



**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO E INGENIERIAS**



Escuela profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE
ARROZ EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Bach. Cabrera Vega José Neisel.

Bach. Torres Leonardo Diego Samir.

Asesor: Ing. Víctor Manuel Tepe Atoche

Chiclayo, Mayo del 2017

SUSTENTACIÓN DE TESIS

Título:

“EVALUACION DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN MORTEROS DE
MAMPOSTERIA”

Presentado como requisito para optar el **Título Profesional de INGENIERO CIVIL**, y sustentado por:

José Neisel Cabrera Vega
Bachiller en Ingeniería Civil

Diego Samir Torres Leonardo
Bachiller en Ingeniería Civil

Aprobado por los siguientes Miembros de Jurado:

.....
Ing. Eithel Yvan Medrano Lizarzaburu
PRESIDENTE

.....
Ing. José Ricardo Silva Sánchez
SECRETARIO

.....
Ing. Luis Humberto Sipirán Gallardo
VOCAL

Fecha de Sustentación: Chiclayo, jueves 25 de mayo de 2017

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar con mis estudios; por ello, con toda humildad que de mi corazón puede emanar dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual modo, dedico esta Tesis:

A mi Madre Alejandrina Vega Rodríguez, que ha sabido formarme con sus buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi Padre Jesús Idacio Cabrera Gómez, que siempre ha estado junto a mí y me ha brindado su apoyo hasta el final de lograr esta meta.

A mis Hermanos porque me han brindado su apoyo incondicional y compartir buenos y malos momentos.

JOSE NEISEL CABRERA VEGA

DEDICATORIA

A DIOS Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día.

A mi Madre JADEX MIRELA LEONARDO LLAGUENTA por ser la persona que me acompañado todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, durante este arduo camino para convertirme en un profesional

A mi Padre RODOLFO JOEL TORRES HUAMAN quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional

A mis Hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

DIEGO SAMIR TORRES LEONARDO

AGRADECIMIENTO

A Dios Por darme sabiduría, salud, vida, la fuerza y entereza para culminar mis estudios y darme la perseverancia de haber logrado mi meta proyectada.

A mi madre que es la inspiración de mi vida porque su cariño y ejemplo me ha transformado una mejor persona y profesional

A mi padre por apoyarme y enseñarme el verdadero significado del amor, el trabajo, la dedicación y la comprensión.

Agradezco a todos mis Hermanos que me apoyaron en la realización de este sueño, porque sin ellos no habría sido posible.

JOSE NEISEL CABRERA VEGA

AGRADECIMIENTO

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis son simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta apoyarme incondicionalmente.

Gracias a mi padre por anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a Dios por la vida y salud de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar a lado de las personas que sé que más me aman y a las que yo sé que más amo en mi vida.

Gracias a Dios por permitirme amar a mis padres, gracias a mis padres por permitirme conocer de Dios y de su infinito amor.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta Tesis.

DIEGO SAMIR TORRES LEONARDO

DECLARACION JURADA

Conste por el presente documento, al que brindo mayor fuerza legal, que Yo: José Neisel Cabrera Vega, de Nacionalidad Peruana, de 39 años de edad, identificado con DNI N° 80293700, domiciliado en Av. Huamachuco N°298 Lambayeque, en pleno goce de los derechos constitucionales.

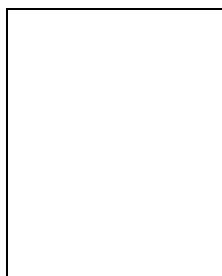
DECLARO BAJO JURAMENTO

Que, la Tesis “EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA”, formulada para la obtención de mi Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Particular de Chiclayo, ha sido formulada por mi persona, siendo su contenido producto de mi actividad mental y no de plagio o copia de alguna otra tesis o documento similar; en caso de comprobármese falsedad alguna me someto a las sanciones que haya lugar.

Formulo la presente Declaración Jurada para los fines legales de tramitación de obtención del Título Profesional.

Para mayor constancia y validez, firmo y estampo la impresión digital al pie del presente documento para los fines legales correspondientes.

Chiclayo, 25 de Mayo del 2017.



Huella Digital índice derecho

.....
José Neisel Cabrera Vega
DNI N° 80293700

DECLARACION JURADA

Conste por el presente documento, al que brindo mayor fuerza legal, que Yo: Diego Samir Torres Leonardo, de Nacionalidad Peruana, de 26 años de edad, identificado con DNI N° 46777538, domiciliado en Av. Rivadeneira N°357 Lambayeque, en pleno goce de los derechos constitucionales.

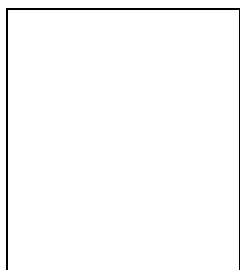
DECLARO BAJO JURAMENTO

Que, la Tesis “EVALUACIÓN DEL USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN MORTEROS DE MAMPOSTERÍA”, formulada para la obtención de mi Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Particular de Chiclayo, ha sido formulada por mi persona, siendo su contenido producto de mi actividad mental y no de plagio o copia de alguna otra tesis o documento similar; en caso de comprobármese falsedad alguna me someto a las sanciones que haya lugar.

Formulo la presente Declaración Jurada para los fines legales de tramitación de obtención del Título Profesional.

Para mayor constancia y validez, firmo y estampo la impresión digital al pie del presente documento para los fines legales correspondientes.

Chiclayo, 25 de Mayo del 2017.



Huella Digital índice derecho

.....
Diego Samir Torres Leonardo
DNI N°46777538

PRESENTACIÓN

- 1. Título: “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en morteros de mampostería”**
- 2. Autores:** Bach. Cabrera Vega José Neisel.
Bach. Torres Leonardo Diego Samir.
- 3. Director de Tesis:** Ing. Tepe Atoche Víctor Manuel
- 4. Centro de Investigación:** Universidad Particular de Chiclayo.
- 5. Área y Línea de Investigación:** Innovación tecnológica de los materiales.
- 6. Tipo de Investigación:** Experimental.
- 7. Lugar de Ejecución:**
Distrito: Chiclayo, Provincia: Chiclayo, Departamento: Lambayeque.
- 8. Duración Estimada:** 6 meses.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	vii
PRESENTACION	ix
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	 1
1.1 Realidad Problemática	3
1.2 Formulación del Problema	3
1.3 Hipótesis	4
1.4 Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivo Específico	4
 CAPITULO II: BASES TEORICAS	 5
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco Teórico	19
2.3 Definición de Términos	22
 CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	 24
3.1 Variables	25
3.2 Operacionalización de la variable	26

3.3	Metodología	27
3.4	Tipos de Estudio	27
3.5	Diseño	27
3.6	Población, muestra y muestreo	28
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.8	Método de análisis de datos	33
3.9	Aspectos Éticos	34
CAPITULO IV:	RESULTADOS	38
CAPITULO V:	DISCUSION	79
CAPITULO VI:	CONCLUSIONES	81
CAPITULO VII:	RECOMENDACIONES	84
CAPITULO VIII:	PROPUESTA	87
CAPITULO IX:	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93
CAPITULO X:	ANEXO	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables_____	26
Tabla 2: Documentos técnicos _____	31
Tabla 3: Contenido de humedad _____	39
Tabla 4: Peso específico de sólidos _____	39
Tabla 5: Grado de absorción _____	39
Tabla 6 :Peso unitario suelto _____	40
Tabla 7: Peso volumétrico varillado _____	40
Tabla 8: Análisis granulométrico por tamizado_____	40
Tabla 9: Ensayo de fluidez – CONVENCIONAL_____	42
Tabla 10: Ensayo de fluidez – ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ_____	42
Tabla 11: Ensayo de peso unitario – CONVENCIONAL_____	43
Tabla 12: Ensayo de peso unitario – ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ_	43
Tabla 13: Ensayo de resistencia a la compresión.- CONVENCIONAL_____	45

Tabla 14: Ensayo de resistencia a la compresión.- ADICIONADO 10% DE CASCARILLA DE ARROZ	46
---	----

Tabla 15: Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral- CONVENCIONAL	48
---	----

Tabla 16: Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral.- ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ	49
---	----

Tabla 17: Ensayo de variabilidad dimensional ladrillo artesanal	52
---	----

Tabla 18: Ensayo de variabilidad dimensional ladrillo kk industrial	53
---	----

Tabla 19: Resistencia a la compresión axial ladrillo artesanal	55
--	----

Tabla 20: Resistencia a la compresión axial ladrillo kk industrial	56
--	----

Tabla 21: Absorción ladrillo artesanal	59
--	----

Tabla 22: Absorción ladrillo kk industrial	60
--	----

Tabla 23: Ensayo de succión ladrillo artesanal	64
--	----

Tabla 24: Ensayo de succión ladrillo kk industrial	65
--	----

Tabla 25: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=0.5$ cm	67
--	----

Tabla 26: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=0.5$ cm	68
--	----

Tabla 27 : Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=0.5$ cm	69
---	----

Tabla 28 : Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=0.5$ cm_____70

Tabla 29 : Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=1$ cm _____71

Tabla 30: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=1$ cm_____72

Tabla 31: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=1$ cm _____73

Tabla 32: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=1$ cm_____74

Tabla 33: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=1.5$ cm _____75

Tabla 34: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=1.5$ cm_____76

Tabla 35: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal $j=1.5$ cm _____77

Tabla 36: Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial $j=1.5$ cm_____78

RESUMEN

La construcción es una actividad que demanda la inversión de recursos que impactan de manera significativa el medio ambiente, ya sea para obtener o producir materiales o bien la ejecución de proyectos, por esta razón la búsqueda de nuevas alternativas y tecnologías son fundamentales para satisfacer la demanda de vivienda de los sectores con menos ingresos, sin descuidar los aspectos de seguridad y comodidad. La generación de desechos generados por el ser humano va en aumento (pueden ser definidos como subproductos de la agricultura, forestales, procesos industriales e incluso domésticos), que esencialmente no tienen nada que ver con la construcción, pero que, con tratamiento y procesamiento especial, o unidos con otros materiales, puede sustituir económicamente, o incluso mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales.

Dentro de estos, los residuos agrícolas (desechos orgánicos) como la cáscara de arroz, desechos de coco y madera, cañas y pajas, bagazo de caña de azúcar, hojas y tallos de plátano, líquido de cáscara de nuez, así como algunos desechos de vegetales varios; han sido evaluados en otros países como por ejemplo Canadá, Estados Unidos, China, Colombia, etc. Para aprovecharlos dentro de las diferentes actividades de la construcción y disminuir los impactos ambientales ocasionados.

Esta investigación evaluará el aprovechamiento de la cáscara de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería dada las ventajas que ofrece, para lo cual se elaborarán morteros con diferentes contenidos de cáscara de arroz de acuerdo con procedimientos y especificaciones de las normas técnicas aplicables.

ABSTRACT

Construction is an activity that demands the investment of resources that significantly impact the environment, either to obtain or produce materials or the execution of projects, for this reason the search for new alternatives and technologies are fundamental to meet the demand Of housing of the sectors with less income, without neglecting the aspects of security and comfort. The generation of waste generated by humans is increasing (they can be defined as agricultural byproducts, forestry, industrial and even domestic processes), which essentially have nothing to do with construction, but with special processing and processing , Or bonded with other materials, can economically replace or even improve the quality of conventional building materials.

Among these, agricultural wastes (organic wastes) such as rice husks, coconut and wood debris, canes and straws, sugar cane bagasse, banana leaves and stems, walnut shell liquid, as well as some Various vegetables; Have been evaluated in other countries such as Canada, the United States, China, Colombia, etc. To take advantage of them within the different construction activities and reduce the environmental impacts caused.

This research will evaluate the use of rice husk as an organic aggregate in masonry mortar because of the advantages it offers, for which mortars with different rice shell contents will be made according to procedures and specifications of the applicable technical standards.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Introducción

La construcción sostenible o la utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, el reciclaje, la reutilización y la recuperación de materiales; y un diseño y proceso constructivo que minimice los impactos ambientales, conllevan a un cambio de mentalidad en la industria de la construcción.

En este mismo sentido, la tecnología del mortero presentado en este proyecto de investigación responde con las características de sostenibilidad que potencian al material en un nuevo mercado, mejorar las condiciones medioambientales y ahorrar recursos; esta visión incluye tanto la energía, el agua y los materiales, como los sistemas o estrategias que inciden sobre el concepto global de calidad.

La tecnología del mortero y el mejoramiento de las condiciones medioambientales se acoplan en el mortero adicionado con cascarilla de arroz, material compuesto por una matriz de cemento, agregado fino y un compuesto orgánico, con la principal característica de ser un mortero más económico sin descuidar su resistencia.

1.1. Realidad Problemática.

Un problema en la actual actividad humana por solucionar en los países en desarrollo, es el tratamiento a la inmensa cantidad de residuos que se generan en la industria y la agricultura, siendo una parte significativa de dichos residuos biomasa, que podría ser eventualmente empleada como un combustible renovable o en la industria de los materiales de construcción.

En el presente proyecto de investigación se analizará la utilización de la cascarilla de arroz en reemplazo de un porcentaje de agregado fino para la preparación de morteros de albañilería, respetando lo estipulado en la norma ASTM C-270.

1.2. Formulación del problema.

El desarrollo de nuevos materiales es una tarea de los profesionales del campo de la construcción, esto requiere de investigación y dedicación, con este proyecto se espera aportar un granito de arena a esta tarea, este objetivo se logra a través del tiempo, para el caso del mortero elaborado con cascarilla de arroz, el cual es temática del proyecto, se requiere un estudio detallado y secuencial, que seguramente será un aporte completo a la ciencia de los nuevos materiales de construcción en un futuro cercano.

Para el caso de nuestra investigación obtendremos las principales características del agregado fino a utilizar, como su granulometría, módulo de fineza, contenido de humedad, absorción, peso unitario, peso específico, superficie específica y material que pasa la malla N°200.

Así como también realizaremos ensayos para hallar la fluidez y el peso unitario en el mortero en estado fresco; y resistencia a la compresión y a la tracción en el mortero en estado endurecido.

Pero no solo analizaremos el mortero sino también las unidades de albañilería, de las cuales

hallaremos experimentalmente sus siguientes propiedades: variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, absorción y succión.

Finalmente, también elaboraremos pilas de albañilería-mortero, con mortero adicionado con cascarilla de arroz y con mortero convencional; las cuales ensayaremos a los 28 días por corte directo y por compresión axial.

1.3. Hipótesis

El mortero de mampostería adicionado con cascarilla de arroz, tiene propiedades mecánicas adecuadas para ser usado en la construcción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

a) *Evaluar el uso de la cascarilla de arroz en morteros de mampostería.*

En términos más amplios significa demostrar que con la incorporación de cascarilla de arroz en morteros de mampostería, en tamaño y porcentaje óptimo, se puede elaborar un material durable y competitivo, con propiedades físicas y mecánicas adecuadas.

1.4.2. Objetivos específicos

a) *Elaborar y evaluar morteros de albañilería con diferentes contenidos de cascarilla de arroz.*

Consiste en determinar mediante un diseño experimental, el tamaño y porcentaje óptimo de adición de cascarilla de arroz para reforzar el mortero de concreto elaborado con agregados locales.

CAPÍTULO II: BASES TEORICAS

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

A NIVEL INTERNACIONAL

En la Tesis de Maestría **Estudio del mortero de pega usado en el cantón cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal.** (González de la Cadena, 2016) manifiesta “Esta investigación trata sobre el mortero de pega de mampostería, se estudia los materiales que lo componen, luego las propiedades del mortero de cemento-arena con dosificaciones similares a las de obra y un similar en condiciones de laboratorio, seguido se definen diferentes morteros de cemento-cal-arena. Con todos los morteros se realizan los mismos ensayos, en estado plástico los de: plasticidad, contenido de aire, retención de agua, y en el estado endurecido la resistencia a compresión. Además se estudia el mampuesto usado en Cuenca. Se concluye la investigación con un análisis y valoración de los resultados obtenidos en la etapa de experimentación” (p.2, 83-86). El estudio y los diferentes análisis que se realizaron en este estudio sobre el mortero de pega de mampostería usado en el cantón Cuenca, permite las siguientes conclusiones:

- Los materiales constituyentes del mortero de pega con los que se cuentan en nuestra localidad, cumplen con los requisitos establecidos en las NTE INEN.
- El diseño volumétrico del mortero de cemento-arena, que se emplea de forma generalizada en nuestras obras para pega de mampostería y que es más conocido como mortero común 1-3, tiene como propiedad más importante su resistencia a la compresión, su dosificación se le realiza volumétricamente sin tomar en cuenta factores que pueden presentarse en sus componentes, principalmente en el árido que en condiciones de obra puede presentar índices muy variables de humedad retenida y factor de esponjamiento porque en general están expuestos a la intemperie, afecta también el aplicarlo en iguales o similares condiciones utilizando diferentes mampuestos.

Lo que lleva a tener problemas en el comportamiento de la mampostería, en la NTE INEN 2518. Se recomienda que la resistencia a la compresión del mortero no debería ser superior a la de los mampuestos, porque si se llegaría a producir fallas o fisuras en la mampostería, se esperaría que ésta se presente en el elemento de menos resistencia, cuando la falla o fisuras se da en el mortero de pega, su reparación es más fácil.

- La falta de interés e investigación sobre el mortero en cualquiera de sus aplicaciones: pega, revoque o enlucido, relleno, reparación, etc. hace que se vuelva difícil su estudio y ensayo. Laboratorios locales, sean privados o institucionales, están dirigidos o cuentan con la instrumentación para ensayos especializados del hormigón y de los materiales que lo componen, al parecer el hormigón por su función estructural, es continuamente monitoreado. Pero la nueva tendencia en nuestra localidad, país e incluso región, es el poder generar viviendas de interés social de muchas características como; las autosustentables, con reciclajes de materiales, construcciones realizadas por el usuario final o propietario, paneles para tabiquerías, nuevos mampuestos o piezas para mampostería, lo que nos lleva a reflexionar que es necesario el estudio, no sólo de algunos de los elementos mencionados anteriormente sino también a los productos complementarios que se usarían en la confección de los morteros de pega.

- Se debe desarrollar investigación y desarrollo, de acuerdo a las necesidades y realidades de nuestra sociedad, generando normativa propia y no referenciar las normas de otros países que en su momento estudiaron y normaron estos materiales, pero que su realidad social e incluso económica ha hecho que sus sistemas constructivos sean completamente a los que usamos o conocemos como construcción tradicional en nuestro medio, es decir, no se puede esperar que normas extranjeras tengan parámetros a ser utilizados por nosotros en nuestro ejercicio diario, en el campo de la construcción.

- Los morteros de cemento-arena mejoran considerablemente cuando se adiciona cal como componente del mortero. Así, en este estudio se analizan las propiedades en estado plástico y endurecido.
- En estado plástico se mejoran propiedades que podemos cuantificar como el contenido de aire y el porcentaje de retención de agua es menor que el de los morteros de cemento y cualitativamente mejora la plasticidad y trabajabilidad de la mezcla.
- En estado endurecido, los morteros de cemento estudiados tienen mejores en las pruebas de resistencia a la compresión que los que contienen cal en un curado de 28 días en agua, y cuando las muestras ensayadas, a modo de experimento, fueron retiradas del agua a los 7 días de curado y se ensayaron a los 14 y 35 días de edad, se observó una mejora en resistencia a compresión de los morteros que contienen cal y una tendencia a la baja o decrecimiento de la resistencia esperada en los morteros de cemento-arena.

Este experimento se le realiza ya que la norma para el ensayo de cubos de mortero indica que estén curados en agua los 28 días, pero en las prácticas se podía observar que los morteros con cal tenían resistencias bajas, el experimento consiste en permitir que la cal aporte a la mezcla resistencia a la compresión retirando las muestras del curado en agua, lo que permitiría la carbonatación de la cal por ser un material aéreo. Al permanecer dentro de agua el aporte de resistencia a la compresión lo hace solo el cemento ya que, al ser un material hidráulico, éste puede fraguar o endurecerse bajo agua, este es una característica que se debe tener en cuenta, incluso dentro de las normas, ya que estas no contemplan el comportamiento o aporte de la cal como un material aéreo. La retención de agua en las muestras en estado endurecido guardan las mismas características que en estado plástico, es decir, los morteros con cal pierden menos cantidad de

agua que los morteros de cemento. Por lo expuesto, se puede concluir que los morteros con adiciones de cal mejoran cuantitativamente y cualitativamente muchas propiedades en sus dos estados en comparación a los morteros de cemento-arena, como es el caso del mortero de pega de mampostería utilizado en el cantón Cuenca. La adición de cal como componente, no representa un costo mayor en la elaboración del mortero y la incidencia en el costo de construcción de una vivienda es mínima, como se demostró en el análisis de precios presentados en esta investigación.

Las principales recomendaciones para escoger un mortero de pega de mampostería, que se establece después de este estudio; es que la resistencia a la compresión de un mortero no es la principal característica que se debe tener en cuenta en el momento de la selección del tipo de mortero a ser utilizado en la confección de una mampostería porque este tiene muchas propiedades tanto en su estado plástico y endurecido, que son mucho más importantes como el contenido de aire, fluidez, retención de agua entre las más importantes. Además se tiene que conocer las características de los mampuestos porque el comportamiento y calidad de una mampostería dependerá directamente de estos dos componentes, se debe conocer si la capacidad de absorción de agua que tienen los mampuestos, necesitan de un mortero que tenga mayor retención de agua por ejemplo y además, la resistencia individual del mampuesto no debe exceder a la del mortero, porque si el comportamiento de la mampostería confeccionada produce fisuras por cualquier defecto, sea este por construcción o por la calidad de sus componentes, la resistencia menor del mortero permitirá que las fisuras se presenten, es este componente y no en el mampuesto lo que facilitará su corrección y mantenimiento.

(Escobar Fernández, 2013) En la Tesis **Estudio del comportamiento mecánico de morteros fabricados a base de filita**, se puede observar que: “Se han preparado distintos morteros en los que se han empleado contenidos variables de filita y un cemento comercial hasta llegar a un 90% de filita en peso” (p.35-36). Tras el estudio de los distintos morteros se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los morteros con aditivos poseen un comportamiento mecánico mejor que los morteros sin aditivos.
- El mortero con mejores cualidades para que su uso sea generalizado, a nivel comercial, es el obtenido a base de un 70% filita y un 30% cemento pues es el que posee una resistencia mecánica a flexión y a compresión superior. Esta alta resistencia lo hace el idóneo para resistir la erosión provocada por los efectos climáticos. También el mortero 70/30 se caracteriza por una mayor consistencia que lo convierte en el más idóneo para trabajar sobre paredes verticales. Y lo más importante, es el más económico.
- El mortero realizado con el 80% de filita y un 20% de cemento también posee una gran trabajabilidad para ser usado tanto en superficies horizontales como verticales, pero presenta un 60% menos de resistencia a flexión como a compresión (comparando en el 70/30) y por tanto, no lo habilita para su uso en paredes exteriores sometidas a factores ambientales. Un uso idóneo serían las construcciones rurales destinadas al almacenamiento.
- El mortero fabricado a base de un 90% de filita y un 10% de cemento queda totalmente descartado para su uso comercial por su baja resistencia mecánica a flexión y a compresión, a pesar de ser el más impermeabilizante de acuerdo con los datos de coeficiente de permeabilidad.

Antes de dar los resultados como definitivos, debemos tener en cuenta que los ensayos se han realizado una sola vez para cada tipo de mortero cuando lo correcto hubiese sido repetir cada

ensayo unas diez veces para poder tener unos resultados fiables con la menor dispersión posible. Sin embargo, en una primera aproximación, y como ensayo para establecer criterios de trabajo, son de suma utilidad. Los ensayos tampoco se han realizado en las mejores condiciones ni con las herramientas adecuadas habiéndose presentado las siguientes dificultades:

- El vaso usado en el ensayo para la determinación de la densidad era un vaso de plástico que se encontraba en las instalaciones del Departamento de Ingeniería Química.
- Las balanzas disponibles con una precisión de $\pm 0,01$ gramos no poseían una cubierta que la aislara de las corrientes de aire lo que hacía que oscilaran constantemente dificultando la correcta medida de los aditivos.
- La cámara humedad dispone de un aparato para regular la humedad de la habitación el cual esta defectuoso lo que provocó que el suelo de la cámara permaneciera inundado manteniendo la cámara al 100% de humedad relativa durante todo el proceso de fraguado de las probetas.
- No se ha dispuesto de una máquina de rotura a flexión homologada por lo que se tuvo que idear un sistema para usar la máquina de compresión como máquina a flexión.
- La aguja que mide la carga de rotura en la máquina de compresión estaba ligeramente doblada hacia la izquierda, además carecía de espejo en la esfera de las escalas lo que resta precisión a las medidas.

Con motivo de las dificultades encontradas, debemos indicar que este estudio sobre el comportamiento mecánico de los morteros estudiados debería ser considerado como la base para posteriores estudios que se quieran realizar sobre este campo y que dispongan de mejor instrumental.

(Chur Pérez, 2010) En la Tesis **Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería** se concluyó que: “La densidad de arena de río es mayor la de cascarilla de arroz, lo cual significa que a mayor cantidad de adición de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos. Se pudo observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente. La relación agua/cemento de los morteros evaluados es directamente proporcional al contenido de cascarilla de arroz (a mayor contenido de arroz, mayor cantidad de agua”. (p.73). Se elaboraron y evaluaron morteros de mampostería con diferentes dosificaciones. El uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados.

El Paper titulado **Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular**, indica que:

En este trabajo se consideran específicamente los materiales conglomerados (morteros y mini hormigones) de cemento Portland con cascarilla de arroz en estado natural o con tratamiento previo como agregado granular compuesto con partículas silíceas. Se han diseñado distintas dosificaciones y determinado las propiedades geológicas (viscosidad, elasticidad, relajación) en estado fresco y mecánicas en estado endurecido, de las mezclas resultantes. El empleo de cascarilla de arroz (material de desecho común en la zona) como componente granular, y una tecnología que no requiere mano de obra especializada o equipos sofisticados de compactación y colocación, permitirá acercar esta propuesta a los usuarios de menores recursos, y la utilización de estos materiales en la construcción de viviendas de bajo costo. (Bizzotto, Natalini, & Gómez, 1998) . (p.7- 8)

Este trabajo ha demostrado la posibilidad de obtener Materiales Conglomerados de Cemento Portland haciendo uso de un elemento de desecho común en la zona (cascarilla de arroz) como agregado granular de base, compuesto con arena silíceo natural. La cascarilla de arroz, por ser un elemento orgánico, al conformar la mezcla interfiere el proceso químico de endurecimiento del cemento, impidiendo su aglomeración como componente granular, Esto se controla incorporando al agua de amasado una formulación compuesta de aditivos químicos de acción múltiple que mineraliza las partículas granulares de origen orgánico. Otra forma de contrarrestar el efecto negativo de los ácidos orgánicos en combinación con el cemento es aplicar a la cascarilla de arroz un proceso previo que consiste en sumergirla en solución de cal en agua al 5% durante veinticuatro horas y luego secarla hasta su condición de saturada con superficie seca para usarla como un agregado granular normal.

Los materiales conglomerados (Morteros o Minihormigones) que aquí se han desarrollado no tienen elevada resistencia mecánica, pero el uso de cascarilla de arroz como agregado granular los hace livianos y económicos. Los Minihormigones con cascarilla de arroz natural tienen un porcentaje de aire intergranular en la mezcla fresca entre 20 y 45%, lo que mejora su trabajabilidad con gran fluidez y sin segregación de los componentes. Eso permite su aplicación en elementos constructivos de secciones esbeltas y/o densamente armadas, con compactación simple y manual. Tratar la cascarilla de arroz con agua de cal, previo a su utilización en los minihormigones, permite prescindir del uso de aditivos químicos que pueden resultar inaccesibles por su alto costo a los usuarios de menores recursos para quienes están especialmente destinados estos materiales.

En la Tesis **“Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia”** (Sierra, 2009) (p.73) se concluye que:

- En la actualidad y dado el nivel de investigaciones, a partir de la cascarilla de arroz y su aglomeración con otros elementos naturales y subproductos agrícolas obtener valores competitivos de conductividad térmica para aplicaciones en el área de los aislamientos-
- El uso de la cascarilla de arroz en sistemas de estufas aprovechando su poder combustible de vieja data entre los campesinos pero no tan difundido, surge como una alternativa para todos aquellos que aún no tienen acceso a cocinas gas natural o gas propano, ya que es de bajo costo, fácil acceso, posee menos riesgo de incendiarse, poco humo y ayudaría el control de la disposición final de la cascarilla.
- En Colombia se dan investigaciones en el uso diverso de las propiedades de la cascarilla y se nota la vinculación de particulares universidades e instituciones estatales en el proceso.
- La normatividad constitucional del país crea un espacio adecuado para liderar procesos investigativos cuya finalidad genere soluciones a los problemas ambientales en un nivel preventivo.

En el trabajo de investigación **“Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción”**, publicado en la Revista Inventum N° 6 Facultad de Ingeniería Uniminuto (Mafla, 2009)(p. 74- 78) se indica que:

El cemento Portland es un material que se utiliza ampliamente en la construcción de viviendas, puentes, vías, entre otras aplicaciones. En la actualidad existe un notable interés en la búsqueda de materiales cementantes que permitan mejorar la resistencia mecánica, la respuesta al ataque de los ácidos, y que favorezcan ciertas propiedades funcionales del concreto como la conductividad eléctrica, el apantallamiento contra la radiación electromagnética, y la radiación ionizada, entre

otras. De otra parte, con el fin de reducir costos en la producción del cemento, reutilizar desechos industriales y la búsqueda de cementos con características especiales, se viene proponiendo la adición de algunos de estos mismos desechos para aprovechar la naturaleza pusilánima que algunos presentan.

En este documento se estudia la adición del SiO_2 , obtenido de la cascarilla de arroz, al Cemento Portland común y el efecto que esta materia prima tiene sobre el comportamiento mecánico del concreto fabricado con ella. Se indican las características más importantes del SiO_2 que se obtuvo en el laboratorio de la Universidad del Cauca y las curvas de resistencia a la compresión de muestras de mortero.

El dióxido de silicio obtenido de la cascarilla de arroz, desarrollado en la Universidad del Cauca presentó buenas propiedades como material pusilánimo. Su alta pureza y su alta superficie específica hacen que al mezclarlo con el cemento portland y en presencia de agua reaccione fácilmente con el calcio o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ libre. La disminución de dióxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la zona interfacial se puede deber a la reacción de éste con el dióxido de silicio o SiO_2 adicionado, ocasionando un incremento de la densificación del concreto en esta zona y por lo tanto un aumento de la resistencia a la compresión del mismo. Una inadecuada relación agua – cemento ocasiona la formación de agregados esféricos muy duros en el interior del concreto y por lo tanto una abrupta disminución de la resistencia a la compresión. El uso industrial que se le puede proporcionar a corto plazo radica en el hecho de generar nuevas alternativas de construcción haciendo vivienda de menor costo con funcionalidad adecuada. Uno de los campos de uso es la vivienda de interés social, la cual requiere bajos costos de productos y operación.

La misma condición de amorficidad de la estructura sugiere que este material se pueda utilizar tanto en la Industria del Concreto como en la Ladrillera, ya que se garantiza alta reactividad del material con los silicatos, además que puede servir como catalizador o activador en los efectos de sintetizarían (Cocción del ladrillo) que pueden mejorar las condiciones de medio ambiente alrededor de estas industrias. El uso de la cascarilla de arroz sin un previo tratamiento químico es un agente patógeno para el concreto, ya que este contiene un gran porcentaje de materia orgánica que impide el correcto fraguado de la pasta de concreto, por lo tanto siempre se debe considerar eliminar la parte orgánica no solamente por el proceso de quemado sino por el proceso de reflujo.

A NIVEL NACIONAL

En el trabajo de investigación **Elaboración de placas de compuesto de fibra cemento aprovechando residuos industriales como cascarilla de arroz y lodos del proceso de fabricación de papel blanco, como material de construcción de bajo costo**, publicado en la Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM se manifiesta que: “En el Perú se generan 140,000 y 13,000 TM/año de cascarilla de arroz y desechos de la Industria papelera respectivamente, sin valor comercial y sin uso industrial... La investigación demuestra la factibilidad de fabricación de placas de fibra cemento de buena calidad, a satisfacción del sector construcción y a bajo costo. En la presente investigación se buscó darle un valor a la cascarilla de arroz y a los lodos de papel para así obtener una placa de Fibra-cemento capaz de satisfacer las normas de calidad para materiales de construcción” (Camus, Vivar, & Infantes, 2014)(p.91- 98).

Se determinaron las cenizas del papel empleado ($63.47 \pm 0.805\%$ b.s.) y un análisis químico-proximal de la cascarilla (humedad: 8.51%, cenizas: 20.71%, extracto etéreo: 0.73%, proteína

bruta: 1.59%, fibra bruta: 39.75% y carbohidratos: 28.71% b.s.). Se diseñaron formulaciones: cascarilla (5-15%), cemento (30-50%), yeso (15-25%), goma (10%) y lodos de papel (10-20%).

Se caracterizaron las placas según: prueba Brinell (dureza, fragilidad y compactación), densidad, capacidad térmica, resistencia al cizallamiento, prueba de extracción de tornillo, resistencia al hielo/deshielo y la prueba de incombustibilidad. 8 de las 31 formulaciones probadas obtuvieron excelentes propiedades físicas y pueden ser empleadas en la construcción de edificaciones. El objetivo general consiste en demostrar la factibilidad de producir una placa de fibra cemento utilizando cascarilla de arroz y lodos de la industria papelera, de alta durabilidad, fibra ligera, resistente al calor, altamente económico, de uso común y fácil acceso. Como objetivos específicos se pueden mencionar:

- Caracterización de la composición química de la cascarilla y lodos.
- Determinación del proceso de fabricación óptimo.
- Determinación de formulaciones de mezclas para fabricación de placas fibra cemento.

En la Tesis **Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos agrícolas (cáscara y ceniza de arroz), como material sostenible para la construcción** se indica que:

El presente estudio de Investigación se desarrolló en la ciudad de Iquitos - Universidad Nacional de la Amazonia Peruana – Ciudad Universitaria de Zúngaro Cocha, en el área del Centro de Investigación de animales Menores; Ubicado a 45 minutos de la ciudad de Iquitos; así mismo se tendrá como centro de acopio al centro poblado de Zúngaro Cocha. Elaborar ladrillos ecológicos de carácter pusilánimo mediante la incorporación de residuos procedentes del cultivo del arroz, y con bajo coste energético y económico.

Los cuatro tratamientos se comportaron de la misma forma en el incremento de humedad, proceso basado en poner por 24 horas en agua a los ladrillos, tras un proceso previo de secado; donde T1, T2, T3 y T4 muestran una ganancia de humedad del 12% de forma similar, esto está influenciada por el contenido de cascarilla de arroz en los ladrillos, la cual actúa creando poros dentro de los mismos por donde el aire circula generando procesos de evaporación, e influye en el incremento de la humedad. La capacidad de carga, el tratamiento que presento mejor comportamiento fue el tratamiento T2 con el 6,8 Ton, antes de la deformación y/o ruptura del ladrillo, siendo el peor el T1 con la carga mínima de 5.5 Ton. En cuanto a la resistencia a la compresión el mejor tratamiento fue el T3 con 20,1250 Kg/m², y el que menor resistencia tuvo T1 con 17,0750. Basado en la Normatividad, Norma E.070, NTP 399.613, NTP 399.605; estos ladrillos tienen una clasificación TIPO LADRILLO I ya que la compresión es menor a 50Kg/m², resistencia y durabilidad muy bajas. Aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas. (Linarez Ocmín, 2014)(p.9)

2.2. Marco teórico.

Definición de Morteros para Mampostería:

Se entiende por mortero a la mezcla de cemento + agua + agregado fino y hoy en día, posiblemente, aditivos; dicha mezcla es útil para pegar ladrillos y bloques utilizados para mampostería, o como revoque – pañete o revestimiento para cubrir y dar acabado a los muros y paredes, también es usado como plantillas para colocación de pisos.

Componentes

Cemento: Es el responsable de dar las resistencias iniciales. Pueden existir morteros fabricados con cemento Portland o cemento de mampostería.

Cal: Complementa las propiedades del cemento, dándole mayor manejo, plasticidad y retención de agua. Las principales propiedades que brinda el adicionar cal a la mezcla de mortero son:

Adherencia: La cal permite mayor adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería.

Trabajabilidad: La cal permite al mortero ser moldeable incluso al contacto con unidades porosas y muy absorbentes. Esta característica se debe directamente a la gran capacidad de la cal de retener agua por su mayor área superficial y la forma aplanada de las partículas, permitiendo que exista más lubricación en la mezcla y por lo tanto mayor manejo.

Flexibilidad: al adicionar cal a la mezcla de mortero, ésta permite movimientos entre piezas.

Curado de fisuras: Los morteros con cal tienen la capacidad de autorepararse ya que al reaccionar con el agua éste puede salir a través del agua de evaporación, generándose una lechada en las fisuras y haciendo que éstas se sellen.

Agua: Cumple la función de hidratar y dar manejabilidad a la mezcla, y su importancia en los morteros es alta, por lo tanto se debe entender muy bien su función. Mayores cantidades de agua incrementan la adherencia y la manejabilidad pero se disminuye la resistencia y aumentan los cambios volumétricos.

Agregados: Representan en volumen la mayor porción de la mezcla. Es importante tener en cuenta su gradación y contenido de finos, pues esto puede disminuir o aumentar la resistencia, y la cantidad de cemento y cal de la mezcla.

Proceso productivo.

Como mencionábamos anteriormente, los morteros pueden emplearse en la construcción de muros de ladrillos o bloques como pega entre ellos o como revestimientos.

La dosificación puede hacerse por volumen, pero es preferible por peso, siempre utilizando un recipiente de volumen conocido y, en lo posible, utilizar mezcladores mecánicos. El orden recomendado es $\frac{3}{4}$ del agua requerida y $\frac{1}{2}$ de la arena y todo el cemento, mezclar por unos minutos y luego agregar el resto de los materiales. El tiempo de mezclado debe ser entre 4 a 5 minutos, ya que es el necesario para obtener uniformidad sin segregación en la mezcla.

Si el mezclado se realiza manualmente (recomendado solo para trabajos menores) entonces el orden debería ser: primero mezclar la arena, el cemento, y la cal, el mezclado debe hacerse en seco. Con ayuda de una pala removeremos la mezcla hasta que la veamos completamente uniforme.

Como segundo paso se hace un pequeño hueco en el centro donde se irá incluyendo el agua poco a poco mientras mezclamos, hasta obtener una mezcla de aspecto plástico y buena consistencia. Es importante tener en cuenta que la superficie donde se realiza debe ser dura, limpia y no absorbente.

Después de mezclarse los morteros deben usarse antes de que se inicie la hidratación del cemento por contacto con el agua natural de la arena. En ningún caso se pueden utilizar después de 2 horas y media de haber sido mezclados, excepto los morteros de larga vida.

Antes de empezar con la actividad es importante tener en cuenta que las piezas de ladrillo o bloque por su propia naturaleza deben humedecerse antes de colocarlos, debido a su capacidad de absorción. Si no se mojan los bloques antes de su colocación, se corre el riesgo de que al aplicar el mortero de las juntas, parte del agua de la mezcla sea succionada, deshidratando el mortero y haciéndolo perder adherencia. Sin embargo, tampoco se debe saturar en exceso porque causaríamos el efecto contrario, incrementaríamos el agua en la mezcla y se reduciría la resistencia. Algunos estudios indican que es recomendable sumergirlo en agua durante al menos 2 horas.

Por último, es importante luego de la colocación, tener en cuenta los cuidados que se le deben dar al mortero para prolongar su vida útil; un buen curado ayuda a permitir la hidratación del cemento. El curado debe hacerse por lo menos los tres primeros días, y sobre todo en las zonas más cercanas a la superficie y más expuestas.

2.3. Definición de términos.

Absorción

Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (Aa) o como un porcentaje de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (Aa%).

Agregado

Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglutinante para formar concreto hidráulico o mortero.

Contenido de humedad

Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.

Densidad

Relación entre el volumen bruto y la masa (peso) de una unidad o espécimen.

Mortero

Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, etc.

Porosidad

Está dada por la estructura física de la roca que presenta numerosos poros perceptibles a simple vista.

Relación a/c

Es el resultado de dividir la masa del agua entre la masa del cemento utilizados en un concreto o mortero.

Resistencia a la Compresión

Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse, dividida por el área de la sección transversal que la soporta.

Sílice

Existe normalmente como un óxido en forma soluble, insoluble y coloidal que se encuentra en casi todas las rocas, siendo el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita, granito, etc.

Trabajabilidad

Característica de una mezcla o mortero en cuanto a la facilidad que presenta para ser colocado.

CAPÍTULO III:

MARCO

METODOLOGICO

3.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Cascarilla de arroz.

3.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades mecánicas del mortero de mampostería.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1
Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE: CASCARILLA DE ARROZ	Tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, propiedades que le dan diferentes usos en la agricultura, construcción y aislante térmico.	Estas características son provechosas cuando la cascarilla de arroz forma parte de un material de construcción (tabiques), cemento, o de polímeros reforzados, donde se combinan su capacidad como aislante y su resistencia al fuego para proveer un material más resistente.	Propiedades constructivas	Físicas	Densidad
					Tamaño
					Peso
DEPENDIENTE: PROPIEDADES MECANICAS DEL MORTERO DE MAMPOSTERIA	Las propiedades mecánicas de los materiales son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro.	Analizar la influencia de los parámetros: cemento, cascarilla de arroz, agregado, espesor de las juntas y el tipo de ladrillo antes de su asentado, sobre la resistencia a compresión axial ($f'm$) y diagonal ($v'm$) de la albañilería construida con unidades de arcilla.	Resistencia a la compresión axial y diagonal	Ensayos de laboratorio	Agregados
					Mortero de albañilería
					Ladrillo de albañilería
					Pilas de ladrillos

3.3. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo experimental y se evidencia mediante la manipulación de una variable no comprobada que es la cascarilla de arroz, incorporándose a las mezclas de mortero de albañilería y bajo condiciones rigurosamente controladas como variación de la concentración de dicha cascarilla, con el fin de describir el modo y las razones por las que se produce una situación, es decir, de acuerdo a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio para recomendar su uso en áreas de construcción.

En este sentido, la variable independiente es el conjunto de la cascarilla de arroz, que bajo ciertos parámetros, como cambio de tamaño, distintas concentraciones, son manipuladas para producir ciertos efectos específicos en las propiedades del mortero específicamente la resistencia, evaluada a distintas edades de curado, siendo ésta la variable dependiente.

Los resultados obtenidos del proceso experimental de manipulación controlada de las variables han sido reportados y expresados gráfica y tabularmente, analizándose, contrastándose y explicándose sus resultados evidentes, a la luz del logro de los objetivos y de la prueba de la hipótesis de trabajo.

3.4. TIPO DE ESTUDIO

La presente es una investigación cuanti-cualitativa, aplicada en el nivel cuasi-experimental, transversal, prospectivo y sincrónico.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Recopilación de información sobre el tema. Se recopilará información relacionada al tema incluyendo antecedentes e investigación existentes hasta la fecha sobre la utilización

la cascarilla de arroz en el mortero de albañilería.

- Usos de Laboratorio. Se alquilará un laboratorio de ensayo de materiales con el fin de ensayar cada muestra a analizar.
- Recolección de información en campo se verificará si en el país se utilizan morteros mejorados con cascarilla de arroz.
- Trabajo de laboratorio: De acuerdo a la investigación recopilada se procederá a realizar evaluación del comportamiento mecánico del mortero de mampostería adicionado con cascarilla de arroz para su uso en construcción está conformada por unidades individuales de ladrillo, pilas de ladrillo con diferentes grosores de junta, etc.
- Análisis de resultados obtenidos: los resultados de las investigaciones y ensayos de laboratorio se procederá a analizarlos y se interpretarán técnicamente, y se determinará el diseño de mezcla. Dichos análisis proporcionarán las ventajas y desventajas del uso de la cascarilla de arroz en morteros de albañilería.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

La población finita determinada para la evaluación del comportamiento mecánico del mortero de mampostería adicionado con cascarilla de arroz para su uso en construcción está conformada por unidades individuales de ladrillo, pilas de ladrillo con diferentes grosores de junta, etc.

UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis son las propiedades mecánicas del mortero cuando se sustituyen parte del agregado fino por cascarilla de arroz.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Análisis Estadístico: El proyecto se desarrollará en la ciudad de Chiclayo, con agregados de las canteras Tres Tomas en el distrito de Mesones Muro y La Victoria en el distrito de Pátapo, para mejorar la resistencia del mortero de mampostería, y nos permitirá determinar su resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días de su rotura.

MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Deductivo: Porque después de haber definido la variables independiente y dependiente y sus respectivos indicadores, se tuvo que inferir la hipótesis para un adecuado diseño de mezcla que cumpla con la resistencia requerida.

Inductivo: Porque se observó y se registraron los estudios hechos en el laboratorio, para así realizar un adecuado análisis y su clasificación para lograr obtener un diseño de mezcla que cumpla con la resistencia requerida.

Análisis: Porque tenemos que descomponer el objeto de estudio en sus partes para conocer sus riesgos y ventajas.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

Observación: Se estudió los efectos que genera la adición de cascarilla de arroz al mortero convencional, y se anotarán los resultados parciales que se obtengan.

Análisis de Documentos: Se tuvo en cuenta libros, tesis, revistas, normas técnicas, etc., relacionados al tema que se investigó.

3.7.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Guía de observación

Se realizó mediante los diferentes formatos para cada tipo de ensayo. Se emplearán los siguientes formatos:

- Formato para ensayo granulométrico de agregados.
- Formato para ensayo de contenido de humedad de agregados.
- Formato para ensayo de absorción de los agregados.
- Formato para ensayo de peso unitario de los agregados.
- Formato para ensayo de peso específico de agregados.
- Formato para anotar la resistencia mecánica de las probetas.

Guía de análisis de documentos

Se revisaron normas técnicas que facilitaron, un adecuado desarrollo de la investigación

Tabla 2
Documentos técnicos

NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN
(NTP 400.012; 2013)	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	Determinar la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado para ser empleados en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).
(NTP 400.017; 2011)	Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.	Determinar el peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm. Se empleará en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).
(NTP 400.022; 2013)	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.	Determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino para ser empleados en el diseño de la mezcla de concreto convencional y concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).
(NTP 339.034; 2008)	“Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	Determinar la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).
(NTP 339.035; 2009)	Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.	Determinar el asentamiento del concreto fresco en el laboratorio, tanto del concreto convencional como del concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).
(NTP 339.183; 2009)	Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón en el laboratorio.	El curado de especímenes de concreto en el laboratorio será bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones que estipulan este ensayo. Será aplicable tanto a probetas de concreto convencional como probetas de concreto con fibras naturales (cascarilla de arroz).

PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

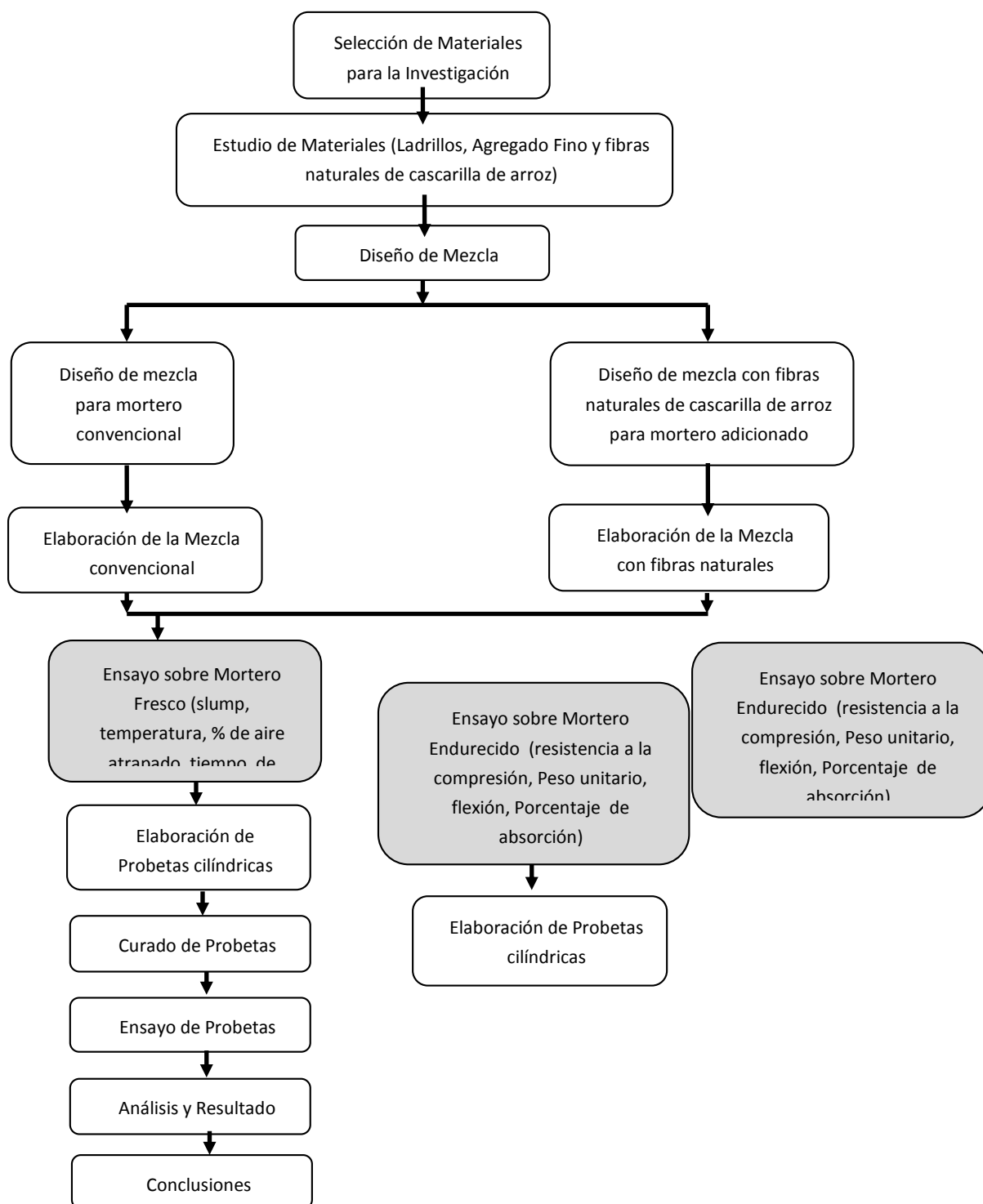


Figura 1. Diagrama de Flujo de procesos

Descripción de Procesos

Selección de materiales

Se tuvo especial cuidado en seleccionar la procedencia de los materiales. Tienen que estar aptos para su uso, libres de impurezas y de partículas orgánicas; los agregados serán obtenidos de la cantera La Victoria – Pátapo, el cemento será Pacasmayo TIPO I y las fibras naturales se obtuvieron de vendedores de arroz en molinos de la zona.

Ensayos de laboratorio

Se realizaron todos los ensayos necesarios en laboratorio al agregado fino y a los ladrillos según especificaciones de la Norma Técnica Peruana y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

3.8.1. ENFOQUE CUALITATIVO

Se examinaron las guías de análisis de documentos obtenidos de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Ministerio de Vivienda, SENCICO, ASOCCEM y otras relacionadas al presente estudio.

3.8.2. ENFOQUE CUANTITATIVO

Se utilizará la estadística descriptiva, se aplicó: Software de Microsoft office Excel y el software Microsoft Project, para procesar los datos, tabularios y datos.

3.9. ASPECTOS ÉTICOS

3.9.1. Ética de la recolección de datos

- La aplicación de los formatos para estudios de los ensayos basados en la NTP. Y ASTM.
- Las entrevistas realizadas están orientadas al tema en estudio, sin ambigüedades.

3.9.2. Ética de la publicación

- Seguros de contar con los resultados óptimos producto de nuestra investigación, tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y ASTM, procederemos a dar por terminado el informe final de Tesis, el mismo que servirá para posteriores estudios.

3.9.3. Ética de la aplicación

- La presente investigación generará beneficios sociales, económicos y ambientales, dependiendo de quién se da derecho para utilizar los resultados de la investigación.

3.9.4. Código ético de la profesión

Referencia al Capítulo III del Código ético de la profesión

Sub Capítulo I

DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

Artículo 99.- Los ingenieros cuidarán que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetarán y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

Artículo 100.- Los ingenieros ejecutarán todos los actos inherentes a la profesión de acuerdo a las reglas técnicas y científicas procediendo con diligencia; autorizarán planos, documentos o trabajos solo cuando tengan la convicción de que son idóneos y seguros, de acuerdo a las normas de Ingeniería.

Artículo 103.- Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú.

Sub Capítulo II

DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO

Artículo 106.- Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.

Artículo 107.- Los ingenieros no participarán en la difusión de conceptos falsos, injustos o exagerados acerca de la ingeniería en la actividad pública o privada, de proyectos, productos, métodos o procedimientos relativos a la ingeniería.

Sub Capítulo III

DE LA COMPETENCIA Y PERFECCIONAMIENTO DE PROFESIONAL

Artículo 109.- Los ingenieros realizarán trabajos de ingeniería solamente cuando cuenten con estudios o experiencia en el campo específico de la ingeniería de que se trata.

Artículo 110.- Los ingenieros podrán aceptar trabajos que requieran estudios o experiencias ajenos a los suyos, siempre que sus servicios se limiten a aquellos aspectos para los cuales están calificados, debiendo los demás ser realizados por asociados, consultores o empleados calificados.

Artículo 111.- Los ingenieros autorizarán planos, documentos o trabajos sólo cuando hayan sido elaborados por ellos, o ejecutados bajo su control.

Sub Capítulo IV

DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD

Artículo 115.- Los ingenieros podrán hacer promoción de sus servicios profesionales sólo cuando ella no contenga lenguaje jactancioso o engañoso o en cualquier forma denigrante de la profesión.

En la promoción que realicen los ingenieros se abstendrán de garantizar resultados que por razones técnicas, económicas o sociales sean de imposible o dudoso cumplimiento.

3.9.5. CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO

Generalidades

Mediante la aplicación de las entrevistas se obtendrán respuestas en función al cuestionario, que nos permitirán dar validez externa después de haber sido cotejadas con otras fuentes teóricas.

Fiabilidad

Todos los estudios a realizar en dicho proyecto, son confiables en la medida en la que nuestra población es real, se cuente con una buena recolección de datos, lo que nos da la seguridad en la veracidad de los resultados.

Replicabilidad

- El diseño y modelación de nuestro proyecto en estudio es supeditado a diversos factores que van a contribuir con los resultados a obtener:
 - Factores climáticos: Lluvia, frío, calor, etc.
 - Factores económicos: Moderados costos para su elaboración.
 - Factores tecnológicos: Si se cuenta con los equipos adecuados para los ensayos en el Laboratorio de tecnología de materiales y concreto.
- Dicha investigación está supeditada a repetición, pero tomando en cuenta el objetivo general.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

INTERPRETACION DE RESULTADOS

En el presente estudio, se utilizó un mortero en proporción 1:4, cemento portland tipo I, y arena de la Cantera La Victoria.

ENSAYOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO

Tabla 3

Contenido de humedad

MUESTRA	Ag. Fino
Peso Frasco + Suelo Húmedo	1746
Peso Frasco + Suelo Seco	1740
Peso de Agua	6
Peso Frasco	436
Peso Suelo Seco	1304
Contenido Humedad (%)	0.460

Tabla 4

Peso específico de sólidos

MUESTRA	Ag. Fino
Peso Frasco + Suelo Seco	284
Peso Frasco	74
Peso Suelo Seco	210
Peso Frasco + Suelo + Agua	454
Peso Frasco + Agua	323
Peso Específico (gr/cm ³)	2.658

Tabla 5

Grado de absorción

MUESTRA	Ag. Fino
Peso Frasco + Muestra Sup. Seca	385
Peso Frasco + Muestra Seca	381
Peso Agua Contenido	4
Peso Frasco	129
Peso Suelo Seco	252
Grado de Absorción (%)	1.587

Tabla 6

Peso unitario suelto

MUESTRA	Ag. Fino
Peso Promedio	7250
Peso Molde	5854
Peso Muestra	1396
Volúmen Molde	950
Peso Volumétrico (gr/cm ³)	1.469

Tabla 7

Peso volumétrico varillado

MUESTRA	Ag. Fino
Peso Promedio	7566
Peso Molde	5940
Peso Muestra	1626
Volúmen Molde	950
Peso Volumétrico (gr/cm ³)	1.712

Tabla 8

Análisis granulométrico por tamizado

MUESTRA A TAMIZAR: 1000gr

Nº MALLA	ABERT. (mm)	PESO RET (gr)	% RETENIDO	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA
4	4.75	68.00	6.80	6.80	93.20
8	2.36	136.00	13.60	20.40	79.60
16	1.18	210.00	21.00	41.40	58.60
30	0.5	268.00	26.80	68.20	31.80
50	0.3	208.00	20.80	89.00	11.00
100	0.15	74.00	7.40	96.40	3.60
200	0.074	25.00	2.50	98.90	1.10
PLATILLO		11.00	1.10	100.00	0.00
		1000.00	MÓDULO DE FINEZA	3.22	

Fuente: Material de la Cantera "La Victoria".

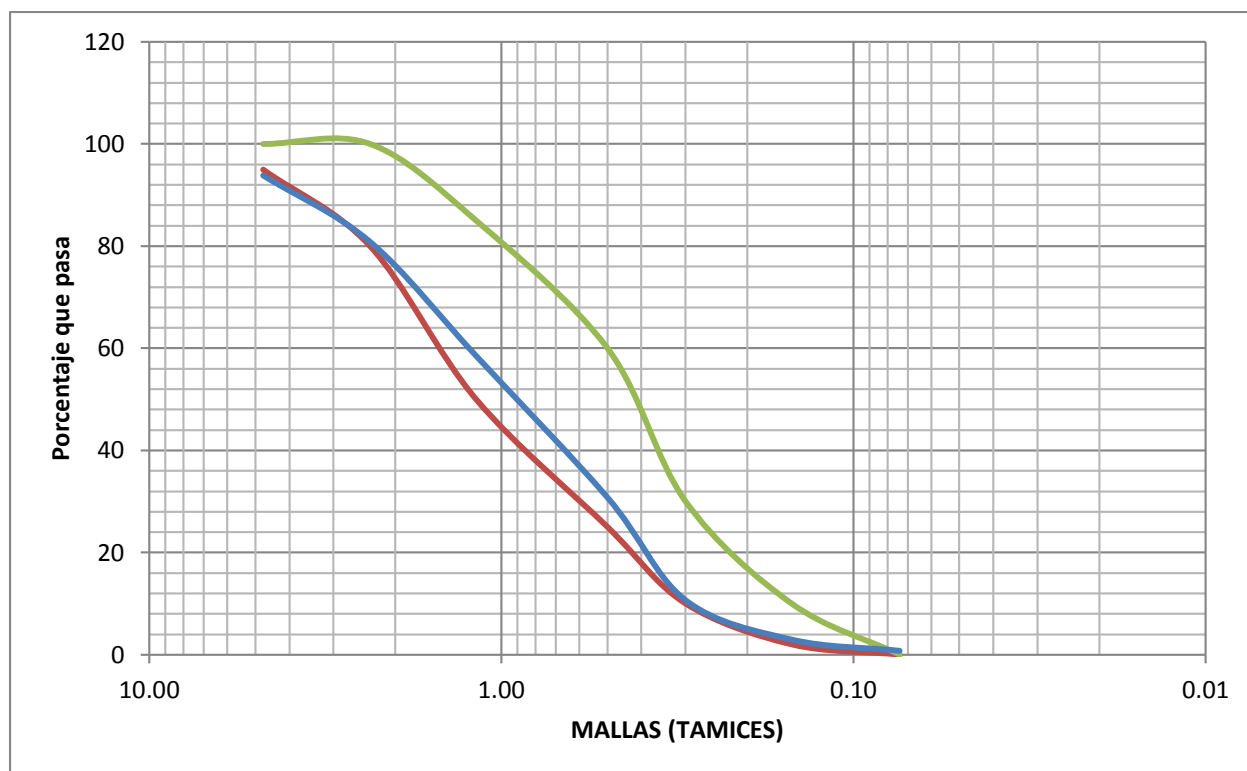


Figura II. Análisis granulométrico por tamizado

4.1.1. ENSAYOS EN EL MORTERO

De acuerdo a la técnica de construcción a utilizar se usó mortero para las juntas sin cal de proporción en volumen 1:4 (cemento-arena).

Para conocer las propiedades del mortero se realizaron los ensayos de fluidez y peso unitario en el concreto fresco y el ensayo de compresión de cubos de mortero y tracción a cilindros de mortero.

4.1.2. ENSAYO DE FLUIDEZ

La fluidez del mortero es una medida indirecta de la trabajabilidad del mortero y se mide

como un porcentaje del incremento en el diámetro de un tronco de cono de 4” de diámetro inicial en la base, colocado sobre una mesa de flujo, la cual se somete a 25 golpes durante 15 segundos, dejándola caer sobre una altura de ½”, de acuerdo a la norma ASTM C91.

Tabla 9

Ensayo de fluidez – CONVENCIONAL

MORTERO	CEMENTO	ARENA	AGUA	A/C	DIAMETRO PROMEDIO	FLUJO (%)
1	300	1200	358	1.19	208	108
2	300	1200	368	1.23	213	113
3	300	1200	382	1.27	218	118
FLUIDEZ (%)						113.00

Mortero de cemento portland tipo I y arena de cantera la Victoria

ASTM C9

Proporción 1:4

Tabla 10

Ensayo de fluidez – ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ

MORTERO	CEMENTO	ARENA + CASCARILLA DE ARROZ	AGUA	A/C	DIAMETRO PROMEDIO	FLUJO (%)
1	300	1212	365	1.22	206	106
2	300	1212	370	1.23	210	110
3	300	1212	380	1.27	215	115
FLUIDEZ (%)						110.33

Mortero de cemento portland tipo i y arena + cascarilla de arroz

ASTM C91

Proporción 1:4

4.1.3. ENSAYO DE PESO UNITARIO

Es el peso del mortero en estado plástico que ocupa un volumen unitario de un recipiente normalizado. Para determinar el peso unitario del mortero se seguirá el procedimiento descrito en la norma ASTM C138.

Tabla 12

Ensayo de peso unitario - CONVENCIONAL

MORTERO	PESO RECIPIENTE	PESO MORTERO + RECIPIENTE	PESO DEL MORTERO	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	PESO UNITARIO MORTERO
1	760	1604	844	400	2.110
2	760	1606	846	400	2.115
3	760	1610	850	400	2.125
PESO UNITARIO (KG/M3)					2.117
Mortero de cemento portland tipo i y arena de cantera la victoria C138 Proporción 1:4					ASTM

Tabla 12

Ensayo de peso unitario – ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ

MORTERO	PESO RECIPIENT E	PESO DE MORTERO + RECIPIENT E	PESO DEL MORTER O	VOLUMEN DEL RECIPIENT E	PESO UNITARIO MORTER O
1	760	1620	860	400	2.150
2	760	1625	865	400	2.163
3	760	1622	862	400	2.155
PESO UNITARIO (KG/M3)					2.156
Mortero de cemento portland tipo i y arena + 10 % cascarilla de arroz Proporción 1:4					ASTM C138

4.1.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO

Se sometieron a compresión 10 cubos de mortero de 5 cm de lado (5 cubos por cada tipo de mortero) de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se limpió el molde metálico y se aplicó una capa de aceite en las superficies de contacto. Se colocó en cada compartimiento del molde una capa de mortero de 2.5 cm de espesor, aproximadamente, y se compactó con un pisón de plástico 16 veces. Esta compactación se efectúa en 2 ciclos de 8 golpes adyacentes repartidos en la superficie del mortero, aplicando cada ciclo en dirección perpendicular con respecto a la anterior.

Luego se colocó otra capa de mortero hasta llenar el molde, compactándola en la forma descrita anteriormente. Una vez completados los 32 golpes a un compartimiento se continúa con el siguiente.

Finalmente se enrasó la superficie con respecto al borde superior del molde después de 24 horas se retiraron los cubos del molde y se sumergieron en agua limpia. El ensayo de compresión se realizó a los 7, 14, 21 y 28 días, secando los cubos superficialmente, quitando los granos de arena y las incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los cabezales de la máquina, siendo estas caras las que estuvieron en contacto con las paredes verticales de los moldes.

El cubo se colocó centrándolo en el cabezal inferior de la máquina de compresión. La velocidad de desplazamiento entre los cabezales fue de 1mm/minuto. Finalmente se registró la carga máxima indicada por la máquina. Para calcular la resistencia a compresión se usó la siguiente

Fórmula:

Dónde:

$$f'_{cm} = P_u / A$$

P_u = Carga máxima registrada.

A = Área de la sección transversal del cubo.

f'_{cm} = Resistencia a compresión.

Los resultados aparecen en las tablas, donde se puede apreciar que el mortero con cascarilla de arroz tuvo una ligera mayor resistencia a compresión que el mortero convencional en proporción 1:4

Tabla 13

Ensayo de resistencia a la compresión.- CONVENCIONAL

ESPECIMEN	EDAD	DIMENSIONES		ÁREA	Pu	f'cm
	(Días)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	(cm²)	(kg)	(kg/cm²)
P1 - 01	7	5.1	5.0	25.5	2451	96.12
P1 - 02		5.0	5.1	25.5	2504	98.20
P1 - 03		5.2	5.0	26.0	2591	99.65
PROMEDIO					97.99	
P2 - 01	14	5.2	5.0	26.0	2673	102.81
P2 - 02		5.0	5.2	26.0	2871	110.42
P2 - 03		5.0	5.1	25.5	2815	110.39
PROMEDIO					107.87	
P3 - 01	21	5.0	5.1	25.5	2890	113.33
P3 - 02		5.2	5.0	26.0	2990	115.00
P3 - 03		5.0	5.0	25.0	2954	118.16
PROMEDIO					115.50	
P4 - 01	28	5.1	5.0	25.5	3443	135.02
P4 - 02		5.2	5.1	26.5	3201	120.70
P4 - 03		5.1	5.0	25.5	3200	125.49
PROMEDIO					127.07	

Mortero de cemento portland tipo i y arena de cantera la victoria PROPORCION 1:4
ASTM C109

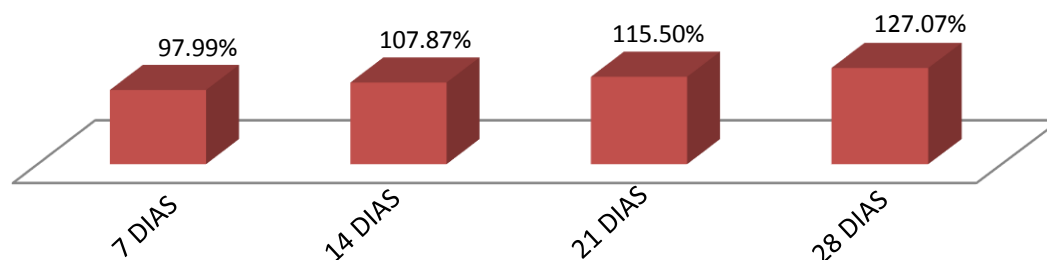


Figura III. PROMEDIOS DE RESISTENCIA A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO

Tabla 14

Ensayo de resistencia a la compresión.- ADICIONADO 10% DE CASCARILLA DE ARROZ

ESPECIMEN	EDAD	DIMENSIONES		ÁREA	Pu	f'cm
	(Días)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	(cm²)	(kg)	(kg/cm²)
P1 - 01	7	5.1	5.0	25.5	2580	101.18
P1 - 02		5.1	5.1	26.0	2608	100.27
P1 - 03		5.3	5.2	27.6	2659	96.48
PROMEDIO						99.31
P2 - 01	14	5.2	5.2	27.0	2854	105.55
P2 - 02		5.1	5.2	26.5	2879	108.56
P2 - 03		5.1	5.1	26.0	2907	111.76
PROMEDIO						108.62
P3 - 01	21	5.2	5.1	26.5	3008	113.42
P3 - 02		5.0	5.1	25.5	3020	118.43
P3 - 03		5.0	5.2	26.0	3028	116.46
PROMEDIO						116.11
P4 - 01	28	5.1	5.2	26.5	3482	131.30
P4 - 02		5.3	5.1	27.0	3429	126.86
P4 - 03		5.1	5.3	27.0	3564	131.85
PROMEDIO						130.00

Mortero de cemento portland tipo i y arena + 10% cascarilla de arroz PROP 1:4

ASTM C109

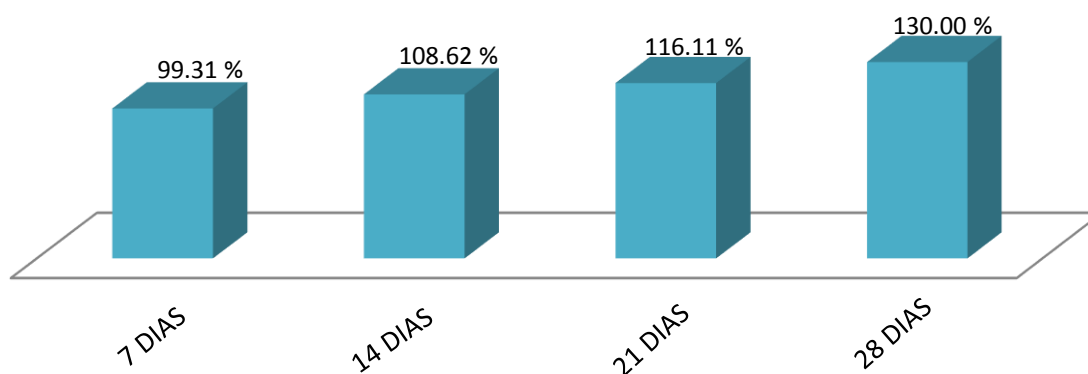


Figura III. PROMEDIOS DE RESISTENCIA A COMPRESION EN CUBOS DE MORTERO ADICIONADO EL 10% CASCARILLA DE ARROZ

4.1.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Se obtiene mediante la ruptura de especímenes cilíndricos de mortero endurecido de 5cm de diámetro y 10cm de alto, adecuación de la norma ASTM C496, que se ensayaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

Consiste en cargar diametralmente sobre la generatriz al espécimen cilíndrico hasta obtener la falla por tracción diametral.

Tabla 15

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral- CONVENCIONAL

ESPECIMEN	EDAD (Dias)	DIMENSIONES		Pu (kg)	RESISTENCIA
		LONGITUD	DIAMETRO		TRACCION (Kg/cm2)
P1 - 01	7	10.1	5.3	850	10.11
P1 - 02		10.0	5.1	925	11.55
P1 - 03		10.2	5.0	940	11.73
PROMEDIO					11.13
P2 - 01	14	10.3	5.0	1100	13.60
P2 - 02		10.1	5.2	1120	13.58
P2 - 03		10.0	5.1	1110	13.86
PROMEDIO					13.68
P3 - 01	21	10.2	5.1	1200	14.69
P3 - 02		10.3	5.0	1180	14.59
P3 - 03		10.0	5.0	1175	14.96
PROMEDIO					14.74
P4 - 01	28	10.1	5.0	1340	16.89
P4 - 02		10.3	5.1	1324	16.05
P4 - 03		10.2	5.0	1350	16.85
PROMEDIO					16.60
Mortero de cemento portland tipo i y arena de cantera la victoria PROP 1:4 C496					ASTM

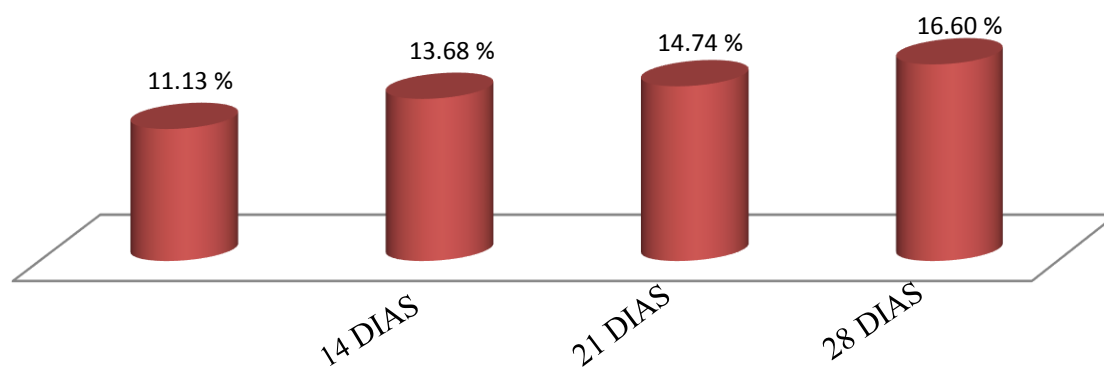


Figura IV. PROMEDIOS DE RESISTENCIA A TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL

Tabla 16

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral.- ADICIONADO 10%

CASCARILLA DE ARROZ

ESPECIMEN	EDAD (Dias)	DIMENSIONES		Pu (kg)	RESISTENCIA
		LONGITUD	DIAMETRO		TRACCION (Kg/cm2)
P1 - 01	7	10.2	5.3	1006	11.85
P1 - 02		10.1	5.2	1012	12.27
P1 - 03		10.2	5.1	986	12.07
				PROMEDIO	12.06
P2 - 01	14	10.1	5.1	1208	14.93
P2 - 02		10.3	5.2	1192	14.17
P2 - 03		10.2	5.3	1150	13.54
				PROMEDIO	14.21
P3 - 01	21	10.3	5.3	1240	14.46
P3 - 02		10.2	5.1	1232	15.08
P3 - 03		10.1	5.1	1307	16.15
				PROMEDIO	15.23
P4 - 01	28	10.2	5.2	1489	17.87
P4 - 02		10.1	5.3	1505	17.90
P4 - 03		10.2	5.2	1520	18.24
				PROMEDIO	18.00

Mortero de cemento portland tipo i y arena + 10% cascarilla de arroz PROP 1:4 ASTM 496

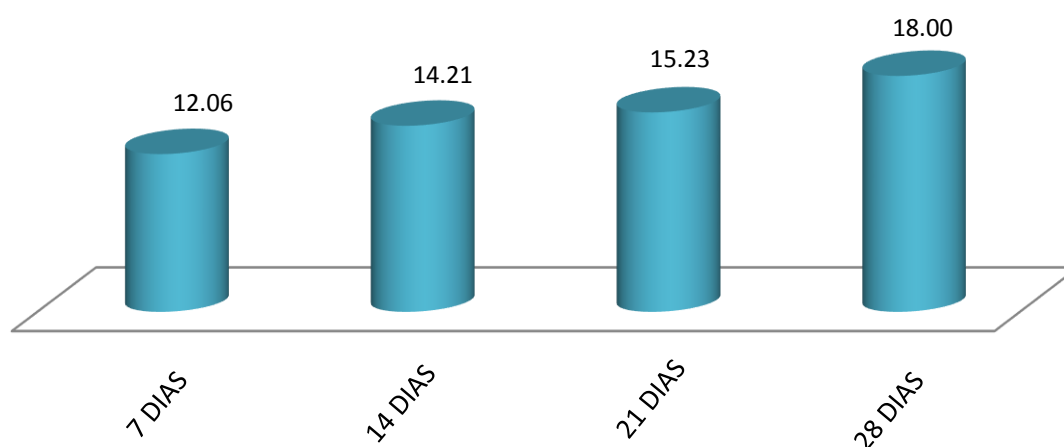


Figura V. PROMEDIOS RESISTENCIA A TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL ADICIONADO 10% CASCARILLA DE ARROZ

4.1.6. ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

VARIABILIDAD DIMENSIONAL

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604. Este ensayo consistió en medir las dimensiones de la unidad, es decir el largo, ancho y alto a la mitad de la arista de cada cara, esto se hizo con la ayuda de una regla graduada al milímetro. Para ello se limpiaron las caras del ladrillo, de tal modo de eliminar las partículas sueltas en la unidad. Es necesario ejecutar esta prueba, debido a que, a mayor imperfección geométrica de las unidades, se requiere tener un mayor grosor de juntas, lo cual genera una reducción significativa de la resistencia a compresión y a fuerza cortante en la albañilería.

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

La prueba de variabilidad dimensional tiene relación directa con el espesor de las juntas y, por lo tanto, con la altura de las hiladas. A mayor variabilidad dimensional de las unidades, mayor espesor de las juntas lo que da como resultado una albañilería menos resistente a corte y a compresión.

Para el ensayo se utilizaron 10 ladrillos enteros y secos. Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

La dimensión de cada arista del espécimen ($D=l,b,h$) se tomó como el promedio de 4 medidas en milímetros en la parte media de cada cara, luego, por cada arista se calculó el valor promedio (D_p) de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante (D_e) y se divide entre D_e . Los resultados se muestran en la tabla:

Tabla 17

Ensayo de variabilidad dimensional ladrillo artesanal

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones		
		Largo	Ancho	Espesor
ARTESANAL	1	0.202	0.12	0.069
	2	0.206	0.12	0.069
	3	0.21	0.12	0.067
	4	0.211	0.12	0.069
	5	0.202	0.12	0.068
	6	0.205	0.12	0.069
	7	0.21	0.125	0.068
	8	0.21	0.124	0.068
	9	0.21	0.119	0.069
	10	0.204	0.122	0.067
PROMEDIO		0.207	0.121	0.0683
DIMENSION PROMEDIO		0.2070	0.1210	0.0683
DIMENSION NOMINAL		0.21	0.12	0.07
V%		1.43	-0.83	2.43

Tabla 18

Ensayo de variabilidad dimensional ladrillo kk industrial

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones		
		Longitud	Ancho	Espesor
K K 18 HUECOS (INDUSTRIAL)	1	0.241	0.126	0.09
	2	0.24	0.127	0.09
	3	0.239	0.126	0.089
	4	0.234	0.129	0.09
	5	0.235	0.128	0.087
	6	0.238	0.126	0.09
	7	0.236	0.126	0.09
	8	0.24	0.128	0.089
	9	0.241	0.125	0.091
	10	0.237	0.129	0.092
PROMEDIO		0.2381	0.127	0.0898

DIMENSION PROMEDIO	0.2381	0.127	0.0898
DIMENSION NOMINAL	0.24	0.13	0.09
V%	0.79	2.31	0.22

4.1.7. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. La prueba de compresión proporciona una medida cualitativa de las unidades. Una unidad de poca altura tendrá más resistencia que otra de mayor altura, pese a que ambas hayan sido fabricadas en simultáneo.

En este proyecto se utilizaron 2 tipos de unidades que se utilizan en la construcción de muros de albañilería. El ladrillo empleado fue del tipo King Kong industrial y artesanal.

En este ensayo se utilizaron 10 ladrillos secos enteros. El procedimiento seguido fue el siguiente:

Se midió el largo y ancho de las dos superficies de asiento, luego se colocó el capping de yeso-cemento en ambas superficies.

Se colocó la muestra sobre el apoyo de la máquina de ensayo haciendo que los ejes de la muestra coincidan con los ejes del apoyo y se hizo descender el cabezal hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior de la muestra.

Se aplicó la carga hasta la mitad de la carga máxima prevista a una velocidad conveniente y la carga restante se aplicó en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos. Para calcular la resistencia a compresión se usó la siguiente

$$\mathbf{fb} = \mathbf{P} / \mathbf{A}$$

Resistencia a la compresión axial f'cb							
Tipo	Nº Ladrillo	Dimensiones			Carga (KG)	Área En cm2	Resistencia de cargas F/A En (KG/cm2)
		L	A	E			
ARTESANAL	1	20.2	12	6.9	17,752.05	242.4	73.23
	2	20.6	12	6.9	13,506.12	247.2	54.64
	3	21	12	6.7	14,135.20	252	56.09
	4	21.1	12	6.9	13,139.10	253.2	51.89
	5	20.2	12	6.8	17,030.50	242.4	70.26
	6	20.5	12	6.9	13,672.12	246	55.58
	7	21	12.5	6.8	17,145.50	262.5	65.32
	8	21	12.4	6.8	13,776.12	260.4	52.90
	9	21	11.9	6.9	14,065.20	249.9	56.28
	10	20.4	12.2	6.7	13,060.08	248.88	52.48
		Resistencia a la compresión axial f'cb					58.87



Resistencia a la compresión axial ladrillo kk industrial

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			Carga (KG F)	Area En cm2	Resistencia de cargas F/A En (KG/cm 2)
		L	A	E			
KK 18 HUECOS (LADRILLO DE FABRICA)	1	24.1	12.6	9	35,700.00	303.66	117.57
	2	24	12.7	9	27,056.12	304.8	88.77
	3	23.9	12.6	8.9	25,962.52	301.14	86.21
	4	23.4	12.9	9	20,942.52	301.86	69.38
	5	23.5	12.8	8.7	29,963.37	300.8	99.61
	6	23.8	12.6	9	27,876.12	299.88	92.96
	7	23.6	12.6	9	25,860.00	297.36	86.97
	8	24	12.8	8.9	23,302.12	307.2	75.85
	9	24.1	12.5	9.1	31,349.52	301.25	104.06
	10	23.7	12.9	9.2	28,963.37	305.73	94.74
			Resistencia a la compresión axial f' b				91.61

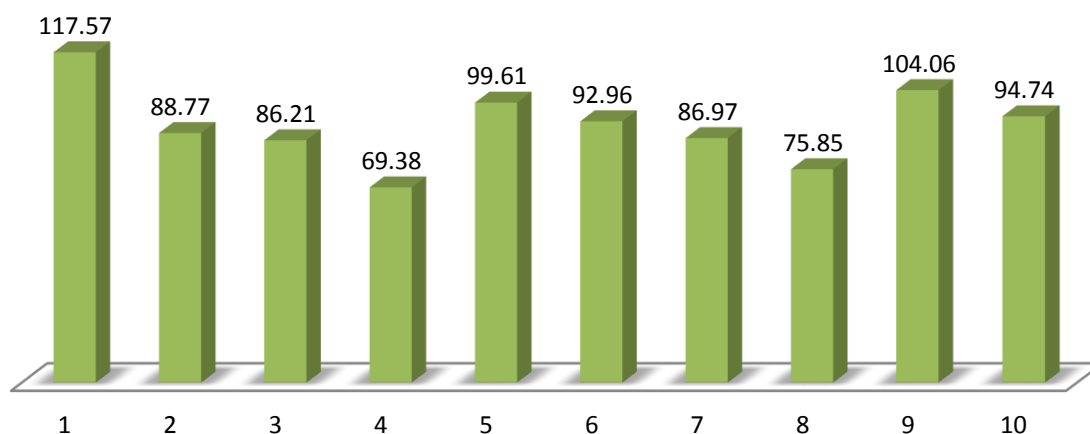


Figura VI. PRUEBA DE RESISTENCIA DE CARGAS A COMPRESION

4.1.8. ABSORCIÓN

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613. La succión de las unidades al instante de asentarlas, debe estar comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm²-min.

Para concreto y sílico-calcáreo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas. Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas.

Es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22%. 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.

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.

Para este ensayo se utilizaron 10 ladrillos enteros. A continuación, se describe el procedimiento:

Se secaron las muestras en el horno a 110°C durante 24 horas, luego se retiraron los ladrillos del horno, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se pesaron. Se registró el peso seco.

Se colocaron los ladrillos secos en un recipiente con agua destilada, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 horas asegurando que la temperatura del agua esté entre 15°C y 30°C. Se registró la temperatura al inicio y al final del periodo de inmersión.

Se retiraron los ladrillos del recipiente, se quitó el agua superficial con un paño húmedo y se pesaron. Se registró el peso saturado.

Los ladrillos se pesaron dentro de los 5 minutos a partir del momento que se extraen del recipiente. Para calcular el agua absorbida se usó la siguiente fórmula:

Fórmula:

$$A (\%) = 100 (P2 - P1) / P1$$

Donde:

P1 = Peso de la muestra seca.

P2 = Peso de la muestra saturada luego de 24 horas de inmersión.

A = Contenido de agua absorbida en porcentaje.

Tabla 21

Absorción ladrillo artesanal

Tipo	N° Ladrillos	Peso Húmedo 24h en Gramos	Peso Seco Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos (PH-PS) En Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos En porcentaje
ARTESANAL	1	3170	2700	470	17.41%
	2	3130	2620	510	19.47%
	3	3195	2720	475	17.46%
	4	3075	2480	595	23.99%
	5	3130	2620	510	19.47%
	6	3005	2720	285	10.48%
	7	3024	2660	364	13.68%
	8	3130	2620	510	19.47%
	9	3084	2720	364	13.38%
	10	3075	2480	595	23.99%
				Absorción	17.88%

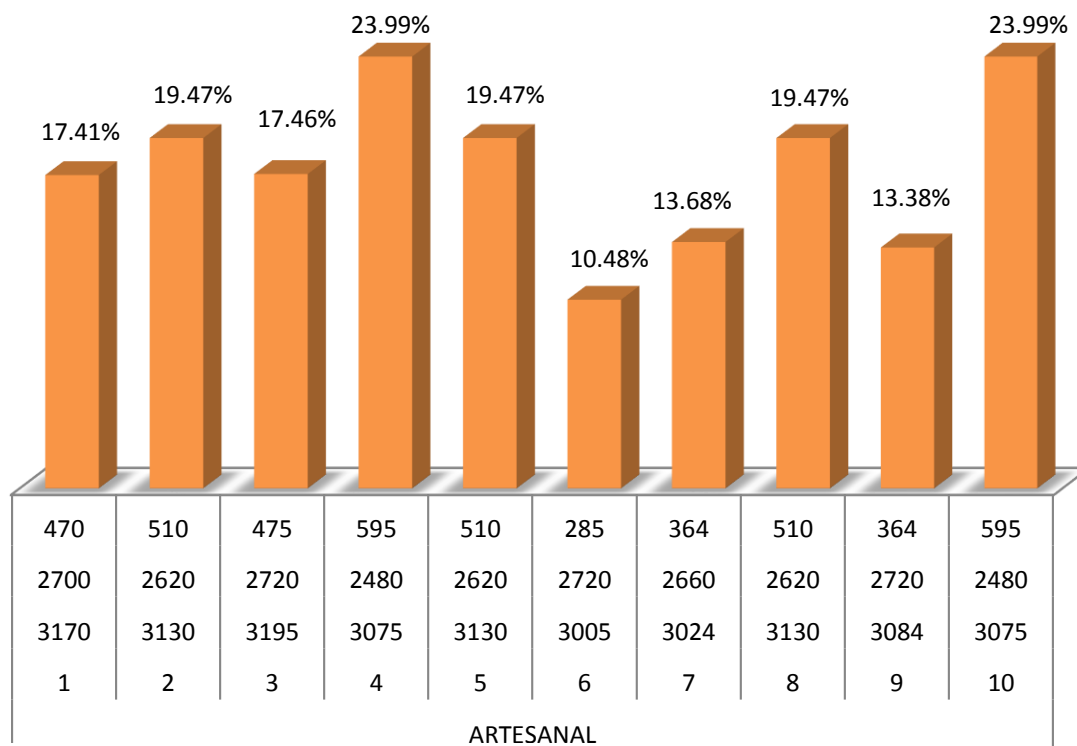


Figura VII. PESOS DE LADRILLOS ARTESANALES

Tabla 22

Absorción ladrillo kk industrial

Tipo	Nº Ladrillos	Peso Húmedo 24h en Gramos	Peso Seco Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos (PH-PS) En Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos En porcentaje
KK 18 HUECOS	1	3080	2600	480	18.46%
	2	3080	2680	400	14.93%
	3	3045	2720	325	11.95%
	4	3080	2720	360	13.24%
	5	3080	2680	400	14.93%
	6	3045	2720	325	11.95%
	7	2902	2640	262	9.92%
	8	3080	2720	360	13.24%
	9	3080	2680	400	14.93%
	10	3045	2720	325	11.95%
				Absorción	13.55%

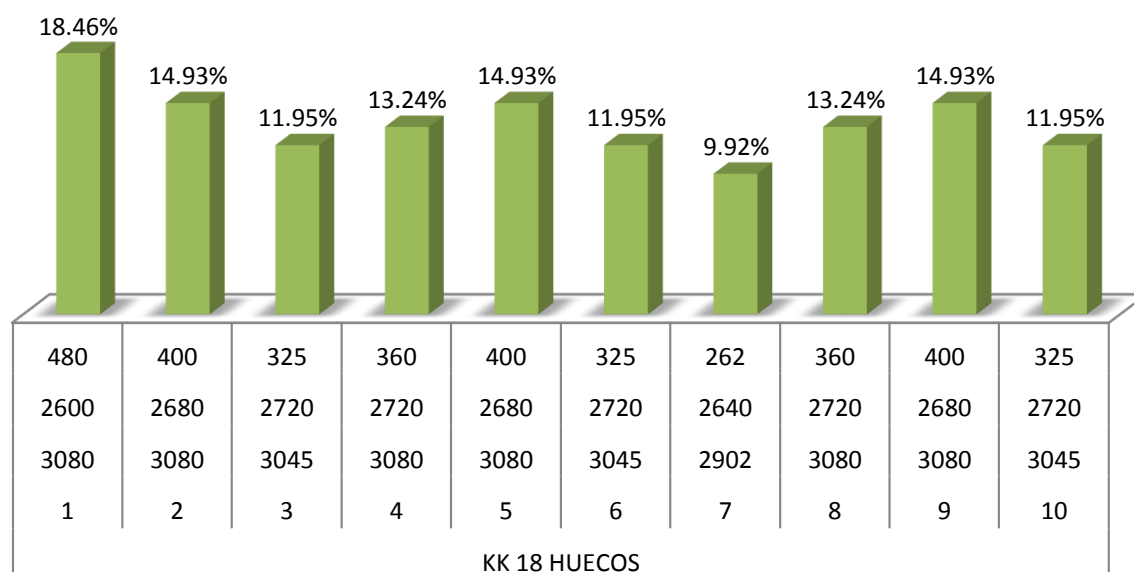


Figura VIII. PESOS DE LADRILLOS HUECOS

4.1.9. SUCCIÓN

Los especímenes fueron puestos en el horno a una temperatura de 110°C, y luego de 24 horas, se retiraron para obtener el peso seco (en distintos instantes hasta que no hubiera variaciones). Esto permitió hallar la humedad natural de los ladrillos, que como máximo es 12% de acuerdo a lo indicado por la Norma E.070 para unidades de concreto.

Una vez obtenido estos pesos, se colocaron las unidades una por una en una bandeja con un fluido constante de agua durante un minuto, de tal modo que la cara de asiento esté en contacto con una película de agua de 3mm de espesor, con el fin de ir llenando los vacíos del ladrillo. Una vez transcurrido el minuto, los especímenes se pesaron nuevamente.

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 interfase 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. 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. Se considera que para succiones mayores de 4 gramos por minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión del asentado.

La succión es la medida de avidez de agua del ladrillo en la cara de asiento. Por lo tanto, cuando la succión es excesiva no se logra adherencias adecuadas entre el mortero y el ladrillo usando métodos ordinarios de construcción.

Para este ensayo se utilizaron 10 ladrillos enteros y se midió la succión en las dos superficies de asiento (lisa y rugosa). Se procedió de la siguiente manera:

Usando un vernier se midió el ancho y el largo de las dos superficies de asiento (lisa y rugosa).

Se secaron los ladrillos en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C, luego se dejaron enfriar y se pesaron. Se registró el peso seco.

Se montó la bandeja con agua nivelada con un nivel de burbuja y se colocó la muestra encima

de los soportes, tomando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el tiempo de contacto (1 minuto) se mantuvo el nivel de agua original de la bandeja agregando agua

Luego de 1 minuto se retiró la muestra de la bandeja, se secó el agua superficial con un paño húmedo y se pesó. El pesaje se realizó en un lapso no mayor de 2 minutos. Se registró el peso húmedo.

$$S = 200 W / L \times B$$

Donde:

W = Peso húmedo – Peso seco

L = Largo de la superficie de asiento.

B = Ancho de la superficie de asiento.

S = Succión normalizada a 200 cm²

Tabla 23

Ensayo de succión ladrillo artesanal

Tipo	N° Ladrillo	Peso Húmedo 24h en Gramos	Peso Seco 24h(Horno) Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos (PH-PS) En Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos En porcentaje
ARTESANAL	1	2820	2700	120	4.44%
	2	2740	2660	80	3.01%
	3	2800	2720	80	2.94%
	4	2670	2480	190	7.66%
	5	2800	2720	80	2.94%
	6	2670	2480	190	7.66%
	7	2800	2720	80	2.94%
	8	2700	2620	80	3.05%
	9	2800	2720	80	2.94%
	10	2670	2480	190	7.66%
				Succión	4.53%

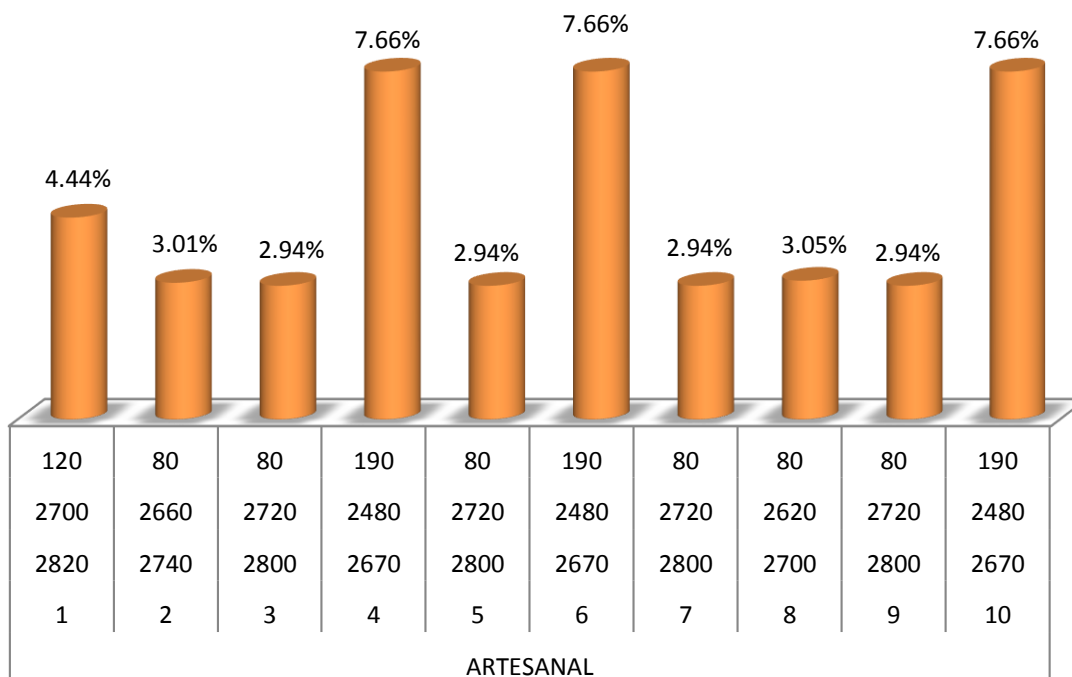


Figura IX. PESOS DE LADRILLOS ARTESANAL

Tabla 24

Ensayo de succión ladrillo kk industrial

Tipo	N° Ladrillo	Peso Húmedo 24h en Gramos	Peso Seco 24h(Horno) Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos (PH-PS) En Gramos	Agua Absorbida Por Los Ladrillos En porcentaje
KK 18 HUECOS	1	2630	2600	30	1.15%
	2	2760	2730	30	1.10%
	3	2750	2720	30	1.10%
	4	2710	2680	30	1.12%
	5	2750	2720	30	1.10%
	6	2710	2680	30	1.12%
	7	2760	2730	30	1.10%
	8	2750	2720	30	1.10%
	9	2710	2680	30	1.12%
	10	2750	2720	30	1.10%
				Succión	1.11%

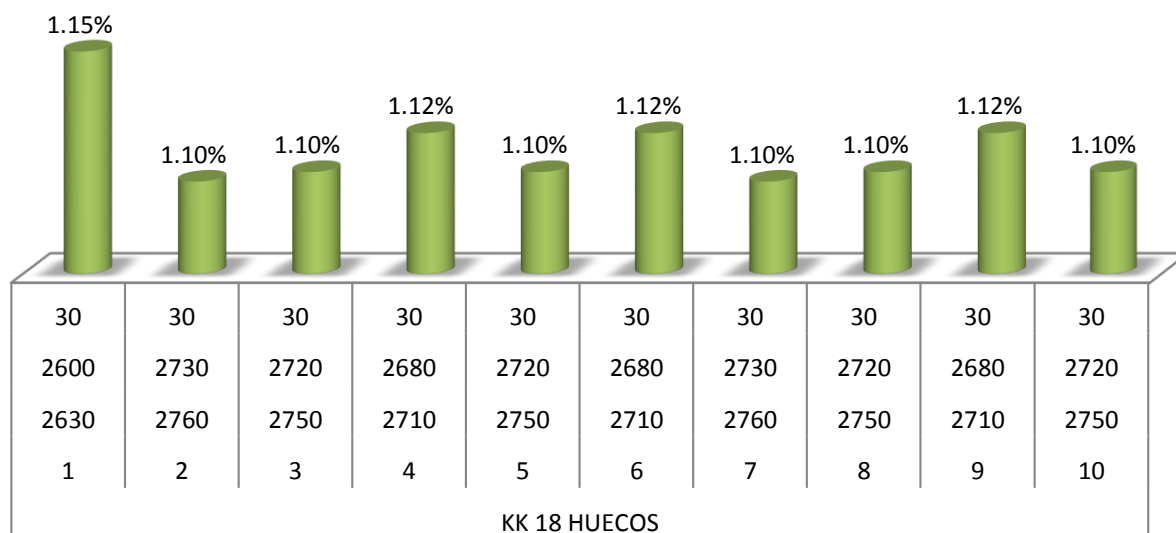


Figura X. PESOS DE LADRILLOS HUECOS

4.1.10. PILAS DE LADRILLOS

Los ladrillos de arcilla fueron regados durante $\frac{1}{2}$ hora unas 10 horas antes de asentarlos, con el objeto de disminuir su elevada succión natural de modo que, al instante de asentarlos, su superficie esté relativamente seca (para que succione el cementante del mortero) y su núcleo esté saturado (para que el agua existente en el núcleo sirva para curar al mortero). En estos casos se utilizó mortero 1: 4. Para analizar el comportamiento a compresión de la albañilería hecha con unidades de concreto, se realizaron ensayos de compresión de pilas.

Se usaron 3 técnicas de construcción, tomándose como patrón de comparación la técnica de construcción especificada por el fabricante de los ladrillos de concreto.

Se construyeron 12 pilas, divididas de acuerdo a la junta de 0.5cm, 1cm y 1.5 cm con mortero convencional y con mortero adicionado con cascarilla de arroz. Cada pila estaba compuesta por 3 ladrillos de concreto.

COMPORTAMIENTO TEÓRICO A COMPRESIÓN DE PILAS (ASTM C 1314-03B)

El espécimen utilizado para determinar la resistencia a compresión de la albañilería, es un prisma de ladrillos pegados con mortero uno sobre otro.

El comportamiento y la forma de falla del prisma depende de la interacción ladrillo – mortero. El ladrillo y el mortero por ser materiales diferentes, ante un mismo esfuerzo de compresión se deforman lateralmente de manera distinta.

Por lo general, el ladrillo es menos deformable que el mortero y puesto que debe existir compatibilidad de desplazamientos, el ladrillo restringe las deformaciones laterales del mortero produciendo en el mortero esfuerzos de compresión en dirección transversal y el mortero produce

en el ladrillo esfuerzos de tensión en dirección transversal. Son estos esfuerzos de tracción los que producen la fractura vertical del ladrillo.

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J = 0.5 cm – Mortero Convencional.

Tabla 25

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=0.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	22.2	13423	242.4	55.38
	2	20.6	12	22.2	15437	247.2	62.45
	3	21	12	22.2	12345	252	48.99
						f'm	55.60

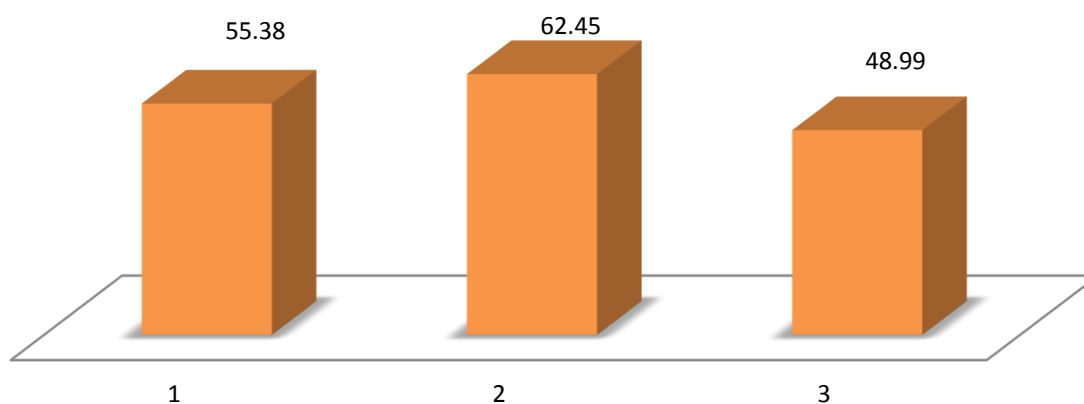


Figura XI. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=0.5 cm (ARTESANAL)

Tabla 26

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=0.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
KK 18 HUECOS		L	A	H			
	1	23.5	12.6	28.5	18760	296.1	63.36
	2	23.4	12.6	28.5	25439	294.84	86.28
	3	23.3	12.5	28.5	25673	291.25	88.15
						f'm	79.26

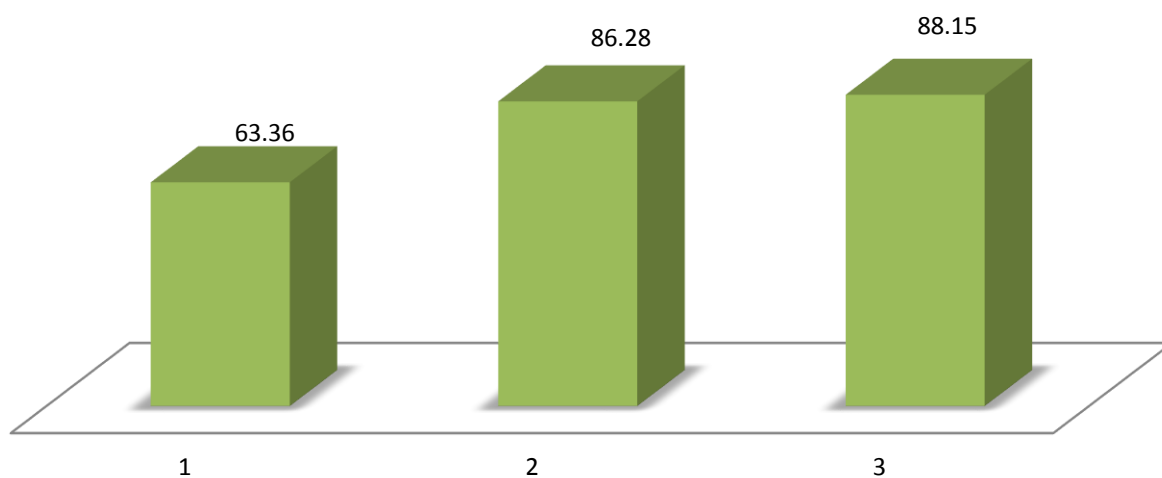


Figura XII. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=0.5 cm (KK 18 HUECOS)

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J=0.5cm – Mortero adicionado con 10% cascarilla de arroz.

Tabla 27

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=0.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	22.2	14234	242.4	58.72
	2	20.6	12	22.2	15623	247.2	63.20
	3	21	12.1	22.2	15230	254.1	59.94
						f'm	60.62

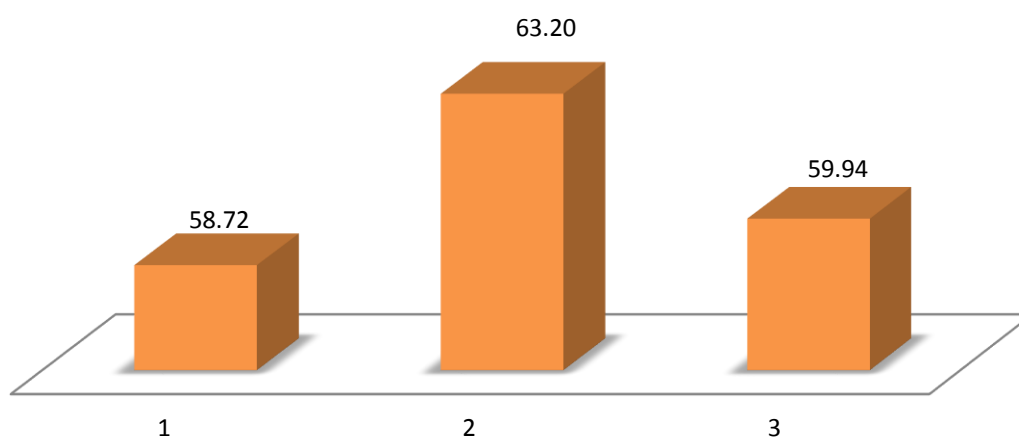


Figura XIII. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=0.5 cm (Artesanal adicionado 10% cascarilla de arroz)

Tabla 28

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=0.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
		L	A	H			
KK 18 HUECOS	1	23.5	12.6	28.5	22345	296.1	75.46
	2	23.4	12.6	28.5	26034	294.84	88.30
	3	23.3	12.5	28.5	26102	291.25	89.62
						f'm	84.46

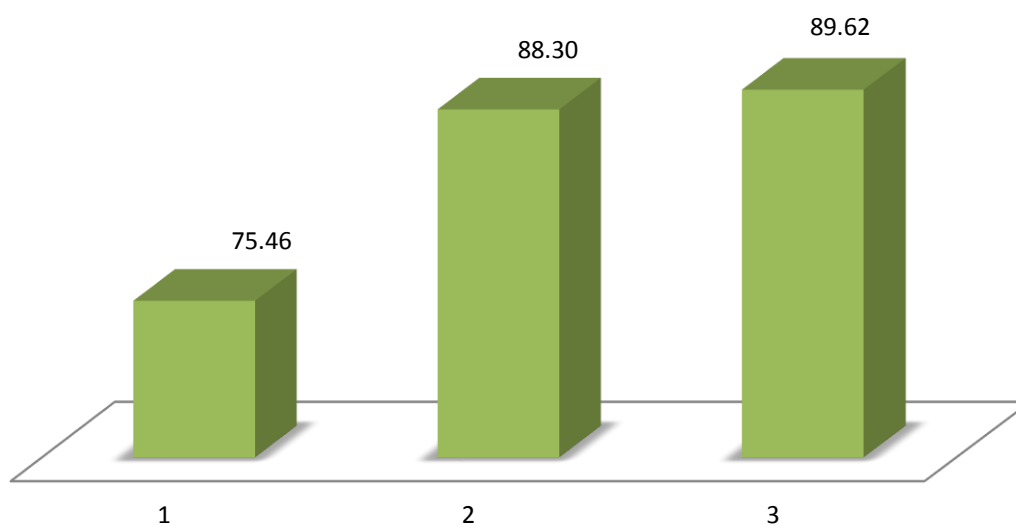


Figura XIV. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J =0.5 cm (KK 18 Huecos adicionado 10% cascarilla de arroz)

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J = 1.0 cm – Mortero Convencional.

Tabla 29

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=1 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	23.7	17890	242.4	73.80
	2	20.6	12	23.7	20369	247.2	82.40
	3	21	12	23.7	17345	252	68.83
						f'm	75.01

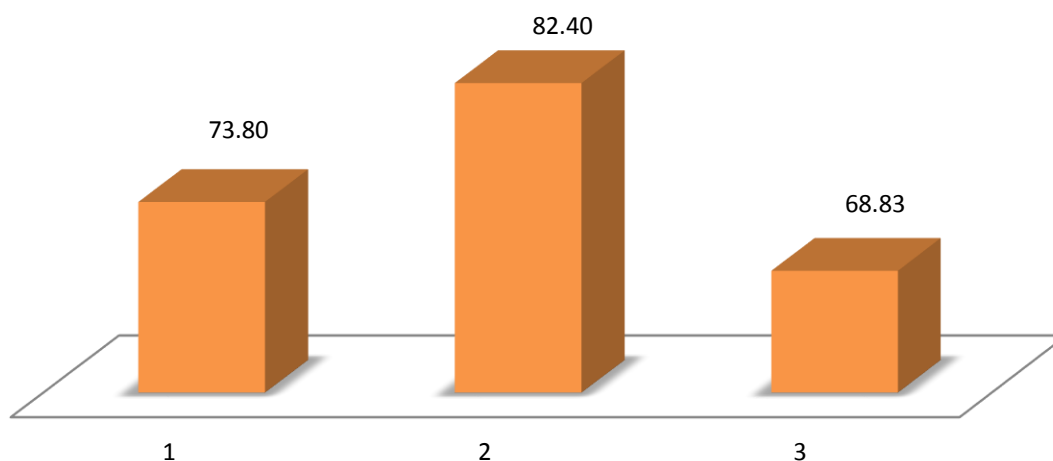


Figura XV. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1cm (ARTESANAL)

Tabla 30
Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=1 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm2	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm2)
KK 18 HUECOS		L	A	H			
	1	23.5	12.6	30	25643	296.1	86.60
	2	23.4	12.6	30	29279	294.84	99.30
	3	23.3	12.5	30	31298	291.25	107.46
						f'm	97.79

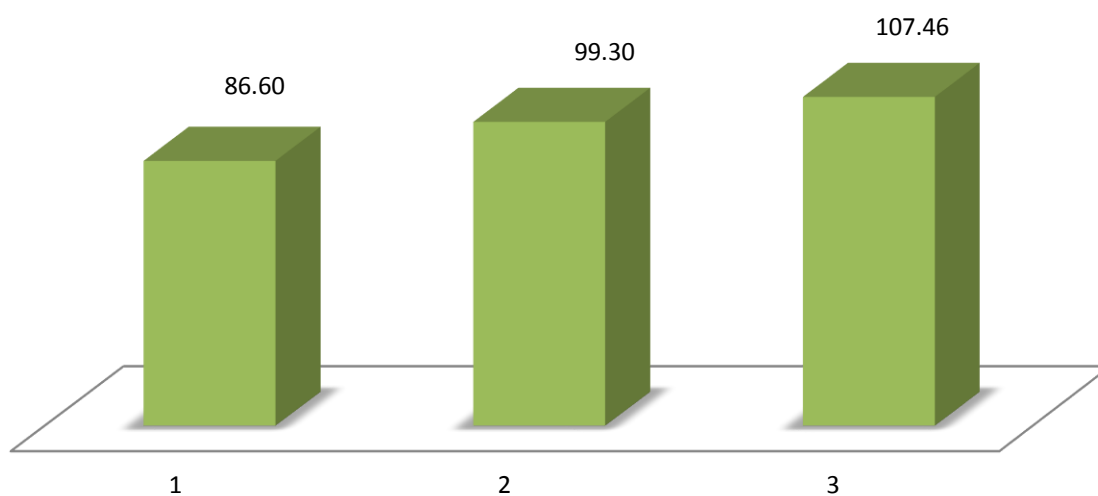


Figura XVI. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1cm (KK 18 HUECOS)

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J=1.0cm – Mortero adicionado con 10% cascarilla de arroz.

Tabla 31

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=1 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm2	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm2)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	23.7	19745	242.4	81.46
	2	20.6	12	23.7	20950	247.2	84.75
	3	21	12	23.7	19934	252	79.10
						f'm	81.77

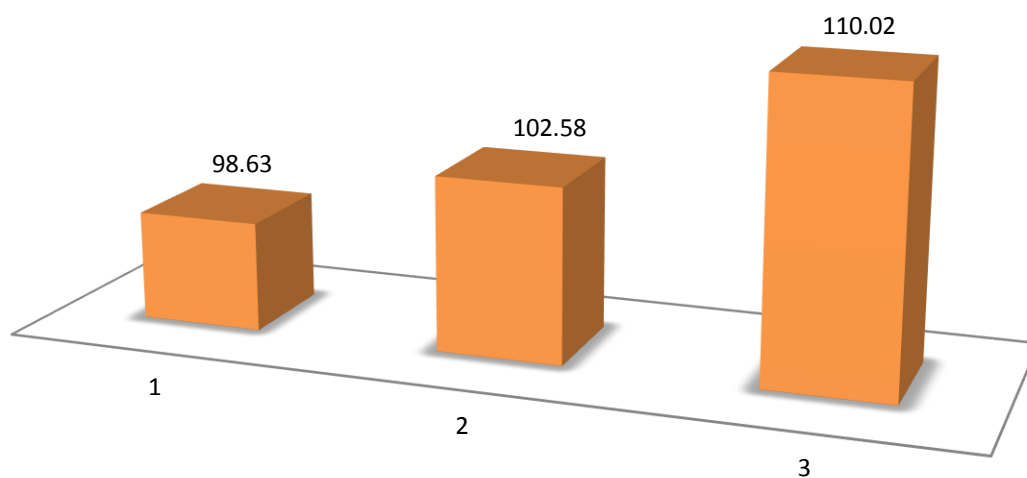


Figura XVII. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1cm (artesanal adicionado 10% cascarilla de arroz)

Tabla 32

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=1 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
		L	A	H			
KK 18 HUECOS	1	23.5	12.5	30	28973	293.75	98.63
	2	23.4	12.6	30	30245	294.84	102.58
	3	23.3	12.5	30	32043	291.25	110.02
						f'm	103.74

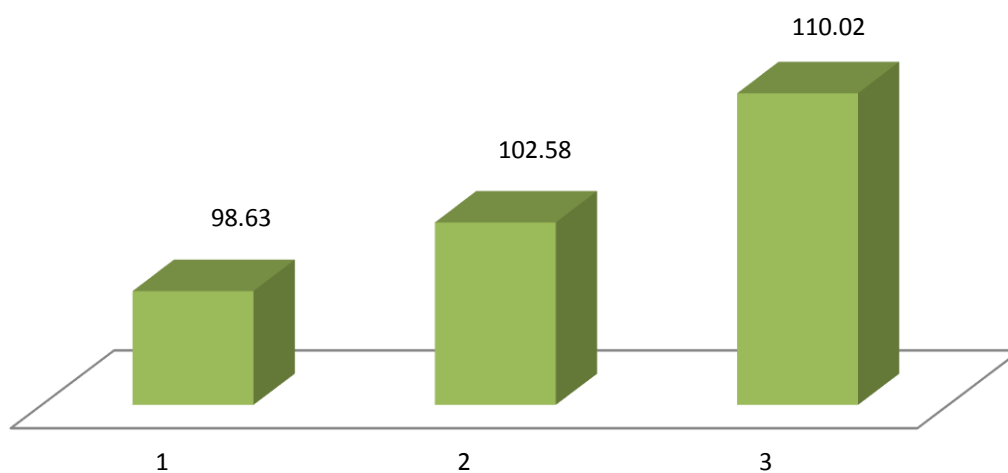


Figura XVIII. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1cm (KK 18 Huecos adicionado 10% cascarilla de arroz)

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J = 1.5 cm – Mortero Convencional.

Tabla 33

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=1.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm2	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm2)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	25.2	15643	242.4	64.53
	2	20.6	12	25.2	17543	247.2	70.97
	3	21	12	25.2	14360	252	56.98
						f_m	64.16

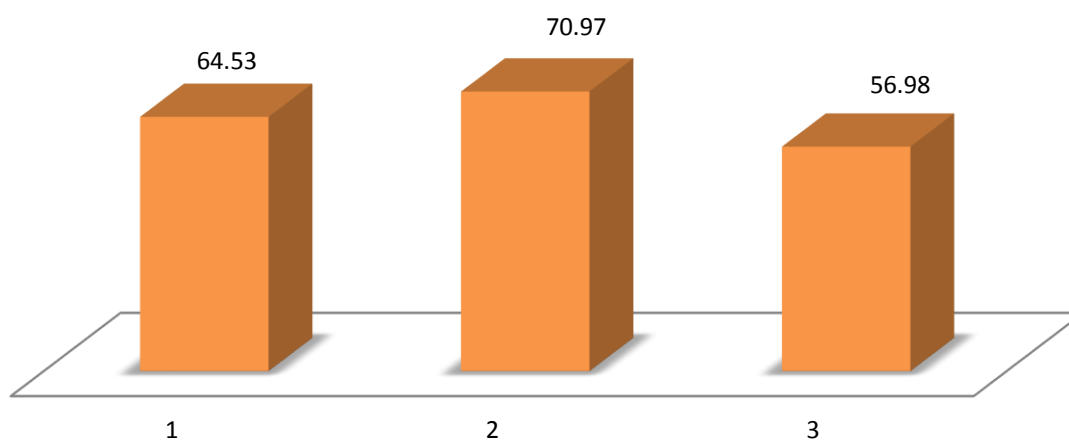


Figura XIX. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1.5 cm (ARTESANAL)

Tabla 34

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=1.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Area en cm2	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm2)
KK 18 HUECOS		L	A	H			
	1	23.5	12.6	31.5	20932	296.1	70.69
	2	23.4	12.6	31.5	27658	294.84	93.81
	3	23.3	12.5	31.5	28790	291.25	98.85
						f'm	87.78

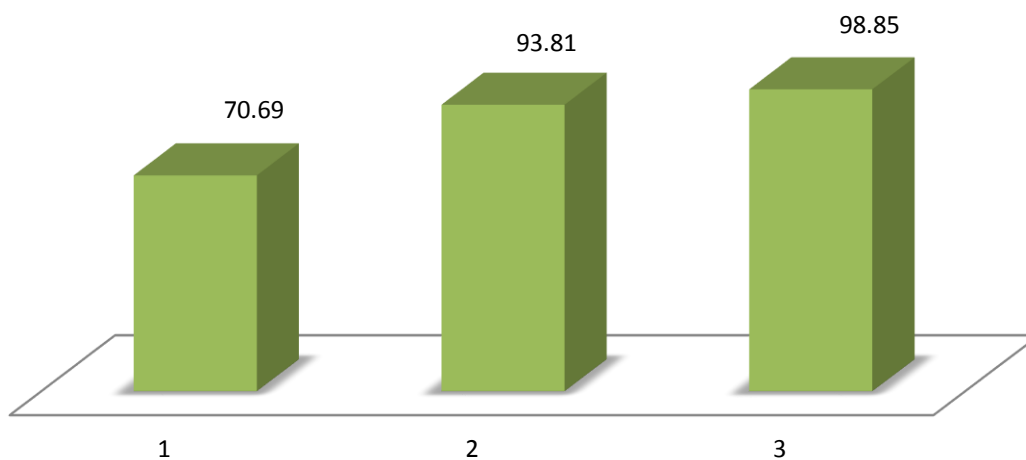


Figura XX. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1.5 cm (KK 18 HUECOS)

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS J=1.5cm – Mortero adicionado con 10% cascarilla de arroz.

Tabla 35

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal j=1.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			PESO (KG F)	Área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
ARTESANAL		L	A	H			
	1	20.2	12	25.2	16572	242.4	68.37
	2	20.6	12	25.2	17890	247.2	72.37
	3	21	12	25.2	17921	252	71.12
						f'm	70.62

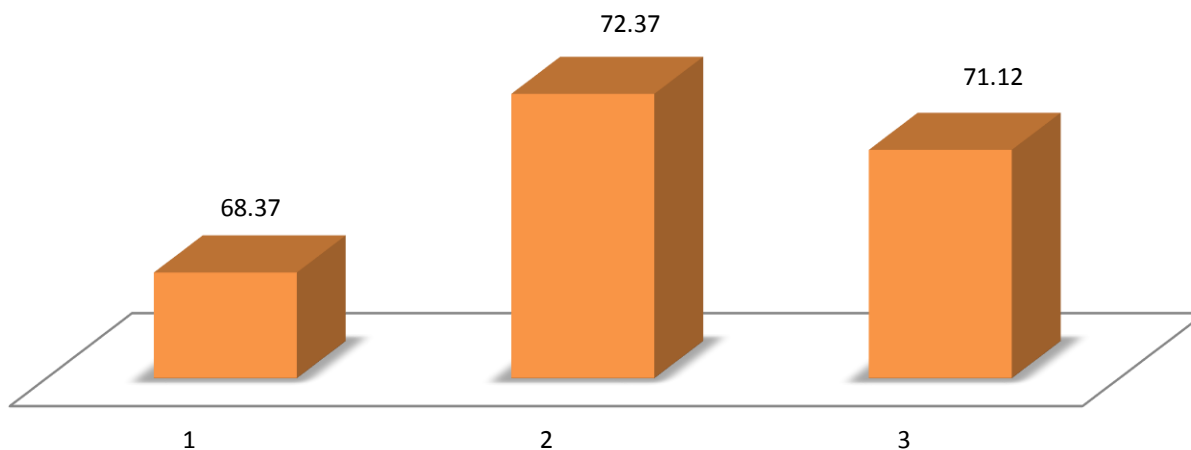


Figura XXI. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1.5 cm (Artesanal adicionado 10% cascarilla de arroz)

Tabla 36

Resistencia a la compresión de pilas ladrillo kk industrial j=1.5 cm

Tipo	N° Ladrillo	Dimensiones			Peso (Kg F)	área en cm ²	Resistencia de cargas P/A En (KG/cm ²)
KK 18 HUECOS		L	A	H			
	1	23.5	12.6	31.5	25612	296.1	86.50
	2	23.4	12.6	31.5	29034	294.84	98.47
	3	23.3	12.5	31.5	29734	291.25	102.09
						f'm	95.69

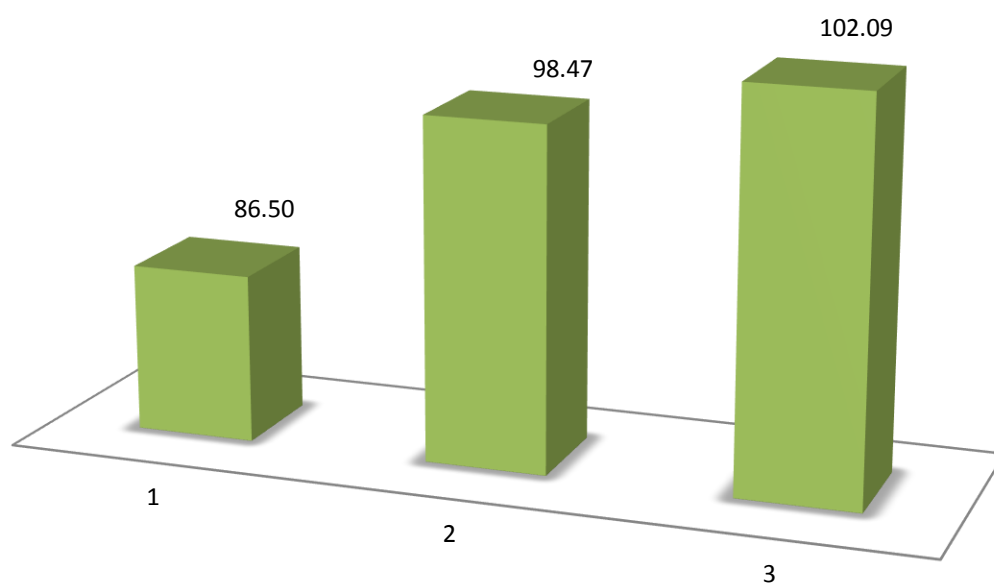


Figura XXII. RESISTENCIA DE CARGAS EN PILAS J=1.5 cm (KK 18 Huecos adicionado 10% cascarilla de arroz)

CAPITULO V: DISCUSION

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Debido a que la fluidez del mortero, fue de 113.0% para una relación agua/cemento de 1.23 aproximadamente, que se encuentra entre 110 +- 5% de fluidez fijado por la norma ASTM C270 correspondiente a morteros usados en muros de albañilería.

El peso unitario para la misma fluidez del mortero tiene un valor de 2117 kg/m³ se encuentra dentro de los valores usuales de morteros usados en muros de albañilería y no tiene restricción por parte de las normas referentes a morteros de albañilería.

La resistencia a la compresión f'_c del mortero, para la misma fluidez a los 28 días es de 127.07 kg/cm², para el mortero convencional y 130.00 kg/cm² para mortero adicionado con cascarilla de arroz, dichos valor es superior a 127 kg/cm² que corresponde al mortero tipo S según las especificaciones de propiedad la norma ASTM C270 referente a morteros de albañilería y es superior a 100kg/cm² correspondiente al mortero tipo M-2 fijado por el R.N.E. para morteros usados en muros portantes. Lo cual nos indica que el mortero usado es apto para la construcción de muros de albañilería.

La resistencia a la tracción del mortero para la misma fluidez a los 28 días es de 16.6 kg/cm² para mortero convencional y 18 kg/cm² para mortero adicionado con cascarilla de arroz y representan el 10.6% de la resistencia a la compresión del mortero. Por lo tanto, se encuentra dentro de los valores prácticos de la resistencia a la tracción de morteros usados en muros de alb

CAPITULO VI:

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados al inicio y de acuerdo al estudio experimental desarrollado en los capítulos anteriores, se presentan las siguientes conclusiones:

- 1) La arena cumple con los requerimientos de la norma ASTM C144 y E070.
- 2) El cemento portland tipo I cumple con las especificaciones de la norma ASTM C270.
- 3) El mortero 1:4 de cemento: arena tiene una resistencia y trabajabilidad óptima.
- 4) La fluidez del mortero, fue de 113.0% para una relación agua/cemento de 1.23 aproximadamente, por experiencias realizadas que se trata de un mortero con una adecuada trabajabilidad; se encuentra entre 110 +- 5% de fluidez fijado por la norma ASTM C270 correspondiente a morteros usados en muros de albañilería.
- 5) El peso unitario para la misma fluidez del mortero tiene un valor de 2117 kg/m³ se encuentra dentro de los valores usuales de morteros usados en muros de albañilería y no tiene restricción por parte de las normas referentes a morteros de albañilería.
- 6) La resistencia a la compresión f'_c del mortero, para la misma fluidez a los 28 días es de 127.07 kg/cm², para el mortero convencional y 130.00 kg/cm² para mortero adicionado con cascarilla de arroz, dichos valores son superiores a 127 kg/cm² que corresponde al mortero tipo S según las especificaciones de propiedad la norma ASTM C270 referente a morteros de albañilería y es superior a 100kg/cm² correspondiente al mortero tipo M-2

fijado por el R.N.E. para morteros usados en muros portantes. Lo cual nos indica que el mortero usado es apto para la construcción de muros de albañilería.

7) La resistencia a la tracción del mortero para la misma fluidez a los 28 días es de 16.6 kg/cm² para mortero convencional y 18 kg/cm² para mortero adicionado con cascarilla de arroz y representan el 10.6% de la resistencia a la compresión del mortero. Por lo tanto, se encuentra dentro de los valores prácticos de la resistencia a la tracción de morteros usados en muros de albañilería.

8) Las pilas con morteros adicionados con cascarilla de arroz tienen mayor resistencia que las pilas elaboradas con mortero convencional.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

En base a los objetivos planteados al inicio y de acuerdo al estudio experimental desarrollado en los capítulos anteriores, se presentan las siguientes recomendaciones:

- 1) Se adquirirá arena de cantera que cumpla con los requerimientos de la norma ASTM C144 y E070.
- 2) Se adquirirá cemento portland tipo I de proveedor de confianza, que no sea alterado para así estar seguros de que cumple con las especificaciones de la norma ASTM C270. Se recomienda para las posteriores investigaciones a este tema utilicen diferentes tipos de cemento.
- 3) La preparación del mortero debe hacerse con personal capacitado y utilizando las recomendaciones anteriores.
- 4) Usar una adecuada relación agua/cemento nos permitirá obtener un mortero con una adecuada trabajabilidad.
- 5) Por el peso unitario obtenido de 2117 kg/m³ que no tiene restricción por parte de las normas referentes a morteros de albañilería es que se recomienda el uso de mortero adicionados con cascarilla de arroz.
- 6) Se recomienda el uso de mortero adicionado con cascarilla de arroz en muros de albañilería debido a que en los ensayos se supera en resistencia a la compresión al mortero convencional y a valores recomendado por la norma ASTM C270 y el R.N.E.
- 7) Se recomienda el uso de mortero adicionado con cascarilla de arroz en

muros de albañilería debido a que en los ensayos se supera en resistencia a la tracción al mortero convencional.

8) Se recomienda usar mortero adicionado con cascarilla de arroz debido a que las pilas con morteros adicionados con cascarilla de arroz tienen mayor resistencia que las pilas elaboradas con mortero convencional.

CAPITULO VIII:

PROPUESTA

8.1. Generalidades

Desde que el hombre inició con procesos de construcción de su morada tomó para ello elementos de la naturaleza, como el suelo y las fibras orgánicas, hasta que el desarrollo de la tecnología del cemento y el acero los desplazaron, llegando a dominar el mercado de la construcción, a tal punto que la adopción del concreto, propició una desvalorización de los materiales y tecnologías ancestrales y una elevación de sus costos.

En la actualidad esta tendencia trata de revertir esta idea, para encontrar nuevas materias primas que, sin retornar a los materiales considerados autóctonos, puedan permitir la confección de nuevos, minimizando su valor en el mercado a través de una adecuada combinación de los mismos, lo cual da paso, a una serie de investigaciones entre las cuales se hallan los estudios de morteros adicionados con compuestos orgánicos.

8.2. Análisis

A partir de la importancia del estudio de morteros adicionados con compuestos orgánicos, se iniciaron en varias partes del mundo estudios sobre fibras orgánicas, lo que ha permitido que se destinen grandes recursos para su investigación; sin embargo, el estudio para estos temas es casi nulo, a pesar de que existen importantes especies vegetales que proporcionan fibras orgánicas, que podrían aportar en el área de la construcción.

8.3. Diseño

En el presente proyecto de investigación se evaluará el desempeño del mortero adicionado con cascarilla de arroz, la cual reemplazará un volumen de 10% al agregado fino, en comparación con el mortero convencional. Se desarrollará en la ciudad de Chiclayo, con agregados, cemento y cascarilla de arroz de la zona.

Los ensayos se dividirán en:

A) Ensayos de las características del agregado fino

- Granulometría
- Módulo de fineza
- Contenido de humedad
- Absorción
- Peso unitario
- Peso específico
- Superficie específica
- Material que pasa la malla N°200

B) Ensayos del mortero

En estado fresco:

- **Fluidez:** Se mide con un porcentaje del incremento en el diámetro de un tronco de cono de 4” de diámetro inicial en la base, colocado sobre una mezcla de flujo, la cual se somete a 25 golpes durante 15 segundos, dejándola caer sobre una altura de ½”, de acuerdo a la norma ASTM C91.
- **Peso unitario:** Es el peso del mortero en estado plástico que ocupa un volumen unitario de un recipiente normalizado. Para determinar el peso unitario del mortero se seguirá el procedimiento descrito en la norma ASTM C138.

En estado endurecido:

- **Resistencia a la compresión:** Se obtiene mediante la ruptura de especímenes

cúbicos de mortero endurecido de 5cm de lado, de acuerdo con la norma ASTM C109, que se ensayarán a los 7, 14, 21 y 28 días.

- Resistencia a la tracción: Se obtiene mediante la ruptura de especímenes cilíndricos de mortero endurecido de 5cm de diámetro y 10cm de alto, adecuación de la norma ASTM C496, que se ensayarán a los 7, 14, 21 y 28 días.

C) Ensayos de las propiedades de las unidades de albañilería

- Variación dimensional
- Alabeo
- Resistencia a la compresión
- Densidad
- Absorción
- Succión

D) Ensayos en pilas

- Corte directo: Consiste en aplicar de confinamiento en forma horizontal y manteniéndola constante, y aplicando carga vertical a la unidad intermedia hasta llevarla a la falla, se utilizarán especímenes con espesores de mortero de 0.5, 1 y 1.5 cm, para cada tipo de espesor se fabricarán 10 especímenes, que se ensayarán a los 28 días.

- Compresión axial: Consiste en someter a la pila a carga axial verticalmente, se utilizarán especímenes con espesores de mortero de 0.5, 1 y 1.5 cm, para cada tipo de espesor se fabricarán 10 especímenes, que se ensayarán a los 28 días.

8.4. Implementación.

La implementación de este proyecto se llevará a cabo principalmente en un laboratorio de materiales. En donde se realizarán todos los ensayos respectivos según RNE.

8.5. Costo y presupuesto.

Nº	BIENES	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Ladrillos	Global	600.00	600.00
2	Cemento	Global	600.00	600.00
3	Arena	Global	300.00	300.00
TOTAL				1500.00
Nº	SERVICIOS	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Ensayos de laboratorio	Global	3000.00	3000.00
2	Impresiones	3 millares	100.00	300.00
3	Internet	400	1.00	400.00
4	Empastados	5	50.00	250.00
5	Anillados	10	5.00	50.00
TOTAL				4000.00
TOTAL : BIENES y SERVICIOS				5500.00 nuevos soles

Este proyecto será financiado por los autores de esta investigación.

CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM C 1314, 2003. Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms.

ININVI, 1982. Norma E-070 Albañilería. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda. Perú.

INDECOPI, 2003. NTP 399.605. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de albañilería.

INF-LE 118, 2005. Informes del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, correspondientes a los especímenes de este Proyecto.

NCh, 1997. Norma Chilena Oficial 2123.Of97. Albañilería Confinada – Requisitos de diseño y cálculo. Instituto Nacional de Normalización. Chile.

NSR, 1998. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Título D – Mampostería Estructural. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Colombia.

SENCICO, 2004. Proyecto de Norma Técnica de Edificación E.070 “Albañilería”. Comité Técnico de la Norma E.070.

BIBLIOGRAFÍA

- Bizzotto, M. B., Natalini, M. B., & Gómez, G. M. (1998). *Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratada como agregado granular*. Chaco, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, 7-8
- Camus, L. J., Vivar, M. L., & Infantes, G. M. (2014). Elaboración de placas de compuesto de fibra cemento aprovechando residuos industriales como cascarilla de arroz y lodos del proceso de fabricación de papel blanco, como material de construcción de bajo costo. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial UNMSM*, 91-98.
- Chur Pérez, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala, 73
- Escobar Fernández, N. (2013). *Estudio del comportamiento mecánico de morteros fabricados a base de filita*. Almería, España: Universidad de Almería, 35-36
- González de la Cadena, J. F. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el cantón Cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2,83-86
- Linarez Ocmín, C. (2014). *Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos agrícolas (cáscara y ceniza de arroz), como material sostenible para la construcción*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 9
- Mafla, B. A. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. *Inventum No. 6 Facultad de Ingeniería Uniminuto*, 74-78.
- Sierra, A. J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Sucre, Colombia: Universidad de Sucre, 79

CAPITULO X:

ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO N° 1 - PANEL FOTOGRÁFICO

ELABORACION DE PILAS DE LADRILLO

Se elaboraron pilas con ladrillo artesanal y ladrillo industrial.



Se elaboraron pilas con junta de mortero de 0.5cm, 1.0 cm y 1.5 cm.



La resistencia de la albañilería a compresión axial f'_m se determina mediante ensayos en pila de albañilería.



ELABORACION DE CUBOS DE 5CM DE LADO DE MORTERO CON Y SIN CASCARILLA DE ARROZ

Se elaboraron especímenes en forma de cubo de 5cm de arista los cuales se ensayaron a compresión.



ELABORACION DE CILINDROS DE MORTERO CON Y SIN CASCARILLA DE ARROZ

Se elaboraron cilindros de mortero de 5cm de diámetro y 10 cm de altura para ensayos a compresión.



ROTURA DE CILINDROS DE MORTERO A COMPRESION

Se ensayaron a compresión los especímenes de mortero





ROTURA DE CUBOS DE 5CM DE ARISTA DE MORTERO A COMPRESION

Se ensayaron a compresión los especímenes de mortero



