE y al ladrillo tipo 14 según la NTP 331.017.

Si bien, en ninguna de las dos normativas se especifica el modo de producción (artesanal o industrial) sí se puede observar que la NTP 331.017 exige para todos los ladrillos una variación dimensional menor que la norma E-070 del RNE. Para lograr estos valores, la producción debe ser industrial desde el moldeo hasta la cocción, incluyendo la selección de materias primas, pues la composición mineralógica de sus componentes es decisiva para provocar cambios dimensionales severos en las unidades. Con este supuesto, se entiende también que no se especifique un control del alabeo de las unidades. Provocar cambios dimensionales severos en las unidades. Con este

supuesto, se entiende también que no se especifique un control del alabeo de las unidades.

El detalle de las especificaciones técnicas de la norma E-070 del RNE y la NTP 331.017 se detalla en la siguiente tabla 1 anexada (anexo 10).

2.2.3. Requisitos de calidad de las unidades de albañilería según normativa peruana.

Resistencia mecánica del muro

1. Resistencia a la compresión ($f'b$)

La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería ($f'm$). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia a la compresión depende de la naturaleza del material y del contenido regulado de elementos desgrasantes, como una cantidad prudencial de cal y cuarzo contenidos en la arcilla (Tola, 1963).

La resistencia a compresión de cada unidad (fb) se calcula como la carga máxima o de rotura entre el área bruta de espécimen. Finalmente la resistencia característica ($f'b$) se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio. (ARAOZ, 2012)

$$fb = \frac{P}{A} \quad \Rightarrow \quad f'b = \bar{fb} - \sigma$$

$f'c$	=	Resistencia característica
P	=	Carga máxima o de rotura
A	=	Área bruta del espécimen
σ	=	Desviación estándar

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no sólo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Consecuentemente, los valores obtenidos son sólo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentada con mortero y/o llenas con concreto líquido. Asimismo, su durabilidad debe ser juzgada acompañando al resultado del ensayo de compresión valores de la absorción máxima y del coeficiente de saturación (San Bartolomé, 1994).

2. Resistencia a la tracción

Se evalúa en relación al alabeo debido a que la resistencia a la tracción es una medida de la resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión.

Al igual que la resistencia a la compresión, sólo constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando exista la incertidumbre de utilizar una unidad tipo IV o V, o cuando se tenga un alto alabeo que puede inducir a la unidad a una falla de tracción por flexión (Gallegos, 1991).

Dicha incertidumbre se da cuando se requiere condiciones de servicio riguroso o moderado, donde se requiere alta resistencia a la compresión, resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

En un muro sometido a compresión, la falla ocurre por tracción transversal de la unidad de la albañilería, mientras ella se encuentre en una situación de cargas triaxiales. Por ello es importante evaluarla, especialmente en la fabricación de muros portantes bajo condiciones de servicio riguroso o moderado, por lo que se recomienda el uso de unidades de tipo IV o V (Gallegos, 1991).

3. Variabilidad dimensional

Aunque es una propiedad física, influye en el comportamiento resistente del muro. Por lo que a mayor variación dimensional, mayor espesor de la junta y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión y la fuerza cortante del muro de albañilería.

Las dimensiones de la unidad, según la norma E-070 del RNE, se expresan como: largo x ancho x altura, en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales comerciales usualmente incluyen 1cm de junta.

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Gallegos, 1991).

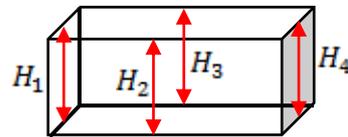
La prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales – adicionales al mínimo requerido de 10mm -, la resistencia a compresión de albañilería disminuye en

15%; esto también produce disminución en la resistencia al corte (Gallegos, 1991).

Se puede concluir entonces que la calidad del ladrillo determina el espesor de las juntas y la resistencia del muro en compresión y corte.

En el ensayo se toman dimensiones de altura (H), ancho (B) y largo (L) de la unidad de albañilería, realizando cuatro mediciones por cada arista, de estas mediciones se calcula el promedio, para después promediar toda la muestra (ARAOZ, 2012)

$$H_p = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{4}$$



La variabilidad de dimensiones, se determina utilizando las dimensiones dadas por el fabricante y las dimensiones promedios obtenidas del ensayo, con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{100 \times (D_e - D_p)}{D_e}$$

Donde:

- V = Variabilidad Dimensional (%)
- D = Dimensión de cada arista del espécimen puede ser L, h o b (mm)
- D_p = Dimensión promedio de las cuatro medidas tomadas en una arista (mm)
- D_e = Dimensión nominal, especificada por el fabricante (mm)

4. Alabeo

El efecto es semejante al de la variación dimensional, puesto 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 horizontales alabeadas, afectando directamente la resistencia y la fuerza cortante del muro de albañilería o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Gallegos, 1991).

5. Succión

La succión es la medida de la avidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero unidad en la interface de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero (San Bastolomé, 1994). Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto complejo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

La succión está expresada en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm². Esta succión se calcula con la siguiente fórmula: (Araoz, 2012)

$$s = 200 \times \frac{P_h - P_s}{A}$$

Donde:

S = Succión (gr/200 cm² - min)

- Ph = Peso de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 min (gr)
- Ps = Peso de la unidad luego de permanecer en el horno (gr)
- A = Área: Largo x Ancho (cm²)

Se considera que para succiones mayores de 4 gramos por minuto en un área de 200 cm es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión del asentado.

6. Porcentaje de vacíos

Es una medida del área de vacíos de la unidad de albañilería. La norma E-0.70 del RNE limita su uso hasta con 30%, mientras que la NTP 331.017 lo hace hasta con 25%. Las perforaciones favorecen a la cocción de los ladrillos de arcilla, sin embargo los debilitan ante los esfuerzos de compresión.

Es por ello que las Normas Peruanas limitan dicho valor para ser utilizados como muros portantes. Más allá del valor permitido el muro se vuelve frágil, perdiendo ductilidad en caso de un sismo severo. No es un problema de resistencia, sino de la naturaleza de la falla del muro.

García y Caycho (2009), en su estudio de investigación utilizaron ladrillos de la marca Lark con porcentaje de vacíos de 50.00%, afirman: “las continuas aberturas y cerramientos de las grietas diagonales terminan pulverizando a los ladrillos huecos, perdiéndose notablemente la capacidad portante de los muros, tanto ante cargas sísmicas como de gravedad”. Debido a que en muro construido con el porcentaje de vacíos indicado anteriormente, se tiene que: “al iniciarse la trituración de los

ladrillos en una etapa temprana del ensayo, observándose una degradación importante de resistencia (25%) para derivas del 0.004” (Paredes, 2009).

Las apreciaciones dadas por García y Caycho (2009) se presentan al utilizar ladrillos con porcentaje de vacíos superiores a los permitidos por las Normas Peruanas.

Debido a que el porcentaje de vacíos se encuentra directamente relacionado con el peso de las unidades, Grimm (1996) afirma: “la densidad de las unidades influye en el peso de las paredes y las variaciones en el peso tienen implicaciones en el diseño estructural, acústico y térmico de las paredes. Presupuestos incorrectos sobre el peso de las paredes pueden producir valores de las cargas muertas y de sismo imprecisos; un factor de seguridad por corte en las paredes reducido y una sobreestimación de las pérdidas por transmisión acústica” (Grimm, 2005)

Las apreciaciones dadas por Grimm (1996) se presentan al variar el porcentaje de vacíos de la unidad, debido a que al aumentar el porcentaje de vacíos, disminuye el peso de la unidad, por ende, su densidad y con ello variaciones en el diseño estructural, presupuesto y en el factor de seguridad.

Es así que Abanto (2006) proporciona densidades diferentes para la albañilería con unidades sólidas y huecas, tal como se muestra en la tabla 2 anexada (anexo 10)

7. Análisis Térmico

Se somete una unidad de albañilería previamente seleccionada de manera aleatoria al proceso de deformación térmica a temperaturas que varían de 100 a 250°C durante 24 horas con el

uso de una estufa de tal forma que se tomará en consideración el tiempo o el tiempo de ignición hasta observa la deformación y el nivel de resistencia de la muestra frente a elevadas temperaturas (Benita, Gatani, Gaguino, Arguiello, 2008).

Propiedades físicas

B.1. Absorción

Es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22% (NTE E- 070 2006). Las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y por lo tanto, menos resistente a la acción de la intemperie. La unidad porosa absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro.

El cálculo de la absorción en porcentaje se realiza con la siguiente formula: (Araoz, 2012)

$$A = \frac{100 \times (\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}}$$

Las Normas Peruanas limitan dicho valor debido a que la principal causa de la durabilidad es el intemperismo, y las unidades porosas son menos resistentes a la acción de la intemperie. Este aspecto pierde importancia cuando los muros tienen recubrimiento suficiente para protegerlos del intemperismo. Características Geométricas del Ladrillo Ecológico a implementar

El presente trabajo se tomará como referencia un estudio realizado por Rojas y Vidal (2014) donde identifica las

características geométricas de un ladrillo ecológico elaborado con arcilla y cemento tal como se describe a continuación:

La albañilería está conformado por bloques alveolares de dimensiones modulares que permiten que las unidades de albañilería (ladrillos) coinciden unas con otras y a través de los alveolos se permitiendo el paso de las varillas de refuerzo. Tanto las columnas como las vigas de amarre se construyen con las unidades de suelo – cemento.

Para la construcción de los muros se necesita modificar las matrices (moldes) de la prensa hidráulica a fin de obtener los distintos tipos de unidades que permitan una correcta unión. (Rojas, Vidal, 2014).

Modelos sugeridos:

- a) Unidad de Ladrillo Simple
- b) Unidad de ladrillo de Viga
- c) Unidad de Ladrillo para piso
- d) Unidad de Medio Ladrillo

Según referencia los alveolos circulares pueden tener un diámetro de 5.7 cm, con un porcentaje de huecos de 16.33% en base a la aplicación de la fórmula:

$$\frac{2\pi \times D \times D}{4}$$

(LXA)

El ladrillo para que sea considerado como tal debe de tener un peso adecuado de tal manera que sea manipulado por los operarios con una sola mano según norma E-070.

2.3. Definición de términos básicos

Ladrillo: Es un bloque hecho de arcilla o adobe, con o sin cocción. También se hacen de hormigón u otro tipo de mortero. “Los ladrillos de arcilla son hechos en moldes o, más comúnmente en producción comercial, extendiendo la arcilla en una capa gruesa y luego cortándola con alambres al tamaño adecuado. Los ladrillos son utilizados en edificaciones o pavimentación. (Hornbostel, 1999).

Plástico: En su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones (Quarmby, 1976).

Reciclaje: Toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines. (Ley Grs N°27314).

Papel: Hoja delgada producida a partir de celulosa. Si esta proviene de árboles resinosos de hora perenne (Abeto, Pino, etc.) (Boeykens, 2006).

Auto construcción: En en el campo de la arquitectura se indican las estrategias dirigidas a sustituir con operadores aficionados las empresas artesanales o industriales que en una estructura productiva desarrollada, se ocupan normalmente de realizar los edificios para futuros usuarios.

Materiales de construcción alternativos: Lo constituyen los materiales de construcción que no poseen procesos tradicionales de fabricación, por lo cual se obtendrá un material diferente a los convencionales, siendo poseedor de otras características ausentes en los materiales tradicionales.

Relleno Sanitario: Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo

tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental (Ley Grs N°27314).

Ensayo de Compresión: Es un ensayo en el que se somete a una probeta a cargas compresivas. Se usa para estudiar el comportamiento de los materiales bajo ese estado de cargas. (Beer, 2001).

CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Proceso de elaboración del Ladrillo ecológico.

Se elaboró a efectos de la presente investigación 10 unidades de albañilería para cada una de las 3 muestras (M₁, M₂, M₃) diferenciadas por sus diferentes mezclas porcentuales de papel, arena, plástico PET, cemento y agua.

Insumos Modelo 01:

Modelo 1				
	Producto	Cantidad	Porcentaje	Equivalente
1	Plástico PET picado (0.3 cm de diámetro)	407.60gr	25%	13.58 botellas plásticas reciclado de 600ml
2	Papel bond reciclado picado (1 x 1 cm)	335.99gr	25%	93 hojas de papel bond reciclado A4
3	Cemento Pacasmayo Extra Forte	1000.00 gr	50%	1 kg de cemento

Fuente: Elaboración propia – 2016

Insumos Modelo 02:

Modelo 2				
	Producto	Cantidad	Porcentaje	Equivalente
1	Plástico PET picado (0.3 cm de diámetro)	570.64 gr	35%	19 botellas de 600ml
2	Arena gruesa	1298.95 gr	50%	
3	Cemento Pacasmayo Extra Forte	403.95 gr	15%	

Fuente: Elaboración propia - 2016

Insumos Modelo 03:

Modelo 3				
	Producto	Cantidad	Porcentaje	Equivalente
1	Papel Picado (1x1 cm)	234.9gr	17.5%	65 hojas de papel bond reciclado A4
2	Plástico PET picado (0.1 cm de diámetro)	285.1gr	17.5%	10 botellas de plástico de 600ml
3	Arena fina	1298.95 gr	50%	
4	Cemento Pacasmayo Extra Forte	403.95 gr	15%	

Fuente: Elaboración propia - 2016

MATERIALES

- Balde de 20 lt
- Wincha de 5 mt
- Pala
- Espátula

HERRAMIENTAS

- Carretilla
- Estufa
- Compresora
- Balanza digital

3.2 Procedimiento de elaboración ladrillos ecológicos

Para ello se realizó los siguientes pasos:

Paso Nº 01

Elaboración del molde:

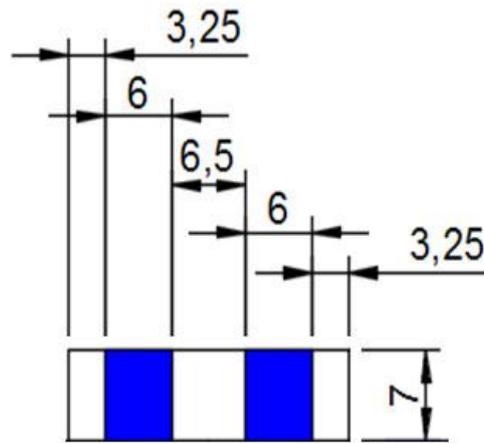


Figura 1. Medidas del molde ladrillo ecológico

Dimensiones Modulares

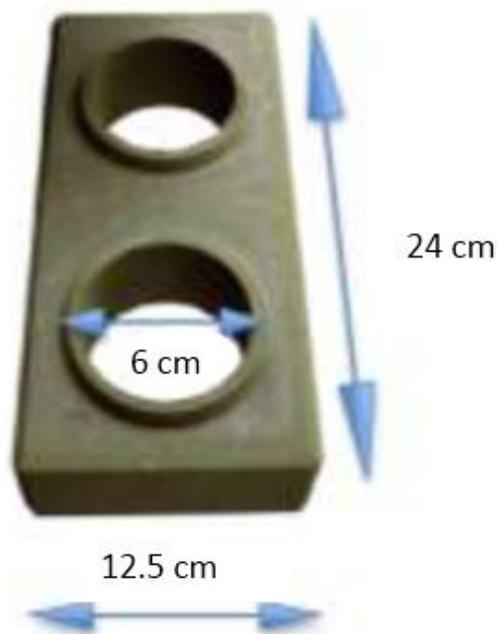


Figura 2. Prototipo de ladrillo ecológico

Sugiere la forma y las condiciones de los alveolos a fin de permitir el paso de varillas de esfuerzo. Las unidades de albañilería tienen una longitud de 25 cm, un ancho de 12,5 cm y una altura de 7 cm.

Los moldes fueron elaborados con metal tal como se observa en la figura 3.



Figura 3. Molde propuesta ladrillo ecológico

Paso Nº 2

Acondicionamiento de los insumos o materiales:

Se utilizó botellas plásticas PET de 600 ml la cual con el uso de una picadora se picó las botellas hasta obtener trozos de plástico a un diámetro de 0.3 cm.

El plástico fue utilizado para la elaboración de la modelo 1 y 3. Fig. 4 y 5.



Figura 4. Picado del Plástico PET



Figura 5. Plástico Picado PET

En el caso de acondicionamiento del papel. Se picó hojas de papel reciclado bond de 80 gr a una dimensión de 1 x 1 cm. Fig. 6.



Figura 6. Papel Picado reciclado

Se utilizó arena gruesa de cerro y cemento de la marca Pacasmayo Extra Forte. Figuras 7 y 8.



Figura.7 Arena Gruesa de rio



Figura 8. Cemento marca Pacasmayo Extra Forte.

Paso Nº 3

Elaboración con cemento, papel reciclado y plástico pet:

Se mezcló 1 balde de cemento, $\frac{1}{2}$ balde de plástico $\frac{1}{2}$ balde de papel picado 1 balde de agua potable, estas cantidades se utilizó para la elaboración del **modelo 1**, logrando una consistencia uniforme tal como se muestra en la figura 9.

Paso N° 4

Dosificación de la mezcla según modelo:

Para los modelo 2 y 3, mezclar 50 % de arena gruesa o arena fina, 35 % de plástico pet, o plástico más papel, 15 % de cemento y agregar 1 balde de agua, batir la mescla hasta lograr la consistencia deseada utilizando una hormigonera.



Figura 9. *Dosificando las mezclas*

Paso N° 5

Modelado de las mezclas para cada muestra

Se la vierte en una máquina rodante o manualmente para lograr una mezcla adecuada, para seguidamente moldear los ladrillos o mampuestos. Finalmente se realiza la compresión de la mezcla y la postura de los mampuestos. Figuras 9 y 10 respectivamente.





Figura 10. Vertiendo la mezcla en los moldes



Figura 11. Presentación de las muestras.

Paso Nº 6

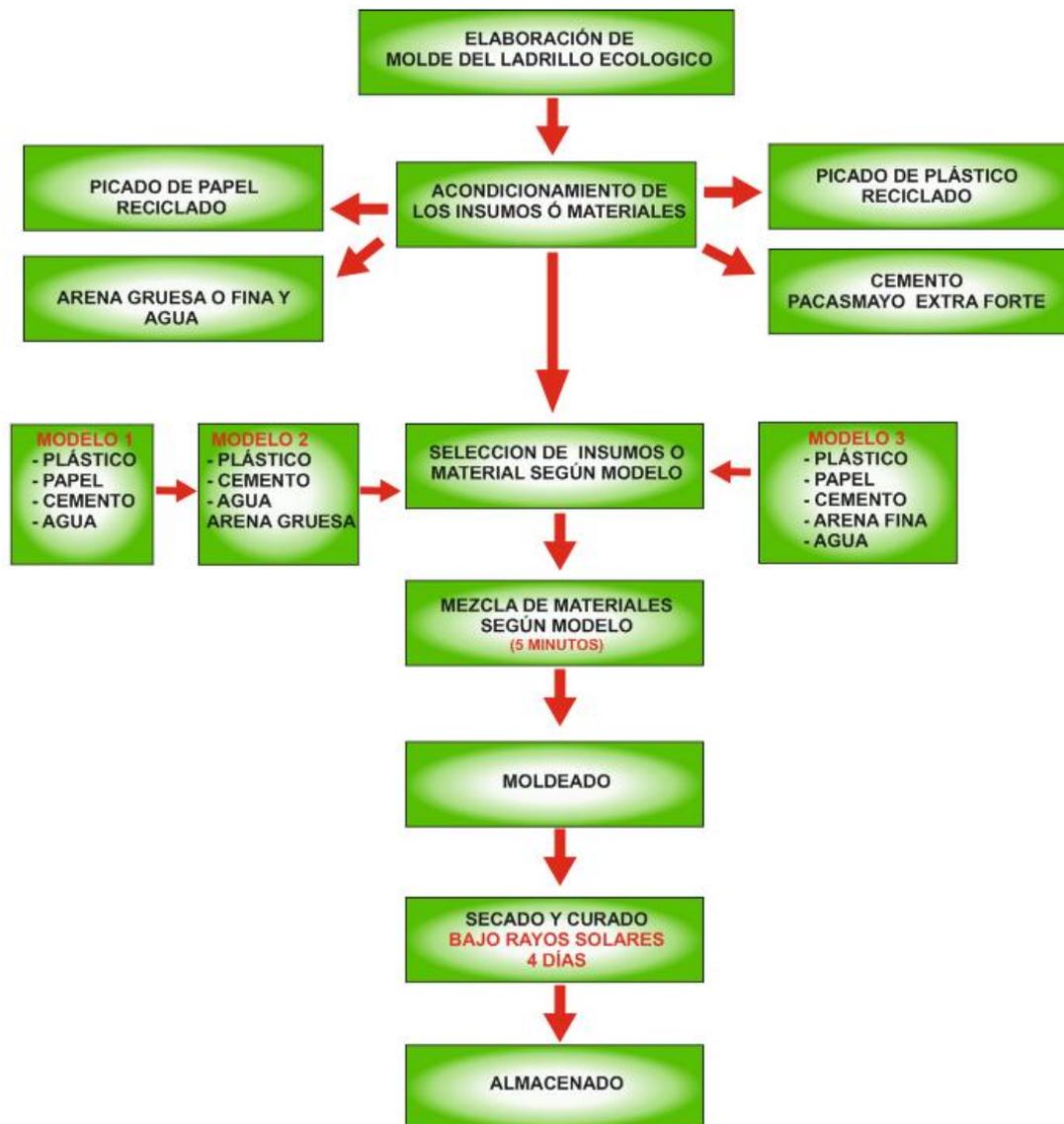
Secado del ladrillo ecológico:

Se dejó secar a la intemperie durante 4 días logrando la consistencia deseada.



Figura 12. Ladrillos ecológicos después del proceso de secado

3.3 Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico



Fuente: Elaboración propia

3.4. ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS

Una vez obtenido las 10 muestras de cada uno de los modelos diferenciados por la proporción y variación de los insumos se procedió a realizar las pruebas de calidad para cada unidad de albañilería obteniendo los siguientes resultados:

3.4.1 Prueba de variación Dimensional

La realizaron 5 ensayos por modelo donde se tomó como dimensiones del fabricante las dimensiones interiores del molde base y definida con las siglas:

L_e = Longitud del molde de ladrillo parte interna

H_e = Altura del molde de ladrillo parte interna

A_e = Ancho del molde de ladrillo parte interna.

Los resultados fueron los siguientes:

Modelo 01:

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	23.9	24.1	24	24.1	24	12.4	12.3	12.6	12.2	11.9	6.9	6.9	6.5	6.9	6.2
2	24.4	24.5	24.4	24.5	24.4	11.7	11.7	11.7	11.8	11.7	6.7	7	7	6.8	6.1
3	24	24.1	24	24.2	24	12.1	12.5	12	12.2	12.1	7.1	6.9	6.6	7	6.8
4	24.1	24.1	24.2	24.3	24.1	12	12.3	12	12.6	12.1	7.3	7.2	7.1	7	7.2
5	24.7	24.3	24.1	24.6	24.4	12.5	12.1	12.6	12.3	12.4	6.8	6.6	6.8	7	6.2

Tabla 1. Prueba de variación dimensional

Resultados de la variabilidad de la dimensión:

$$L_p = 24.23 \longrightarrow V = -0.95\%$$

$$A_p = 12.18 \longrightarrow V = 2.56\%$$

$$H_p = 6.9 \longrightarrow V = 1.36\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 1 como ladrillo de la clase IV.

Modelo 2:

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	23.9	24.3	24.6	24	24.2	12.2	12.1	12.5	11.9	12.5	7.5	7.6	7.1	6.9	7.3
2	24.4	24.2	24.4	24.3	24.3	12.1	11.9	12.3	12.4	12.2	6.9	7.2	7.3	6.9	7.1
3	24.5	24	24.3	24.2	24.2	12.1	12.3	12.1	12.1	12.5	7	7.1	7	7.3	7.1
4	24.1	24.6	24.2	24.3	24.3	12.1	12.2	11.9	11.8	12.3	7.5	7.7	7.2	7.3	7.4
5	24.7	24.3	24.7	23.9	24.4	12.3	11.9	12.7	12.6	12.5	7.1	7	7.3	7.3	7.2

Tabla 2. Prueba de variación dimensional

Resultados de la variabilidad de la dimensión:

$$L_p = 24.3 \longrightarrow V = -1.23\%$$

$$A_p = 12.4 \longrightarrow V = 0.84\%$$

$$H_p = 7.2 \longrightarrow V = - 3\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 2 como ladrillo de la clase IV.

Modelo 3:

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	24.9	24	24.5	24.5	24.5	12.5	11.9	12.1	12.2	12.2	7.4	7.3	7.9	7.4	7.5
2	24.3	24	24.1	24.2	24.2	12.3	12.1	11.8	12.5	12.2	6.8	7	7.5	7.6	7.2
3	24	24	24.5	24.4	24.2	12.4	12.6	12.8	12.4	12.6	7	6.9	6.9	7	7.0
4	24.6	24.3	24.4	24.4	24.4	12.9	12.9	12.4	12.5	12.7	7.4	7.3	7.1	7.4	7.3
5	24.1	23.9	24.5	24.4	24.2	12.5	12.9	12.6	12.7	12.7	7.1	6.8	6.9	6.9	6.9

Tabla 3. Prueba de variación dimensional

Resultados de la variabilidad de la dimensión:

$$L_p = 24.3 \longrightarrow V = -1.25\%$$

$$A_p = 12.5 \longrightarrow V = 0.4\%$$

$$H_p = 7.2 \longrightarrow V = -2.6\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 3 como ladrillo de la clase IV.

3.4.2 Prueba Absorción:

Modelo 01:

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	3239	24	12	6.5	1308	2840	3480	22.53
2	3250	24.8	12.8	6.1	1425.92	2829	3502	23.78
3	3220	25	12.5	7	1425	2830	3490	23.32
4	3205	24.5	12	7.3	1351.2	2833	3400	20.01
5	3244	24.6	12.9	6.3	1431.9	2830	3500	23.67

Tabla 4. Prueba de absorción

Modelo 2:

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	3620.3	25	12.5	7.2	1430	3175	3480	9.61
2	3620.3	25	12.4	7	1413.6	3175	3490	9.92
3	3614.6	24.9	12.3	7.1	1399.7	3170	3485	9.94
4	3616.9	25.1	12.2	7.1	1398.1	3172	3492	10.09
5	3620.3	25	12.5	7.1	1427.5	3175	3484	9.73

Tabla 5. Prueba de absorción

Modelo 3:

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	2820	26.1	12.5	7	1480	2820	3155	11.88
2	2810	25.8	12	6.9	1404	2810	3150	12.10
3	2810	26	12	7.2	1420.8	2810	3156	12.31
4	2830	25.5	12.1	7	1403.6	2830	3158	11.59
5	2824	25.9	12.3	7.1	1448.9	2824	3148	11.47

Tabla 6. Prueba de absorción

Según los resultados de humedad de las pruebas realizadas para cada uno de los modelos se observa que el primer modelo elaborado con una mezcla de papel, cemento y plástico absorbe mayor cantidad de agua inclusive superando levemente el porcentaje límite del 22% sugerido en la norma E- 070. Por otro lado los modelos 2 y 3 no han de superar el porcentaje límite de la norma en mención.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604 y 399.1613.

3.4.3 Prueba de alabeo

Modelo 1:

Especímen	Cara Superior		Cara Inferior	
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad
	(mm)		(mm)	
1	0.5	0	0.5	0
2	0	0	0	0
3	0.5	0	0.5	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
Promedio	Concavidad	0.2 mm		
	Convexidad	0 mm		

Tabla 7. Prueba de alabeo

Modelo 2:

Especimen	Cara Superior		Cara Inferior	
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad
	(mm)		(mm)	
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0.3	0	0.7	0
4	0	0	0	0
5	0.5	0	0.5	0
Promedio	Concavidad	0.2 mm		
	Convexidad	0 mm		

Tabla 8. Prueba de alabeo**Modelo 3:**

Especimen	Cara Superior		Cara Inferior	
	Concavidad	Convexidad	Concavidad	Convexidad
	(mm)		(mm)	
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0.1	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0.1	0
Promedio	Concavidad	0 mm		
	Convexidad	0 mm		

Tabla 9. Prueba de alabeo

Según los resultados obtenidos la variación obtenida alabeo es cóncavo del modelo 1 y 2 mientras que el modelo 3 no tuvo variación significativa. Por tanto si comparamos con la norma NTP 331.017 podríamos considerar el ladrillo ecológico como ladrillo clase V respectivamente.

3.4.4 Prueba de compresión

N°	Dimensiones Promedio (cm)	Área Bruta (cm ²)	Área Vacíos (cm ²) Promedio	Área Neta (cm ²)	Carga Rotura kN	Carga Rotura Kg	Resistencia Máxima f' b (kg/cm ²)	Resistencia Máxima f' b (Mpa)	OBSERVACIONES
M- 1	24.20x13.1x6.8	317.02	56.55	260.47	455.53	46451	178.34	17.49	50% cemento 25% papel 25%plástico
M- 2	24.20x13.1x6.8	317.02	56.55	260.47	506.38	198.24	198.24	19.44	15% cemento 35%plástico 50%arena gruesa
M- 3	24.20x13.1x6.8	317.02	56.55	260.47	286.85	112.30	112.30	11.01	15% cemento 50% arena fina 35% plástico - papel

Tabla 10. Prueba de compresión

Según los resultados obtenidos en los 3 modelos se puede afirmar que la resistencia máxima de la muestra está muy próximo al valor de compresión mínimo sugerido en la norma E-070 para ladrillos de clase V de alta resistencia tanto en el modelo 1 y modelo 2 respectivamente. Mientras que en el modelo 3 los resultados de compresión se acercan al modelo IV la cual también son de alta resistencia.

3.4.5 Prueba Análisis Térmico

Se pudo corroborar que no se presentó deformación a los 100 °C, mientras que a los 250°C el material compensó a fundirse a un tiempo tal como se observa en los resultados mostrados a continuación.

Modelo 1:

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	2200
2	2500
3	2190
4	2180
5	2210
PROMEDIO	2260

Tabla 11. Prueba análisis térmico

Modelo 2:

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	3050
2	2580
3	3070
4	3030
5	3120
PROMEDIO	3050

Tabla 12. Prueba análisis térmico

Modelo 3:

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	1560
2	2020
3	1570
4	2070
5	2040
PROMEDIO	2050

Tabla 13. Prueba análisis térmico

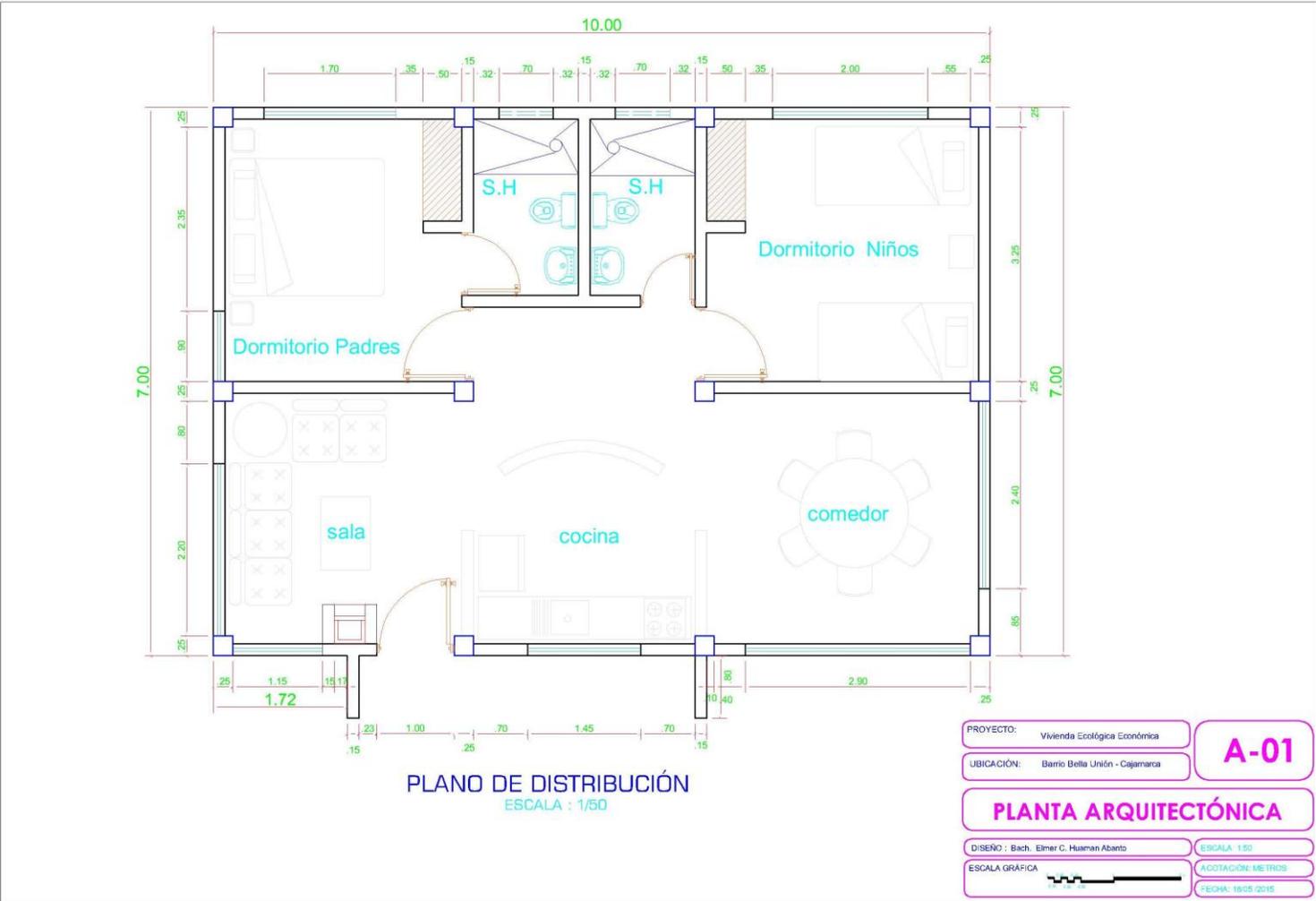
3.5. Análisis Económico

En el presente análisis económico se propone una aproximación estimada de los posibles costos en relación a la fabricación de los ladrillos elaborados con plástico reciclado de los tipos PET y Papel reciclado. Se expone un cuadro de las ventajas económicas del material en los siguientes aspectos:

INICIO DE PRODUCCIÓN	PROCESO DE ELABORACIÓN	APLICACIÓN
Baja inversión de capital	Mano de obra no especializada: bajo costo	Menor costo que el cerámico
No se necesita una infraestructura de gran envergadura	No necesita altos hornos: secado a la intemperie	Se puede utilizar de menor espesor respecto a otros materiales tradicionales, con lo cual se economiza materiales.
Genera fuentes de trabajo para sectores de escasos recursos.	Se utiliza el envase plástico en su totalidad sin clasificación previa.	Posibilita la autoconstrucción mujeres, niños, jóvenes etc. debido al bajo peso.
Materia prima: residuo de bajo costo, se utilizan rezagos de producción de las industrias plásticas sin costo alguno.	El procesamiento de los materiales plásticos no deja residuos sin procesar.	La utilización del material es igual a la de los mampuestos comunes
Mano de obra no especializada: bajo costo	Se ahorran los procesos de lavado, y clasificación.	Esta tecnología permite la colocación de cualquier tipo de aberturas
Genera ingresos	Fácilmente reproducible: mayor producción	Admite cualquier tipo de cerramiento superior

Tabla 14. Ventajas económicas del material

3.5.1 PROTOTIPO DE VIVIENDA ECONOMICA.



VISTAS 3D PROTOTIPO DE VIVIENDA



3.5.2 Materia Prima Utilizada

Para el **Modelo 01**, de 12,5cm x 24cm x 7cm lleva para su elaboración 407.60 grs. de plástico aproximadamente, 335.99 grs. de papel reciclado y cemento 1000.00 grs.

Para un metro cuadrado de muro de 15 cm construido con ladrillos ecológicos se usa 18,75 kg de plástico, 15.46 kg de papel reciclado y cemento 40.29 kg, lo cual insume 46 ladrillos ecológicos.

Para construir una vivienda económica de 70 m² con muros de soga de 15 cm. Según prototipo con metrado de 87.60 m² se necesitan 4,029.6 ladrillos ecológicos. Por lo tanto para construir una vivienda hacen falta 1,642.46 kg de plástico y 1,353.90 kg de papel reciclado picado, acumulando 2,996.36 kg, no se considera costo ya que el material es reciclado por el área de PIGARS de la Municipalidad Distrital de Cajamarca.

Cemento tipo portland según dosificación se requiere 4,029.6 kg haciendo un total de 94.81 bolsas de cemento, valorizando en moneda nacional su costo sería de 1,924.72 soles.

Para construir 87.60 m² de muros según prototipo de vivienda económica, multiplicaremos por S/. 22.08 costo del m² de ladrillos ecológicos, el costo total sería de S/. 1,934.20 soles.

También consideramos costo de fabricación por millar de ladrillos ecológicos sería de S/. 484.00 soles.

Valor estimado del ladrillo (Modelo 01) para la construcción de 46 ladrillos ecológicos equivalente a 1m² (1.00 m² = 46 Ladrillos) elaborados con materiales reciclados por el área de PIGARS – MPC –Cajamarca 2016.

DESCRIPCIÓN	KILOGRAMOS	M2	COSTO ESTIMADO	
Modelo 01				
Plástico reciclado	18,75 kg	1m ²	0.00	0.00
Papel reciclado	15.46 kg		0.00	0.00
Cemento portland	46.00 kg		0.48	22.08
Mano de obra			0.00	0.00
COSTO TOTAL			22.08	

Tabla 15. Valor estimado ladrillo (Modelo 01)

Para el **Modelo 02**, de 12,5cm x 24cm x 7cm lleva para su elaboración 570.64 grs. de plástico, 1,298.95 grs. de arena gruesa y cemento 403.95 grs.

Para un metro cuadrado de muro de 15 cm construido con ladrillos ecológicos se usa 26,25 kg de plástico, 59.75 kg de arena gruesa, 18.58 kg de cemento, lo cual insume 46 ladrillos ecológicos.

Para construir una vivienda económica de 70 m² con muros de soga según prototipo con metrado de 87.60 m² se necesitan 4,029.6 ladrillos ecológicos. Por lo tanto para construir una vivienda hacen falta 2,299.28 kg, de plástico reciclado picado y 5,232,43 kg de arena gruesa, haciendo un total de 123.11 bolsas de arena, valorizado en moneda nacional S/. 246.22 soles.

Cemento tipo portland según dosificación se requiere 1,627.75 kg, haciendo un total de 38.30 bolsas de Cemento, valorizando en moneda nacional su costo sería de S/. 777.49 soles.

Para construir 87.60 m² de muros según prototipo de vivienda económica, multiplicaremos por S/. 11.41 costo del m² de ladrillos ecológicos, el costo total sería de S/. 1000.00 nuevos soles.

También consideramos costo de fabricación por millar de ladrillos ecológicos sería de S/. 250.00 soles

Valor estimado del ladrillo (Modelo 02) para la construcción de 46 ladrillos ecológicos equivalente a 1m² (1.00 m² = 46 Ladrillos) elaborados con materiales reciclados por el área de FIGARS – MPC –Cajamarca 2016.

DESCRIPCIÓN	KILOGRAMOS	M2	COSTO ESTIMADO (SOLES)	
Modelo 02				
Plástico reciclado	26.25 kg	1m ²	S/. 0.00	S/. 0.00
Arena gruesa	59.75 kg		S/. 2.50	S/. 2.50
Cemento Portland	18.58 kg		S/. 0.48	S/. 8.91
Mano de obra			S/. 0.00	S/. 0.00
COSTO TOTAL			S/. 11.41	

Tabla 16. Valor estimado ladrillo (Modelo 02)

Para el **Modelo 03**, de 12,5cm x 24cm x 7cm lleva para su elaboración 285.1 grs. de plástico picado, 234.9 grs de papel picado reciclado, 1,298.95 grs. de arena fina y cemento 403.95 grs.

Para un metro cuadrado de muro de 15 cm construido con ladrillos ecológicos se usa 13.11 kg de plástico ,10.80 kg de papel, 59.75 kg arena fina, y 18.58 kg de cemento, lo cual insume 46 ladrillos ecológicos.

Para construir una vivienda económica de 70 m² con muros de soga según prototipo con metrado de 87.60 m² se necesitan 4,029.6 ladrillos ecológicos. Por lo tanto para construir una vivienda hacen falta 1,148.83 kg, de plástico reciclado picado ,946,55 kg de papel y 5234.24 kg arena fina., acumulando 123.15 bolsas de arena de 42.5 kg cada una, con un costo de S/. 246.30 soles

Cemento tipo portland según dosificación se requiere 1,627.75 kg, haciendo un total de 38.30 bolsas de Cemento, valorizando en moneda nacional su costo sería de S/. 777.49 soles.

Para construir 87.60 m² de muros según prototipo de vivienda económica, multiplicaremos por S/. 11.41 costo del m² de ladrillos ecológicos, el costo total sería de S/. 1000.00.00 nuevos soles.

También consideramos costo de fabricación por millar de ladrillos ecológicos sería de S/. 250.00 soles

Valor estimado del ladrillo (Modelo 03) para la construcción de 46 ladrillos ecológicos equivalente a 1m² (1.00 m² = 46 Ladrillos) elaborados con materiales reciclados por el área de PIGARS – MPC –Cajamarca 2016.

DESCRIPCIÓN	KILOGRAMOS	M2	COSTO ESTIMADO (SOLES)	
Plástico reciclado	13.11 kg	1m ²	S/. 0.00	S/. 0.00
Papel reciclado	10.80 kg		S/. 0.00	S/. 0.00
Arena fina	59.75 kg		S/. 2.50	S/. 2.50
Cemento Portland	18.58 kg		S/. 0.48	S/. 8.91
Mano de obra			S/. 0.00	S/. 0.00
COSTO TOTAL			S/. 11.41	

Tabla 17. Valor estimado ladrillo (Modelo 03)

3.5.3 Comparación de precios de fabricación de ladrillo ecológico versus ladrillo de arcilla convencional King kong de 18 huecos.

Modelo 1:

Descripción	Cantidad	Precio	Descripción	Cantidad	Precio
Ladrillo King kong	Und	S/. 0.55	Ladrillo Ecológico	Und	S/. 0.484
Ladrillo King kong	Millar	S/. 550.00	Ladrillo Ecológico	Millar	S/. 484.00

Tabla 18. Comparación de precio (Modelo 01)

Modelo 2:

Descripción	Cantidad	Precio	Descripción	Cantidad	Precio
Ladrillo King kong	Und	S/. 0.55	Ladrillo Ecológico	Und	S/. 0.25
Ladrillo King kong	Millar	S/. 550.00	Ladrillo Ecológico	Millar	S/. 250

Tabla 19. Comparación de precio (Modelo 02)

Modelo 3:

Descripción	Cantidad	Precio	Descripción	Cantidad	Precio
Ladrillo King kong	Und	S/. 0.55	Ladrillo Ecológico	Und	S/. 0.25.
Ladrillo King kong	Millar	S/. 550.00	Ladrillo Ecológico	Millar	S/. 250.00

Tabla 20. Comparación de precio (Modelo 03)

3.5.4 Comparación de costos entre ladrillo ecológico versus ladrillo de arcilla convencional King kong de 18 huecos para construir 87.60 m2 de muro de vivienda de un piso según prototipo propuesto con ladrillo ecológico.

MODELO 1:

Descripción	Cantidad	Precio Estimado	Diferencia de costo	Precio Total
Ladrillo King kong	4,029.60 und	S/. 0.55	-	S/. 2,216.18
Ladrillo ecológico	4,029.60 und	S/. 0.484	S/. 263.83	S/. 1952.32

Tabla 21. Comparación de costo entre un ladrillo convencional versus ladrillo ecológico (Modelo 01)

MODELO 2:

Descripción	Cantidad	Precio Estimado	Diferencia de costo	Precio Total
Ladrillo King kong	4,029.60 und	S/. 0.55	-	S/. 2,216.18
Ladrillo ecológico	4,029.60 und	S/. 0.25	S/. 1,208.78	S/. 1,007.40

Tabla 22. Comparación de costo entre un ladrillo convencional versus ladrillo ecológico (Modelo 02)

MODELO 3:

Descripción	Cantidad	Precio Estimado	Diferencia de costo	Precio Total
Ladrillo King kong	4,029.60 und	S/. 0.55	-	S/. 2,216.18
Ladrillo ecológico	4,029.60 und	S/. 0.25	S/. 1,208.78	S/. 1,007.40

Tabla 23. Comparación de costo entre un ladrillo convencional versus ladrillo ecológico (Modelo 03)

Conclusiones :

- Los ladrillos ecológicos elaborados con materiales como plástico y papel reciclado son de tipo V y IV según la norma técnica peruana, E-070 la cual corrobora el uso para diferentes edificaciones por su resistencia y condiciones físicas identificadas en el presente estudio.
- Se identificó que los porcentajes propuestos de los materiales como cemento, arena gruesa, plástico y papel reciclado son adecuados para ser utilizados en la fabricación de los ladrillos ecológicos.
- La comparación de los ladrillos ecológicos con las Normas Técnicas Peruanas E-070 y 331.017, según los (modelos) M1, M2, M3 han resultado resistente a la comprensión y al incremento de temperatura superando los 250°C y con una buena absorción, por tanto podríamos considerar como un producto alternativo para la construcción de viviendas.

Recomendaciones:

- Se sugiere para próximos estudios los ensayos de esfuerzos con la construcción de muros y resistencia antisísmica utilizando los modelos elaborados en el presente estudio.
- Desarrollar procesos productivos de fabricación en serie donde se considere maquinaria automatizada de producción.
- Realizar estudios de reducción de contaminación del medio ambiente con la elaboración de los ladrillos ecológicos propuestos.

Fuentes de información:

ABANTO CASTILLO, FLAVIO (2006) Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, editorial San Marcos, Lima.

ARAOZ ESCOBEDO, TANIA; VELEZMORO GIRÓN JHONATAN PEDRO (2012) Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillos pandereta – Segunda Etapa. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

BEER, FERDINAND (2001) Mecánica de Materiales 2ed. Colombia; Mc Graw Gill. Pag.112.

BOEYKENS, SUSANA (2006) Procesos para la producción de papel y pulpa: De la naturaleza a la mesa. EN Encrucijadas. N°. 38. Universidad de Buenos Aires. Argentina

ECOLIFE (2009), Primer proyecto de casas ecológicas en Colombia, ecolife.

GALLEGOS VARGAS, HÉCTOR (1991) Albañilería estructural, editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

HORNBOSTEL (1999), Caled Materiales para construcción. Tipos usos y aplicaciones. 1ed México: Limusa, Pag. 421.

HORACIO BENITA, GATANI MARINA, GAGUINO ROXANA, ARGUIELLO RICARDO (2008). CEVE CyT. Argentina, Nobuko, Cordova.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA (2004); Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Cajamarca – Perú. Pag. 74

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA (2009); Inventario de Emisiones al Aire por Fuentes Fijas. Cajamarca Perú. Pag. 31.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA (2004); Programa Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. Cajamarca – Perú 2004. Pag. 106.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 – ALBAÑILERÍA (2006), Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima.

NORMA TÉCNICA PERUANA 331.017.(2003) Ladrillos usados en albañilería, 2003, Lima.

NORMA TÉCNICA PERUANA 399.613, Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 2005, Lima.

PAREDES CASTRO, JONATHAN; CAYCHO PÉREZ, DAVID (2009), Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica, Tesis de título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.

LEY N° 27314. (2000) “Ley General de Residuos Sólidos. Lima - Perú

ROJAS VARGAS JAVIER, VIDAL TOCHE RICARDO ANTONIO (2014); Tesis para optar el título de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú “Comportamiento sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados.

SEMINARIO COLÁN, ROBERTO CARLOS (2013); Tesis para optar el título de Ingeniería Civil, Universidad de Piura “Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura” Pag.88

SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL (1994), Construcciones de albañilería, Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <http://blog.pucp.pe/albanileria> [Consulta: abril 2012).

TOLA MENOZA, ENRIQUE (1963), Ladrillo, editorial Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1963.

ANEXOS

ANEXO 01 (Tabla 24): TITULO: “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>Problema General: ¿Cómo se elabora los ladrillos ecológicos con plástico y papel reciclado como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca 2016?</p> <p>Problemas secundarios: ¿Qué porcentaje de cemento, arena, plástico y papel reciclado se utiliza para su elaboración</p>	<p>Objetivo General: Elaborar ladrillos ecológicos con cemento, arena, plástico y papel reciclado, como alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca.</p> <p>Objetivos Específicos: Identificar los porcentajes de cemento arena, plástico y papel reciclado que se utiliza en la elaboración de los ladrillos ecológicos.</p>	<p>Hipótesis General: La elaboración de ladrillos ecológicos con plástico y papel reciclado, es una alternativa para la construcción de viviendas en el Distrito de Cajamarca.</p> <p>Hipótesis Secundarias: - Existen porcentajes óptimos de cemento, arena plástico y papel reciclado en la elaboración de ladrillos</p>	<p>Variable dependiente Plástico Papel Cemento Arena</p> <p>Variable Independiente: • Alternativa para la construcción de viviendas.</p>	<p>Tipo: El tipo de investigación</p> <p>Método: El método utilizado para la identificación de la calidad de la unidad de albañilería es a través de los ensayos de variabilidad de las dimensiones, nivel de succión, nivel de absorción, resistencia a la compresión, fluorescencia, alabeo, pruebas al vacío.</p> <p>Diseño: La investigación que se desarrolla presenta el diseño</p>	<p>Población: 1 lote de 100 unidades de ladrillos ecológicos</p> <p>Muestra: 10 unidades de albañilería según norma técnica peruana E. 070</p>

<p>de ladrillos ecológicos?</p> <p>¿Cuál es la calidad de los ladrillos ecológicos comparados con las Normas Técnicas Peruanas E-070 y 331.017?</p>	<p>Comparar la Norma Técnica Peruana E-070 y 331.017, con los resultados obtenidos de calidad de los ladrillos ecológicos</p>	<p>ecológicos.</p> <p>Los ladrillos ecológicos con cemento , arena, plástico y papel reciclado cumplen con la Norma Técnica Peruana E-070 y 331.017</p>		<p>experimental</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------	--

Fuente: Elaboración propia - 2016

ANEXO 02: FORMATO PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DIMENSIONAL

MODELO 01

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 1) Muestra elaborada con 50 % de cemento , 25 % de papel , 25% de plástico y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Wincha de 40 cm, una base recta, balanza digital.

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	23.9	24.1	24	24.1	24	12.4	12.3	12.6	12.2	11.9	6.9	6.9	6.5	6.9	6.2
2	24.4	24.5	24.4	24.5	24.4	11.7	11.7	11.7	11.8	11.7	6.7	7	7	6.8	6.1
3	24	24.1	24	24.2	24	12.1	12.5	12	12.2	12.1	7.1	6.9	6.6	7	6.8
4	24.1	24.1	24.2	24.3	24.1	12	12.3	12	12.6	12.1	7.3	7.2	7.1	7	7.2
5	24.7	24.3	24.1	24.6	24.4	12.5	12.1	12.6	12.3	12.4	6.8	6.6	6.8	7	6.2

OBSERVACIONES:

Resultados de la variabilidad de la dimensión:

$$L_p = 24.23 \longrightarrow V = -0.95\%$$

$$A_p = 12.18 \longrightarrow V = 2.56\%$$

$$H_p = 6.9 \longrightarrow V = 1.36\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 1 como ladrillo de la clase IV.


 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Ejecuto


 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Reviso

ANEXO 03: FORMATO PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DIMENSIONAL

MODELO 02

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 2) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 35 % de plástico, 50% arena gruesa y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Wincha de 40 cm, una base recta, balanza digital.

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	23.9	24.3	24.6	24	24.2	12.2	12.1	12.5	11.9	12.5	7.5	7.6	7.1	6.9	7.3
2	24.4	24.2	24.4	24.3	24.3	12.1	11.9	12.3	12.4	12.2	6.9	7.2	7.3	6.9	7.1
3	24.5	24	24.3	24.2	24.2	12.1	12.3	12.1	12.1	12.5	7	7.1	7	7.3	7.1
4	24.1	24.6	24.2	24.3	24.3	12.1	12.2	11.9	11.8	12.3	7.5	7.7	7.2	7.3	7.4
5	24.7	24.3	24.7	23.9	24.4	12.3	11.9	12.7	12.6	12.5	7.1	7	7.3	7.3	7.2

OBSERVACIONES:

$$L_p = 24.3 \longrightarrow V = -1.23\%$$

$$A_p = 12.4 \longrightarrow V = 0.84\%$$

$$H_p = 7.2 \longrightarrow V = -3\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 2 como ladrillo de la clase IV.


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Ejecuto


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Reviso

ANEXO 04: FORMATO PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DIMENSIONAL

MODELO 03

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 3) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 10 % de plástico , 25 % de papel, 50 % de arena fina y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Wincha de 40 cm, una base recta, balanza digital.

N	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTO (cm)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₀
1	24.9	24	24.5	24.5	24.5	12.5	11.9	12.1	12.2	12.2	7.4	7.3	7.9	7.4	7.5
2	24.3	24	24.1	24.2	24.2	12.3	12.1	11.8	12.5	12.2	6.8	7	7.5	7.6	7.2
3	24	24	24.5	24.4	24.2	12.4	12.6	12.8	12.4	12.6	7	6.9	6.9	7	7.0
4	24.6	24.3	24.4	24.4	24.4	12.9	12.9	12.4	12.5	12.7	7.4	7.3	7.1	7.4	7.3
5	24.1	23.9	24.5	24.4	24.2	12.5	12.9	12.6	12.7	12.7	7.1	6.8	6.9	6.9	6.9

OBSERVACIONES:

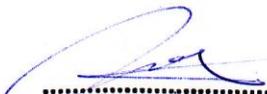
Resultados de la variabilidad de la dimensión:

$$L_p = 24.3 \longrightarrow V = -1.25\%$$

$$A_p = 12.5 \longrightarrow V = 0.4\%$$

$$H_p = 7.2 \longrightarrow V = -2.6\%$$

Los resultados si se compara con las variaciones de la norma E – 070 podríamos considerar al ladrillo ecológico modelo 3 como ladrillo de la clase IV



 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Ejecuto



 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Reviso

**ANEXO 05: FORMATO PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN DE AGUA
MODELO 01**

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016”.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 1) Muestra elaborada con 50 % de cemento , 25 % de papel , 25% de plástico y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Balde de 10 Lt, regla graduada, balanza electrónica y estufa de 100 °c

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	3239	24	12	6.5	1308	2840	3480	22.53
2	3250	24.8	12.8	6.1	1425.92	2829	3502	23.78
3	3220	25	12.5	7	1425	2830	3490	23.32
4	3205	24.5	12	7.3	1351.2	2833	3400	20.01
5	3244	24.6	12.9	6.3	1431.9	2830	3500	23.67

OBSERVACIONES:

Según los resultados de humedad de las prueba del **Modelo 1**, elaborada con 50 % de cemento , 25 % de papel , 25% de plástico reciclable, absorbe mayor cantidad de agua inclusive superando levemente el porcentaje límite del 22% sugerido en la Norma Técnica Peruana E – 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604 y 399.1613.



 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Ejecuto



 JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Reviso

ANEXO 06: FORMATO PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN DE AGUA MODELO 02

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016”.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 2) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 35 % de plástico, 50% arena gruesa y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Balde de 10 Lt, regla graduada, balanza electrónica y estufa de 100 °c

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	3620.3	25	12.5	7.2	1430	3175	3480	9.61
2	3620.3	25	12.4	7	1413.6	3175	3490	9.92
3	3614.6	24.9	12.3	7.1	1399.7	3170	3485	9.94
4	3616.9	25.1	12.2	7.1	1398.1	3172	3492	10.09
5	3620.3	25	12.5	7.1	1427.5	3175	3484	9.73

OBSERVACIONES:

Según los resultados de humedad de las prueba del **Modelo 2**, elaborada con 15 % de cemento, 35 % de plástico, 50% arena gruesa, no supera el porcentaje límite de la Norma Técnica Peruana E- 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604 y 399.1613.



JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Ejecuto



JOSE M. MESTANZA CUEVA
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 31115

Reviso

**ANEXO: 07 FORMATO PARA EL ENSAYO DE PESO UNITARIO Y ABSORCIÓN DE AGUA
MODELO 03**

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: “ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016”.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 3) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 10 % de plástico , 25 % de papel, 50 % de arena fina y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Balde de 10 Lt, regla graduada, balanza electrónica y estufa de 100 °c

Especimen	Masa (gr)	Dimensiones (cm)			Volumen (cm3)	Masa Seca (gr)	Masa sumergida (gr)	Humedad %
		Long.	Ancho	Alto				
1	2820	26.1	12.5	7	1480	2820	3155	11.88
2	2810	25.8	12	6.9	1404	2810	3150	12.10
3	2810	26	12	7.2	1420.8	2810	3156	12.31
4	2830	25.5	12.1	7	1403.6	2830	3158	11.59
5	2824	25.9	12.3	7.1	1448.9	2824	3148	11.47

OBSERVACIONES:

Según los resultados de humedad de las prueba del **Modelo 3**, elaborada con 15 % de cemento, 10 % de plástico , 25 % de papel, 50 % de arena fina, no supera el porcentaje límite de la Norma Técnica Peruana E- 070.

Los procedimientos de absorción de todos los ensayos desarrollados en la presente investigación fueron implementados en base a lo establecido en la norma NTP 399.604 y 399.1613.


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Ejecuto


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Reviso

**ANEXO: 08 FORMATO PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
(MODELOS) M1, M2, Y M3**



JOSE LEZAMA LEIVA
INGENIERO CIVIL
CONSULTOR DE OBRAS DE INGENIERIA
REG. C.I.P. Nº 14061 - RUC 10266787711
REGISTRO NACIONAL DE CONSULTORES Nº CO 11

Jr. Huánuco Nº 442
Telef. 365096 - Cel. 976625363 - 976666525
RPC Claro 993551722 - 993551713
Cajamarca

ESTUDIOS GEOTECNICOS, LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

CERTIFICADO DE ENSAYOS A COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA

MATERIAL : LADRILLO DE CEMENTO - ARENA - PLASTICO Y PAPEL
PROYECTO : TESIS
SOLICITA : SR. ELMER HUAMAN ABANTO
NORMA TECNICA : N.T.P. 331.017 : 2003 - 399.613 : 2005

UNIDAD Nº	Dimensiones Promedio (cm)	Area Bruta (cm ²)	Area Vacíos (cm ²) Promedio	Area Neta (cm ²)	Carga Rotura kN	Carga Rotura Kg	Resistencia Máxima Fb (kg./cm ²)	Resistencia Máxima Fb (Mpa)	OBSERVACIONES
M - 1	24.20 x 13.1 x 6.8	317.02	56.55	260.47	455.53	46451	178.34	17.49	50% CEMENTO 25% PAPEL 25% PLASTICO
M - 2	24.20 x 13.1 x 6.8	317.02	56.55	260.47	506.38	51637	198.24	19.44	15% CEMENTO 35% PLASTICO 50% ARENA GRUESA
M - 3	24.20 x 13.1 x 6.8	317.02	56.55	260.47	286.85	29251	112.30	11.01	15% CEMENTO 50% ARENA FINA 35% PLASTICO-PAPEL

OBSERVACIONES : Las unidades de albañilería han sido elaboradas el jueves 06-08-2015 y han sido ensayadas a compresion el día lunes 10-08-2015, por lo que a la fecha de ensayo tienen una edad de 04 días.

Cajamarca, 10 de Agosto del 2015


 José L. Lezama Leiva
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14061

ANEXO: 09 FORMATO PARA EL ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO

MODELO 01

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 1) Muestra elaborada con 50 % de cemento , 25 % de papel , 25% de plástico y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Estufa de 250 °C y Cronometro.

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	2200
2	2500
3	2190
4	2180
5	2210
PROMEDIO	2260

OBSERVACIONES:

Según los resultados del Modelo 1, elaborada con 50 % de cemento, 25 % de papel, 25% de plástico ha resultado resistente al incremento de temperatura superando los 250°C.


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115

Ejecuto


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115

Reviso

ANEXO: 10 FORMATO PARA EL ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO

MODELO 02

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 2) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 35 % de plástico, 50% arena gruesa y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Estufa de 250 °C y Cronometro.

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	3050
2	2580
3	3070
4	3030
5	3120
PROMEDIO	3050

OBSERVACIONES:

Según los resultados del Modelo 2, elaborada con 15 % de cemento, 35 % de plástico, 50% arena gruesa ha resultado resistente al incremento de temperatura superando los 250°C.


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Ejecuto


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Reviso

ANEXO: 11 FORMATO PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS TÉRMICO

MODELO 3

Fecha 06 de julio del 2015

PROYECTO: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLOGICOS CON PLASTICO Y PAPEL RECICLADO, COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2016".

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: (MODELO 3) Muestra elaborada con 15 % de cemento, 10 % de plástico , 25 % de papel, 50 % de arena fina y agua, la cual fue realizada el día 06 de julio del 2015.

EQUIPOS UTILIZADOS: Estufa de 250 °C y Cronometro.

ESPÉCIMEN	TIEMPO IGNICIÓN (Segundos)
1	1560
2	2020
3	1570
4	2070
5	2040
PROMEDIO	2050

OBSERVACIONES:

Según los resultados del **Modelo 2**, elaborada con 15 % de cemento, 10 % de plástico, 25 % de papel, 50 % de arena fina, ha resultado resistente al incremento de temperatura superando los 250°C.


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Ejecuto


.....
JOSE M. MESTANZA CUEVA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 31115
.....

Reviso

ANEXO 12

NORMAS TÉCNICAS ITINTEC 331.017

ORIGEN

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual

INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

NORMA TECNICA PERUANA

PERU	ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA	ITINTEC
NORMA TECNICA NACIONAL	Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería	331.017
	Requisitos	Octubre, 1978.

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo.

ITINTEC 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.

ITINTEC 821.003 Sistema Internacional de Unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades.

2. OBJETO.

2.1 La presente norma establece las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla, usado en albañilería.

3. DEFINICIONES

3.1 Materia Prima

3.1.1 Arcilla.- Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 °C.

3.1.2 Esquisto arcilloso.- Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

3.1.3 Arcilla superficial.- Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

3.2 Manufactura

3.2.1 Artesanal.- Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.

3.2.2 Industrial.- Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

3.3 Designación

Es la manera elegida para denominar el ladrillo de acuerdo a sus características.

3.3.1 El ladrillo se designará por su tipo (ver 4.0), por su sección (macizo, perforado o tubular, ver 3.4) y por sus dimensiones (ver 3.5), largo (cm) x ancho (cm) y alto (cm). Ejemplo.- Un ladrillo sin huecos que cumple con los requisitos para “Tipo III - macizo - 24 x 14 x 10”; y si se usa de canto “Tipo III - macizo - 24 x 10 x 14”.

3.4 Ladrillo

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno.

3.4.1 Ladrillo macizo.- Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

3.4.2 Ladrillo perforado.- Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

3.4.3 Ladrillo tubular.- Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.5 Dimensiones y áreas

3.5.1 Dimensiones especificadas.- Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

3.5.2 Dimensiones.- Dimensiones reales que tiene el ladrillo.

3.5.3 Largo.- Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

3.5.4 Ancho.- Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

3.5.5 Alto.- Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.

3.5.6 Área bruta.- Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

3.5.7 Área neta.- Es el área bruta menos el área de los vacíos.

4. CLASIFICACIÓN

El ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades (Ver Tabla 1 y Tabla 2).

4.1 Tipo I.- Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

4.2 Tipo II.- Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

4.3 Tipo III.- Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

4.4 Tipo IV.- Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

4.5 Tipo V.- Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

5. CONDICIONES GENERALES

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones.

5.1 El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

5.2 El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.

5.3 El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.

5.4 El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquesinas de origen salitroso o de otro tipo.

6. REQUISITOS

6.1 Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.- El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 1.

TABLA 1.- REQUISITOS OBLIGATORIOS: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm ²)	DENSIDAD (mínimo en g/cm ³)
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite	1,50
					60	Sin limite
II Alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1,60
					70	1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1.- La **variación** de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

NOTA 2.- El **alabeo** se aplica para concavidad o convexidad.

6.2 Absorción y coeficiente de saturación.- El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de Arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2.- REQUISITOS COMPLEMENTARIOS: Absorción y coeficiente de saturación.

TIPO	ABSORCION (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
I	Sin Límite	Sin Límite
II	Sin Límite	Sin Límite
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

NOTA 1.- El **ensayo** de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

NOTA 2.- El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

6.3 Durabilidad.- La tabla 3 indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de uso y la condición de intemperismo a que se encontrará sometida la construcción de albañilería.

TABLA 3.- Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo.

CONDICION DE USO	CONDICION DE INTEMPERISMO		
	BAJO	MODERADO	SEVERO
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier Tipo	Tipos II, III, IV y V.	Tipos IV y V.
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipos III, IV y V.	Tipos IV y V.	Ningún tipo.

NOTA 1.- La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

NOTA 2.- La definición de índice de degradación se incluye en el apéndice A.

ANTECEDENTES

- * Proyecto de investigación 3120
“Investigación del ladrillo de arcilla fabricado en el Perú para la elaboración de la Norma Técnica Nacional”.
- * Proyecto de Norma Técnica, resultado de la Investigación.
- * Normas Extranjeras ASTM (EE UU), ISO (Internacional), NF (Francesa), INDITECNOR (Chilena), INEN (Ecuatoriana), IRAM (Argentina), ABNT (Brasilera), UNIT (Uruguay), ICONTEC (Colombiana), BSI (Inglesa), SABS (Sud Africana).

PROPIEDADES DEL LADRILLO DE ARCILLA EN RELACION A SU UTILIZACION EN ALBAÑILERIA

Para la elaboración de la NORMA TECNICA NACIONAL PARA EL LADRILLO DE ARCILLA EN ALBAÑILERIA se ha tenido en cuenta, principalmente, aquellos requisitos del ladrillo que afectan el comportamiento, la calidad y las propiedades de las construcciones de albañilería. En este contexto es imprescindible tener en cuenta que si bien existe relación entre las propiedades del ladrillo y las de la albañilería, estas propiedades en ningún modo son idénticas, ya que se trata, en realidad, de dos materiales distintos.

Consecuentemente, se ha considerado necesario incluir en este Apéndice “A” una explicación sucinta acerca de la relación entre las propiedades de ambos materiales; en particular se analiza aquellas propiedades materia de la Norma, pero también se evalúan aquellas otras que, aunque no están normadas, pueden influir en la calidad de la albañilería y que por lo tanto, deberán formar parte de las especificaciones de construcción.

Los criterios que permitieron definir los requisitos y ensayos que debían incluirse en la norma y aquellos que podían quedar sólo como recomendación, se establecieron en base a los resultados de la investigación y ensayo de ladrillos típicos producidos en 31 ladrilleras representativas ubicadas en 14 departamentos del Perú.

Adicionalmente, se consideró necesario incluir en la norma sólo aquellas propiedades y ensayos, cuya medición es compatible con los recursos técnicos o facilidades de laboratorio con que se cuenta en las diferentes localidades del país. Esta decisión se refleja en los requisitos de clasificación para cada tipo.

A.1 GEOMETRIA: VARIACION DE DIMENSIONES O ALABEO.

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de

mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar los ladrillos de modo tal de absorber las irregularidades de estos y, la segunda, es pegar los ladrillos de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Cuando las imperfecciones del ladrillo exceden los valores indicados para el Tipo IV el espesor de la junta tiene que ser necesariamente mayor de 12 mm. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15% por cada incremento de 3 mm el espesor de la junta de mortero.

En resumen, las imperfecciones geométricas del ladrillo inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

Adicionalmente, resulta obvio que el aspecto de la albañilería se deteriora con imperfecciones crecientes en el ladrillo.

A.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION.

La resistencia a la compresión de la albañilería ($f'm$) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ($f'b$), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

De todos los componentes anteriormente citados, los pertinentes a una norma de ladrillo son la resistencia a la compresión y la geometría del ladrillo. En el acápite 1 de este Apéndice "A" se ha explicado la influencia de la perfección geométrica del ladrillo, queda por precisar la relación de la resistencia a la compresión del ladrillo con la de la albañilería.

Se estima que la resistencia a la compresión de la albañilería, representada por la prueba a rotura de un prisma normalizado, es del 25% al 50% de la resistencia a la compresión del ladrillo. Los valores más bajos (25%) corresponden a condiciones de construcción y calidad de mortero bajas y los más altos (50%) representan el límite superior de la albañilería obtenible con un determinado ladrillo en condiciones óptimas.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la forma de falla a compresión es diferente en la prueba del prisma de albañilería que en la prueba del ladrillo. En el primer caso la falla ocurre por una combinación de compresión axial y tracción lateral (causada por el escurrimiento del mortero de las juntas), mientras que en la prueba del ladrillo la falla ocurre por aplastamiento o corte.

Finalmente, para mantener la coherencia de la clasificación la Norma relaciona, para cada Tipo de ladrillo, la resistencia a la compresión con la perfección geométrica y con las otras propiedades exigibles. De este modo se asegura la normalización de un ladrillo que puede ser empleado en diseños más exigentes y en construcciones con un mejor control, en otras palabras con más eficiencia y economía.

A.3 DENSIDAD.

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. A mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica.

Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta.

A.4 MODULO DE RUPTURA.

Se ha dicho que la propiedad característica de la albañilería es su resistencia a la compresión. Cuando un prisma de albañilería es sometido a una carga de compresión la primera falla ocurre al rajarse verticalmente los ladrillos, como consecuencia de la tracción lateral ocasionada por la tendencia del mortero a

fluir lateralmente y escapar de entre los mismos. Consecuentemente, al aumentar la resistencia a la tracción del ladrillo se aumenta también la resistencia a la compresión de la albañilería.

El módulo de ruptura es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo.

Esta propiedad no ha sido considerada como requisito para la clasificación del ladrillo en virtud de haberse establecido que su valor está relacionado con la resistencia a la compresión y en razón de que la información cuantitativa que ella proporciona acerca de la albañilería no puede establecerse.

Sin embargo, se recomienda la medición del módulo de ruptura cuando se trata de ladrillos tipo IV y tipo V ya que permitirá una mejor selección del ladrillo que se propone emplear.

A manera de referencia se indica a continuación el valor mínimo aproximado obtenible para cada tipo de ladrillo:

TIPO	MODULO DE RUPTURA (daN/cm ²)
I	6
II	7
III	8
IV	9
V	10

A.5 ABSORCION MAXIMA.

La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector.

Tal es el caso de cisternas, jardineras y albañilería de ladrillo visto en zonas muy lluviosas.

A.6 COEFICIENTE DE SATURACION.

El coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie.

El coeficiente de saturación es la relación que existe entre la absorción del ladrillo (cuando se le sumerge en agua un número de horas determinado) y la absorción máxima de ladrillo (medida luego de 5 horas de ebullición). A mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente

el ladrillo y consecuentemente inferior su resistencia a la intemperie. Así un ladrillo con un coeficiente de saturación menor de 0,8 es poco absorbente y es utilizable para cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con un coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente y sólo es utilizable cuando se protege de la intemperie mediante recubrimiento adecuado.

Este criterio de resistencia al intemperismo ha sido incorporado en la Norma para asegurar la adecuada durabilidad de la construcción de albañilería cuando existen condiciones de uso e intemperismo particularmente exigentes.

A.7 INDICE DE DEGRADACION.

El efecto de la exposición a la intemperie en los ladrillos tiene que ver con el “índice de degradación” que equivale al producto de la cifra del promedio anual de días de ciclo de congelamiento y el promedio anual de precipitación invernal (en pulgadas), definidos de la siguiente forma:

Un día de ciclo de congelamiento es cualquier día en el cual la temperatura del aire pasa por encima o por debajo de 0°C. El número promedio de días de ciclo de congelamiento en un año puede ser considerado como igual a la diferencia entre el número medio de días durante los cuales la temperatura máxima fue de

0°C o menos. La precipitación invernal es la suma, en pulgadas de la precipitación media mensual corregida que ocurre durante el período entre la primera helada temprana en el otoño y la fecha normal de la última helada temprana de la primavera. La precipitación invernal para cualquier período es igual a la precipitación total menos un décimo de la caída total de nieve, hielo o granizo. La precipitación para cualquier porción del mes se obtiene haciendo el prorrateo.

La región de degradación severa tiene un índice de degradación de 500 ó más. La región de degradación moderada tiene un índice de degradación de 100 ó

499. La región de degradación insignificante tiene índices de degradación de 99 ó menos.

Para evaluar las condiciones de intemperismo se seleccionaron las ciudades de Huancavelica y Puno y se utilizó la información disponible del SENAMHI de los últimos 5 años. Para estas ciudades se obtuvo un índice de degradación de 210 y 250 respectivamente, concluyéndose que en el país las áreas urbanas no se presentan en zonas con intemperismo severo. Sin embargo se ha dejado abierta en la Norma la posibilidad de que se requiera edificar en zonas con intemperismo severo empleando ladrillo.

A.8 SUCCION.

Está demostrado que con ladrillos que tienen una succión excesiva no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece no logrando un contacto completo e íntimo con la cara del siguiente ladrillo. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso.

De las pruebas realizadas se ha obtenido los siguientes valores según los tipos de ladrillo:

TIPO	MODULO DE RUPTURA (daN/cm²)
I	61
II	66
III	53
IV	No se obtuvo valores
V	38

Al obtenerse valores de succión promedio sustancialmente mayores que el límite indicado, se concluye que es indispensable que todo el ladrillo de arcilla

se sature con agua inmediatamente antes de asentarlos, la forma de efectuar esta operación dependerá de la retentividad del mortero a emplearse.

Esta propiedad no está normada como requisito ya que todo el ladrillo investigado excede el límite; sin embargo se incluye la prueba de succión para aquellos ladrillos de arcilla que eventualmente puedan no requerir el tratamiento de saturado con agua.

A.9 EFLORESCENCIA.

En el contexto de la Norma, la eflorescencia es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando éste es humedecido. La objeción principal a la eflorescencia es su efecto sobre la apariencia de la albañilería; sin embargo puede ocurrir si las sales que se cristalizan se encuentran en cantidad importante que la presión que estos cristales ejerzan al crecer causen rajaduras y disgregación de la albañilería. Esta posibilidad debe analizarse en el caso en que la muestra sometida al ensayo sea calificada como “eflorescida”.

No obstante que esta propiedad no está normada como requisito se recomienda realizarla en los casos en que se trate de acabados de ladrillo visto o cuando la albañilería se encontrará sometida a humedad intensa y constante.

APENDICE “B”

EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Teniendo en cuenta que las unidades empleadas en la presente Norma están conforme con la Norma Técnica ITINTEC 821.003 “Sistema Internacional de unidades y recomendaciones par el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades” cuyo uso no está generalizado por la existencia de unidades empleadas tradicionalmente en documentos de estudio y equipos, se hace necesario la inclusión de la tabla de equivalencias siguiente:

EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Unidades SI	Otras Unidades del SI	Unidades Tradicionales
Pa (pascal) * N (newton) *	1 Pa = 1 N/m ² 1 N = 1 kg m/s ²	0,10 kgf/m ² 0,10 kgf
100 Pa 10 000 Pa	1 N/dm ² 1 N/cm ²	0,10 kgf/dm ² 0,10 kgf/cm ²
1 000 000 Pa 1 MPa	1 daN/cm ² = 10 N/cm ² 1 000 000 Pa	1 kgf/cm ²
1 MPa 0,1 MPa	100 N/cm ² 10 N/cm ²	10 kgf/cm ² 1 kgf/cm ²

* Unidades Derivadas SI aprobadas