



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

USO DE LADRILLO DE ARCILLA CON EXCESO DE COCCIÓN COMO AGREGADO GRUESO EN CONCRETOS HIDRÁULICOS

Herbert Rosas-Moreto

Piura, mayo de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Rosas, H. (2018). *Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos* (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



Uso de ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos.

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Herbert Abdiel Rosas Moreto

Asesor: Mgtr. Ing. Gaby Ruiz Petrozzi

Piura, mayo 2018

*A mi familia por su apoyo constante y sincero,
y a mis grandes amigos Pierre, Lucía, María
Josseline, Alexy, Óscar y Jorge Emilio, por su amistad
y apoyo en los momentos más difíciles.*

Prólogo

Con la nueva tendencia positiva de minimizar el impacto de la obra del hombre sobre el medio ambiente, sobretodo en la actividad de la construcción, se está valorando la reutilización de materiales desechados, provenientes de procesos relacionados con esta actividad, para ser reutilizados como materia prima en la elaboración de concreto. Uno de estos materiales desechados es el ladrillo con exceso de cocción, o ladrillo recocho.

En la ciudad de Piura hay un gran número de ladrilleras artesanales, las cuales desechan un gran número de ladrillos recochos, generando un impacto negativo en el entorno. La exploración de nuevas formas de reuso de este material ofrece una alternativa de solución a este inconveniente y a la sobreexplotación de canteras de agregados naturales.

El ladrillo recocho presenta un potencial importante para ser reutilizado, debido a sus características físicas como dureza, porosidad, densidad, entre otras. Este trabajo busca sumar esfuerzos a las investigaciones ya existentes sobre la factibilidad de su uso como materia prima para la fabricación del concreto hidráulico, y así revalorizar este residuo, ayudando así a la creación de sistemas constructivos más eficaces y amigables con el medio ambiente.

Antes de concluir este apartado, se quiere dar un especial agradecimiento al Técnico Francisco Castro Cruz por su apoyo y asesoría con los ensayos realizados en el laboratorio de Suelos de la Universidad de Piura, para que este trabajo de investigación sea una realidad.

Resumen

El ladrillo recocho es aquella unidad cocida con exceso, que se descarta alrededor de las ladrilleras, generando un impacto negativo en el medio ambiente. En este trabajo se evalúa su posible uso, como agregado grueso para la fabricación de concreto hidráulico.

Después de caracterizar el ladrillo como agregado, se elaboraron 5 mezclas de concreto, una mezcla patrón sin ladrillo y 4 mezclas con reemplazo de 20%, 30%, 40%, y 50% de agregado natural por ladrillo triturado, sin modificar la granulometría de la grava natural, todas diseñadas con relación a/c de 0.52. El ladrillo triturado se usó en dos condiciones distintas de humedad: seco al aire y saturado con superficie seca, para observar el efecto de la humedad del ladrillo en la relación a/c y en las propiedades del concreto fresco (trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire) y endurecido (resistencia a la compresión).

Los resultados indican que la humedad del ladrillo triturado tiene incidencia en la trabajabilidad y en la resistencia a la compresión del concreto. Se concluye que el ladrillo recocho puede ser usado como agregado grueso, siempre y cuando el porcentaje de reemplazo no sea mayor al 30% y se encuentre en saturado con superficie seca.

Índice General

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1: Aspectos generales	3
1.1 Ladrillo como material cerámico	3
1.2 Propiedades del ladrillo como material cerámico	4
1.2.1. Propiedades mecánicas del ladrillo	4
1.2.2. Propiedades físicas de ladrillo	5
1.3 Propiedades de los agregados	5
1.3.1. Propiedades físicas de los agregados	5
1.3.2. Propiedades resistentes de los agregados	10
1.4 Influencia del agregado en las propiedades del concreto	11
1.4.1. Peso unitario del concreto	11
1.4.2. Resistencia del concreto	11
1.4.3. Trabajabilidad del concreto	11
1.5 Resistencia por adherencia pasta-agregado	12
1.6 Uso de ladrillo triturado en el concreto	13
1.6.1 Propiedades del concreto con ladrillo reciclado	14
1.6.1.1. Trabajabilidad	14
1.6.1.2. Resistencia a la compresión	14
Capítulo 2: Caracterización de los materiales	17
2.1 Cemento Portland Tipo MS	17
2.2 Agregado grueso	17
2.3 Agregado fino	20
2.4 Ladrillo triturado	21
2.4.1. Análisis del ladrillo triturado según las especificaciones técnicas normalizadas NTP 400.037 para agregado	29
2.5 Conclusión de la caracterización del ladrillo triturado	30

Capítulo 3: Programa experimental	31
3.1 Diseño de mezcla	31
3.2 Diseño patrón y proporciones de reemplazo	31
3.3 Parámetros a evaluar en los agregados naturales, ladrillo triturado y concreto	34
3.3.1 Ensayos a realizar en los agregados naturales y ladrillo triturado	34
3.3.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y ladrillo triturado (NTP 400.12)	34
3.3.1.2 Peso unitario del agregado (NTP 400.017)	34
3.3.1.3 Abrasión (Método de los Ángeles) (NTP 400.19).	35
3.3.1.4 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)	35
3.3.1.5 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)	35
3.3.2. Parámetros a evaluar en el concreto fresco y endurecido	35
3.3.2.1 Resistencia a la compresión (NTP 339.034)	35
3.3.2.2 Trabajabilidad (NTP 339.045)	35
3.3.2.3 Peso unitario (NTP 339.046)	35
3.3.2.4 Contenido de aire (ASTM-C31)	35
3.4 Interacción de la pasta con la superficie de las partículas del ladrillo triturado	36
3.5 Relaciones agua-cementos efectivas en cada porcentaje de reemplazo y estados de humedad del ladrillo triturado	37
Capítulo 4: Discusión de resultados	39
4.1 Propiedades del concreto fresco	39
4.1.1. Slump	39
4.1.2. Peso unitario	42
4.1.3. Contenido de aire	44
4.2 Propiedades del concreto endurecido	45
4.2.1 Resistencia a compresión de la muestra patrón y del concreto con ladrillo triturado	45
4.3 Interacción de la pasta con la superficie de las partículas del ladrillo triturado	49
4.4 Influencia de la relación a/c y de las propiedades del concreto fresco con ladrillo triturado sobre la resistencia a la compresión	51
4.5 Patrones de falla de las probetas tras el ensayo de compresión	54
4.6 Matriz de concreto para las diferentes proporciones de reemplazo	60
Conclusiones y recomendaciones	65
Bibliografía	69
Anexos	73

Introducción

Según la Dirección Regional de Producción de Piura, existen en la Región 323 ladrilleras artesanales (Direpro-Piura, 2010), las cuales se estima que producen 7,294.36 millares de ladrillos al mes. De ellos, entre un 5% a 10% de unidades de albañilería son desechadas por exceso de cocción, por lo que se estima que al menos 364,718 unidades al mes son desechadas y acumulados en los alrededores de las ladrilleras, arrojados a las quebradas o en depresiones del terreno, ocasionando un gran impacto negativo en el medio ambiente. Por otro lado, la explotación de canteras de agregados para concreto en la Región, no es una actividad que sea controlada, aún ni mucho menos se ha medido el impacto en los fenómenos climáticos locales o los desastres naturales. Esto hace que se requiera encontrar alternativas de uso para este material desechado.

La utilización de ladrillo desechado por exceso de cocción como agregado grueso para la fabricación de concreto podría conducir a la industria de la construcción a un escenario de mayor sostenibilidad, reduciendo el uso de recursos no renovables y el impacto negativo que causa al medio ambiente el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

El Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) y la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe (Argentina), hizo un estudio comparativo entre el concreto fabricado con residuos de muros de ladrillos cerámicos provenientes de la demolición total o parcial de edificios de vivienda, con el concreto fabricado con el desecho de los procesos constructivos de las ladrilleras de la zona. Los resultados indican que, si bien no es posible obtener concretos para uso estructural, existen otras oportunidades para su aprovechamiento, como rellenos, contrapisos y cimientos.

En Colombia se han elaborado varias tesis sobre el uso de residuos de ladrilleras, como es el caso de la tesis “Posibilidades de Diseño con el concreto Arquitectónico utilizando agregado grueso de ladrillo triturado reciclado”, cuyo autor es el arquitecto Joan Manuel Guarín Salas. El objetivo de esta tesis fue analizar cómo incide el uso de ladrillo triturado como agregado en el color y textura del concreto arquitectónico. En esta tesis se llegó a la conclusión que sobrepasando el 30% de sustitución, las propiedades del concreto decaen notablemente.

Otro estudio de interés, lleva por título “Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto”, cuya autora es Magister en Ingeniería Ambiental Ángela Viviana Pérez Rojas (docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). En esta investigación se estudió la posibilidad de utilizar ladrillo triturado como agregado grueso en la elaboración de concreto. Para esto se sustituyó el agregado natural grueso por ladrillo triturado en diferentes proporciones (0, 10, 20 y 30%). Se analizaron las propiedades químicas del ladrillo reciclado, así como las propiedades mecánicas del concreto endurecido (flexión y compresión a los 28 días). Los resultados indicaron la viabilidad de utilizar ladrillo triturado como agregado grueso en la elaboración de concreto, siempre y cuando éste no supere el 30% del agregado natural grueso.

De los estudios antes mencionados, se concluye que es factible utilizar ladrillo triturado como agregado grueso para la fabricación de concreto en aplicaciones no estructurales, siempre y cuando el porcentaje de reemplazo no sobrepase el 30%, ya que una vez superado este límite las propiedades del concreto decaen significativamente. Sin embargo, dado que las características de los ladrillos usados en Piura pueden diferir con los indicados en la literatura, puede ser conveniente explorar porcentajes de reemplazo mayores a este valor. Por lo tanto, en la presente investigación se propone evaluar los efectos del ladrillo triturado en el concreto como reemplazo del agregado grueso, considerando las características particulares del ladrillo con exceso de cocción y en las condiciones de fabricación de la Región de Piura.

Capítulo 01

Aspectos generales

1.1. Ladrillo como material cerámico

Los materiales cerámicos se pueden definir como materiales inorgánicos y no metálicos. La mayoría de los cerámicos son compuestos formados por elementos metálicos y no metálicos cuyos enlaces interatómicos pueden ser de carácter totalmente iónico con algún carácter covalente. El término “cerámico” proviene de la palabra griega “keramikos”, que significa “cosa quemada”, indicando de esta manera que las propiedades deseables de estos materiales generalmente se alcanzan después un tratamiento a alta temperatura que se denomina cocción (Callister, 2002)

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981).

El material base predominante para elaborar el ladrillo es la arcilla. Este es un ingrediente barato y que se encuentra de forma natural en gran abundancia, a menudo se utiliza tal como es extraído de la mina o yacimiento sin ningún aumento en el grado de calidad. Los minerales de arcilla le otorgan a este material la característica, que cuando se le añade agua, se hacen muy plásticos, propiedad que se denomina hidroplasticidad; y también permiten que la arcilla funda en un amplio intervalo de temperaturas; así, un producto cerámico denso y fuerte puede obtenerse durante el cocido sin fusión completa de manera que la forma deseada se conserve. Este intervalo de temperaturas de fusión depende obviamente de la composición de la arcilla.

Las arcillas son aluminosilicatos, formados por alúmina (Al_2O_3) y sílice (SiO_2), que contienen agua enlazada químicamente. Tienen una amplia gama de características físicas, composiciones químicas y estructuras; las impurezas comunes incluyen compuestos (normalmente, óxidos) de bario, calcio, sodio, potasio y hierro, y también algo de materia orgánica. Las estructuras cristalinas de los minerales de arcilla son relativamente

complicadas; sin embargo, una característica común es una estructura en capas. Cuando se añade agua, las moléculas de agua encajan entre las capas y forman una película delgada alrededor de las partículas de arcilla. Las partículas son así libres de moverse unas respecto a otras, lo cual explica la plasticidad resultante de la mezcla arcilla-agua.

Los ladrillos al igual que otros materiales cerámicos presentan las siguientes propiedades: son duros y frágiles, baja tenacidad y ductilidad; son buenos aislantes eléctricos y térmicos, tienen altas temperaturas de fusión, alta resistencia al ataque químico, bajo costo y presentan la facilidad de controlar su aspecto.

1.2. Propiedades del ladrillo como material cerámico

Debido al uso del ladrillo triturado como agregado grueso para la fabricación de concreto, las propiedades de esta unidad de albañilería, tendrán influencia tanto positiva como negativa en las propiedades del concreto fresco y endurecido; por lo tanto, se hace mención de estas a continuación.

1.2.1. Propiedades mecánicas del ladrillo

➤ Según la durabilidad:

a) Resistencia a la congelación: propiedad que permite al ladrillo soportar temperaturas bajas, sin ver afectado sus características mecánicas y de durabilidad.

b) Resistencia al fuego: capacidad de los ladrillos de soportar altas temperaturas, sin que sus propiedades mecánicas se deterioren.

c) Aislamiento térmico: debido a la baja conductividad térmica del ladrillo, se minimiza la transmisión de calor hacia otros elementos o espacios.

d) Absorción: capacidad del ladrillo de retener elementos en estado líquido en su estructura.

➤ Según la resistencia:

a) Resistencia a la compresión: la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería cocida varía generalmente entre 60 y 300 kg/cm² (Gallegos, 2005), siendo los ladrillos fabricados industrialmente los que alcanzan resistencias más altas. Los ladrillos artesanales elaborados en la región de Piura, debido a su proceso de fabricación manual y no controlado, ofrecen un amplio rango de valores de resistencia a la compresión, como se detalla en la figura 1.

UBICACION RESISTENCIA	La Quinta Marcavelica	Cerro Mocho	La Unión	La Encantada Chulucanas	La Huaca	Piura	EL Tallán
σ_{prom}	63,27	70,90	63,75	65,75	54,29	54,66	96,21
σ_{min}	49,50	77,18	72,75	67,73	55,74	55,57	100,48
σ_{max}	74,21	79,59	76,26	75,14	62,29	63,15	100,59

Figura 1: Valores de resistencia a la compresión en ladrillos artesanales (kg/cm²).

Fuente: Barranzuela, 2014.

b) Alabeos: medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.

c) **Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento:** propiedad del ladrillo que depende del grado de porosidad que presente, esta característica se refiere a la velocidad de absorción que presente la unidad de albañilería.

1.2.2. Propiedades físicas del ladrillo

a) **Color:** propiedad que depende de temperatura y tiempo de cocción, así como la composición química de los materiales utilizados para la elaboración del ladrillo.

b) **Textura:** Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración.

1.3. Propiedades de los agregados

El agregado se puede definir como el conjunto de partículas inorgánicas, de origen artificial o natural. Hace algunos años a los agregados se les consideraban como un material inerte, que se repartía por toda la pasta de cemento. Sin embargo, es posible asumir un punto de vista opuesto y pensar que los agregados son un material de construcción unido a un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento. De hecho, los agregados no son realmente inertes y sus propiedades físicas, químicas, térmicas y mecánicas tienen una gran influencia tanto en la calidad final del concreto, como la trabajabilidad, durabilidad, cambios de volumen y peso unitario del concreto en estado fresco.



Figura 2: Clasificación agregado grueso

Fuente: Universidad Nacional de Córdoba, Densidad y aboradaje de la forma del agregado grueso.

1.3.1. Propiedades físicas de los agregados

➤ **Densidad:**

Las partículas del agregado están conformadas por la masa del agregado, vacíos o poros que se comunican con la superficie llamados poros permeables o saturables y vacíos que no se

comunican con la superficie, es decir, que quedan en el interior del agregado, llamados poros impermeables o no saturables; de acuerdo con lo anterior existen tres tipos de densidades:

- a) Densidad real: masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo sus poros permeables o saturables y los no saturables o permeables.
- b) Densidad nominal: masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, excluyendo únicamente los poros permeables o saturables.
- c) Densidad aparente: masa promedio de la unidad de volumen de las partículas del agregado, incluyendo tanto poros permeables o saturables como poros impermeables o no saturables.

De los tres tipos de densidades antes definidas, la densidad aparente, es la que se emplea en el cálculo de mezclas, porque se parte que el material primero se satura, es decir, todos los poros permeables de cada partícula quedan llenos de agua. Debido a su alto porcentaje de poros, la densidad del ladrillo triturado es mucho menor, comparado con un agregado natural; la absorción, en cambio los valores son mucho mayores, debido también a la naturaleza porosa del ladrillo.

➤ **Granulometría**

La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y a la distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determinan mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices estándar, dispuestos de mayor o menor. Los resultados de un análisis granulométrico se grafican mediante una curva granulométrica, en la cual aparece sobre el eje de las ordenadas, en escala aritmética el porcentaje que pasa a través de los tamices; y sobre el eje de las abscisas, en escala logarítmica la abertura de los tamices. Una curva tendida indica un material bien gradado con todos los tamaños y corresponde a una gradación densa o cerrada, es decir, los espacios entre partículas son mínimos, no existe un exceso ni defecto de un tamaño determinado. En cambio, una curva casi vertical indica un material mal gradado, en el que predominan solo unos pocos tamaños y corresponde a una gradación donde aumentan los espacios vacíos.

Los parámetros que se obtienen del análisis granulométrico son:

- a) Tamaño máximo: se define como la abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad de la muestra. Indica la dimensión de la partícula más grande que hay en la muestra. (NTP 339.07)
- b) Tamaño máximo nominal: es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (NTP 339.07)
- c) Módulo de finura: factor que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. (NTP 339.047).

Para cualquier aplicación, los agregados deben tener una gradación tal que garantice un empaquetamiento adecuado, por lo que se suelen especificar gradaciones a través de las normativas. Por ejemplo, según la norma ASTM C-33 y NTP 400.037, los agregados fino y grueso deben cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012.

La granulometría del ladrillo triturado está en función del proceso de trituración y el tamizado que se realice, asimismo de la dureza del ladrillo, caso contrario de los agregados naturales, que su granulometría depende del proceso de erosión y de su origen.

➤ **Peso unitario**

Es la masa de agregado necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En el peso unitario, además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre las partículas.

Según la NTP 400.017, existen dos tipos de pesos unitarios:

- a) Peso unitario suelto: relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa, este valor es menor que el peso unitario compactado porque el material en estado suelto ocupa un volumen mayor.
- b) Peso unitario compactado: es el peso del material compactado dividido entre el volumen que ocupa, este valor se utiliza para determinar el volumen absoluto de agregado grueso en las mezclas de concreto.

El peso unitario de un agregado está determinado por: su perfil y textura, su condición de humedad, su granulometría y su gravedad específica. Debido a la textura porosa y la forma angular del ladrillo triturado, este en comparación con un agregado natural, tiene un valor bajo de peso unitario.

El contenido de humedad presente en el agregado grueso, hace variar su peso unitario. Incrementos en el contenido de humedad ocasionan el aumento del peso unitario del agregado.

➤ **Superficie específica**

La superficie específica de una partícula de agregado se define como el área superficial de la misma. La superficie específica de un conjunto de partículas es la suma de las áreas superficiales de las mismas. Se expresa en cm^2/gr .

Cuanto mayor es la superficie específica, mayor el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. El agregado fino siempre tiene una superficie específica alta, en tanto que el agregado grueso suele ser bastante baja.

➤ **Porosidad**

La porosidad de los agregados, su impermeabilidad y absorción influyen en las propiedades como la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, la resistencia del concreto a la congelación y al deshielo, así como la estabilidad química, resistencia a la abrasión y la densidad aparente de los agregados depende también de la porosidad. De igual manera la forma y tamaño de los poros del agregado, tienen influencia en la velocidad y capacidad de absorción, el área superficial interna de las partículas, la facilidad de drenaje, el coeficiente de expansión, la difusividad y la conductividad del agregado.

Los poros del agregado presentan una amplia variación de tamaño; los más grandes son visibles con un microscopio e incluso a simple vista, pero hasta los poros más pequeños suelen ser mayores que los poros del gel de la pasta de cemento. Algunos de los poros del

agregado se encuentran completamente dentro del sólido, mientras otros se abren a la superficie de la partícula (Neville, 1999).

Debido a su viscosidad, la pasta de cemento no puede penetrar a gran profundidad en los poros de menor tamaño; sin embargo, el agua puede penetrar en los poros restando agua disponible para la hidratación del cemento. Esta tasa de penetración dependerá del tamaño, continuidad y volumen total de estos poros y, puesto que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen de concreto, está claro que la porosidad del agregado contribuye materialmente a la porosidad general del concreto.

➤ **Humedad**

Es la cantidad de agua retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla. La humedad superficial, o agua libre, es la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco.

Esta propiedad del agregado es de importancia, debido a que si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. No obstante, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto.

Las condiciones de humedad en que se puede encontrar un agregado son:

- a) **Seco:** Estado de humedad en la cual ningún poro del agua se encuentra con agua.
- b) **Húmedo no saturado:** Algunos poros permeables con agua.
- c) **Saturado y superficialmente seco (SSS):** todos los poros permeables se encuentran llenos de agua, y la superficie del agregado está en condición seca.
- d) **Húmedo saturado:** todos los poros permeables contienen agua, y además el material tiene agua en la superficie (agua libre).

Al igual que un agregado natural, la humedad es la cantidad de agua retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla. En un agregado con absorción alta, como el ladrillo, la condición de humedad es fundamental, pues puede ser el medio eficaz para compensar el exceso de absorción y reducir los efectos negativos en el comportamiento del concreto. Algunos autores proponen usar aditivos superplastificante cuando el ladrillo triturado o material reciclado este en condición de humedad stock o seca al aire, para aumentar la manejabilidad del concreto, que los agregados reciclados se encuentren en condiciones saturadas (Pérez, 2012) o con un alto grado de humedad antes de ser empleados en la mezcla, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad y al mismo tiempo, mantener fija la relación agua/cemento efectiva para no reducir la resistencia a la compresión. (López, 2008).

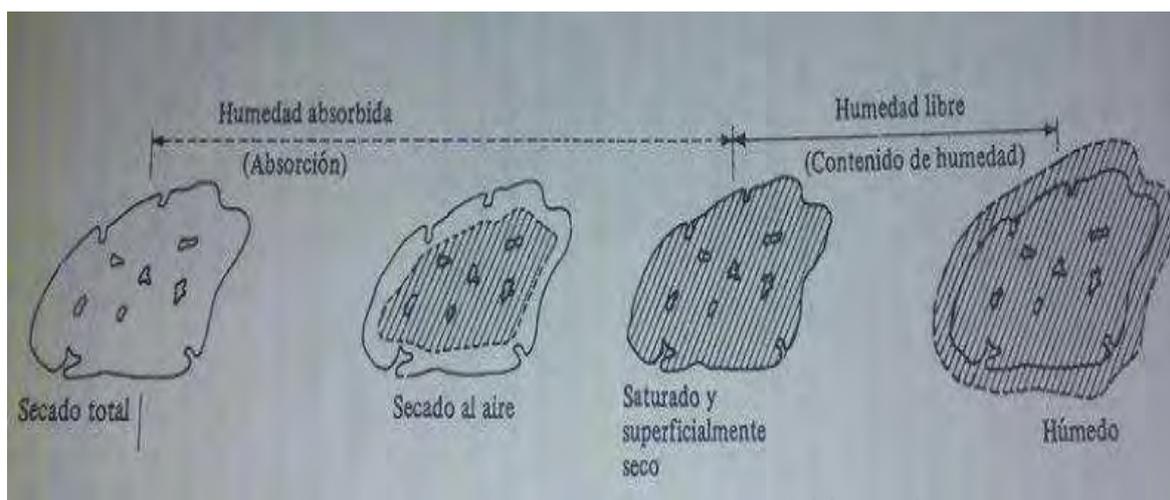


Figura 3: Representación esquemática de la humedad del agregado

Fuente: Tecnología del concreto (1987).

➤ Absorción y absorción efectiva

La propiedad de absorción de un agregado, es el contenido de humedad total interna, que tiene un agregado cuando está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción es una medida de la porosidad del agregado, estimándose que valores en exceso del 2% al 3% pueden ser un índice de agregados de alta porosidad efectiva. Agregados que absorben valores mayores que los indicados pueden ser aceptables si el tamaño de los poros es grande.

La absorción efectiva es el volumen de agua necesario para que el agregado en estado de condición seco al aire, pase a la condición de saturado superficialmente seco, razón por lo cual se debe considerar esta característica, al momento de calcular la cantidad de agua a utilizar en la mezcla de concreto, para mantener la relación agua-cemento constante, y además para evitar una trabajabilidad y consistencia rígida.

Las absorciones de los agregados naturales varían entre 0% y 4%, mientras que, en los agregados reciclados, entre ellos el ladrillo triturado, estos valores oscilen entre el 3% y 10% (Castaño, 2009). Estos valores elevados de absorción, ocasionan que se tenga que utilizar una mayor cantidad de agua, para la elaboración del concreto, para mantener una adecuada trabajabilidad.

➤ Peso específico

La NTP 400.021 define el peso específico como la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

La NTP 400.021 indica tres formas de expresar el peso específico o gravedad específica:

a) **Peso específico aparente:** es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

Peso específico de masa: es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables

b) en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

c) **Peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS):** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas.

El peso específico aparente es la característica usada generalmente para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes tipos de mezcla, incluyendo el concreto de cemento Portland, el concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre la base de un volumen absoluto. El peso específico aparente es también usado en el cálculo de los vacíos en el agregado. El peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si se ha satisfecho su absorción. Inversamente, el peso específico nominal (seco al horno) se usa para cálculos cuando el agregado está seco o se asume que está seco. El peso específico nominal concierne al peso específico relativo del material sólido sin incluir los poros saturables de las partículas constituyentes.

➤ **Peso sólido**

El peso sólido de un agregado se define como el producto de su gravedad específica por la densidad del agua. El peso sólido es aquel que tendría el material si se pudiera eliminar totalmente los vacíos internos o externos. El peso sólido se emplea en la determinación del volumen absoluto o volumen de sólidos del material.

➤ **Volumen absoluto**

El volumen absoluto o volumen de sólidos, es el espacio ocupado por los materiales de un material sin considerar sus vacíos internos o externos. El volumen absoluto de una masa de agregados es la suma de los volúmenes absolutos de todas sus partículas.

➤ **Contenido de vacíos**

El término “vacío” se refiere a los vacíos no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas. Se supone que este contenido de vacíos será ocupado por la pasta de cemento al momento de hacer la mezcla.

El criterio empleado para obtener la mejor combinación de agregados finos y grueso es que el porcentaje de sólidos sea tan grande como fuere posible. Desde que éste es controlado por la granulometría, perfil y textura superficial de las partículas, tanto el peso unitario como el porcentaje de vacíos entre partículas del agregado sirven como índices aproximados de la adecuada selección de la granulometría.

1.3.2. Propiedades resistentes de los agregados

➤ **Resistencia**

La porosidad, textura, perfil y composición de las partículas del agregado tienen influencia en su resistencia, la cual disminuye si los granos que constituyen el agregado no están bien acomodados unos a otros o si éstos son débiles o muy porosos. Por su naturaleza, la

resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. La resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1000 kg/cm². Un método indirecto para determinar la resistencia del agregado consiste en comparar la resistencia de mezclas de concreto preparadas con el agregado cuya resistencia se quiere calcular, contra otras que tienen las mismas proporciones en las cuales se ha utilizado agregado de resistencia conocida.

➤ **Dureza**

La propiedad de dureza de un agregado se define como la resistencia a la abrasión, erosión y al desgaste. La dureza de un agregado dependerá de sus constituyentes mineralógicos. El ladrillo triturado, al ser un material altamente poroso, presencia de grietas (debido al proceso de trituración) y de material orgánico; los valores obtenidos en el ensayo de los ángeles, son mayores en comparación con los obtenidos de los agregados naturales. En algunas investigaciones, se ha hecho una estimación de los valores de coeficiente de desgaste de los ángeles, valores que oscilan entre el 25% y el 40% (Sánchez, 2005).

1.4. Influencia del agregado en las propiedades del concreto

1.4.1. Peso unitario del concreto

La cantidad de agregado utilizado en la preparación de la mezcla de concreto, así como su gravedad específica afectan el peso unitario de la mezcla fresca. Con agregados de elevada porosidad el peso unitario del concreto puede variar dependiendo de si la absorción ha sido satisfecha por pre-humedecimiento del agregado antes de la dosificación. (Rivva, 2002).

1.4.2. Resistencia del concreto

La dureza de los agregados influye en la resistencia del concreto, agregados de dureza baja, que son principalmente agregados con porcentaje de poros elevados, pueden incrementar los requerimientos de agua, con modificación de la relación agua-cemento y disminución de la resistencia, al aumentar la cantidad de finos de la mezcla.

La resistencia a la compresión del agregado deberá ser tal que permita desarrollar totalmente la resistencia potencial de la matriz cementante. Si los granos constituyentes del agregado no están bien cementados, o están compuestos de partículas débiles, puede afectar la resistencia del concreto endurecido. La textura superficial del agregado está influenciada por la dureza, tamaño del grano y porosidad de la roca original, así como de las fuerzas que han actuado sobre la superficie de las partículas para suavizarlas o darles rugosidad. La textura superficial del agregado influye sobre la resistencia del concreto por su efecto sobre la resistencia por adherencia pasta-agregado. La textura rugosa de agregados que provienen de roca triturada da resistencias por adherencia mayores que las que se obtendría por el empleo de agregados de textura suave. Sin embargo, las partículas de textura suave tienen a su favor que se puede reducir la relación agua/cemento, debido a que tiende a aumentar la trabajabilidad del concreto por su textura y, por ende, se puede disminuir la demanda de agua en el concreto (Rivva, 2002).

El perfil del agregado influye en la resistencia del concreto, en que, si el agregado posee un perfil angular se requiere más agua por su mayor superficie específica. Por su menor superficie específica y menor demanda de cemento y agua, el agregado de perfil redondeado,

sería el óptimo para ser utilizado en la elaboración de concreto. Sin embargo, el mayor contenido de cemento, si se utiliza agregado de perfil angular para elaborar concreto, es compensado por las mayores resistencias resultantes de un aumento de adherencia entre el agregado y la pasta, así como de un mayor agarre en la textura del concreto endurecido. Con respecto al agregado fino, la relación agua/cemento del mortero, para una consistencia dada, tiene relación con su perfil, requiriendo el perfil redondeado menos agua para obtener una resistencia determinada.

1.4.3. Trabajabilidad del concreto

Las características, proporción y granulometría del agregado fino y grueso determinan la trabajabilidad del concreto, ya que estos factores regulan la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable.

El agregado fino en la masa de concreto fresco actúa como un lubricante, ya que permite al agregado grueso estar espaciado de tal manera, que pueda moverse con relativa facilidad durante los procesos de mezcla y colocación, permitiendo al agregado grueso distribuirse de manera uniforme en la mezcla de concreto. Para lograr un concreto con una trabajabilidad aceptable, es deseable que no menos del 15% del agregado fino no pase el tamiz N° 50, para evitar la acumulación de finos en la elaboración del concreto.

El perfil del agregado grueso influye en la trabajabilidad, dependiendo si es triturada o perfil redondeado. El agregado grueso que proviene de la trituración, cuando se le compara con agregado de perfil redondeado, requiere mayor cantidad de agregado fino para compensar el perfil angular de las partículas, en mérito de obtener una mezcla comparable en trabajabilidad a aquellas en las que se emplea grava de canto rodado.

El uso de partículas de perfil chato y alargado, requiere por su mayor área superficial, a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y, por ende, a emplear mayores cantidades de cemento y agua. Si este tipo de partículas se encuentran en conjunto en un porcentaje moderado, no mayor del 5%, no tienen efecto importante sobre la trabajabilidad (Rivva, 2002). Los cambios de angulosidad del agregado tienen un efecto más importante sobre la trabajabilidad que los que pueden presentarse en el espesor de aquel y, en general, un incremento en la angulosidad conduce a una reducción en la trabajabilidad.

No existe una clara relación entre la textura superficial del agregado y la trabajabilidad del concreto, pero es evidente que, para un mismo contenido de pasta, cuanto menos rugosa sea la superficie del agregado, mayor será la facilidad de deslizamiento. También existe una relación entre la capacidad de absorción del agregado y la trabajabilidad dado que los agregados altamente porosos, al tomar más agua de la mezcla, tienden a aumentar su consistencia y disminuir su trabajabilidad. (Rivva, 2002).

1.5. Resistencia por adherencia pasta-agregado

La pasta en el concreto puede ser definida como el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación, generando cristales hidratados que unen químicamente las partículas de los agregados. La formación de estos cristales es una reacción química de tipo exotérmica que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo la reacción mucho más intensa en los días posteriores a la fabricación del concreto, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente dentro del concreto, una parte de cemento no alcanza a combinarse con el agua por lo que permanece como cemento no hidratado.

La pasta de cemento comprende de cuatro elementos fundamentales:

i) El gel, producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento; ii) los poros incluidos en ella, iii) el cemento no hidratado, si lo hay, y iv) los cristales de hidróxido de calcio o cal libre que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

La capacidad de adherencia entre la pasta y el agregado está influenciada por la textura superficial, composición mineral, tamaño, perfil y limpieza del agregado. Generalmente la pasta se adhiere mejor a una superficie rugosa que a una suavizada, por lo que, la textura superficial es más importante para el agregado grueso que para el fino. Los revestimientos superficiales en las superficies de las partículas pueden interferir en la buena adherencia con la pasta. Si estos revestimientos son arcillosos pueden perjudicar la adherencia, en tanto que aquellos de polvo no adherido incrementan la demanda de agua como una consecuencia del incremento de finos.

La relación entre capacidad de adherencia y tamaño del agregado se puede explicar porque, en la pasta, el proceso de endurecimiento puede ser acompañado por cambios dimensionales, los cuales pueden ser lo bastante grandes como para dar origen a considerables esfuerzos internos en la película de pasta en contacto con la superficie de los agregados, ya que estos se oponen a la tendencia de la pasta a moverse. Así, cuanto mayor es la superficie, mayor es el esfuerzo desarrollado y menor la capacidad de adherencia. Resultados experimentales muestran que en tamaños mayores de 38.1 mm (1 ½") el aumento de resistencia debida a la reducción del agua se compensa con los efectos nocivos de una menor área de adherencia (Neville, 1988).

Por lo general un aumento en el contenido de pasta tenderá a incrementar los efectos que la relación capacidad de adherencia-tamaño máximo del agregado pueda tener sobre el concreto. Ello podría ser la razón por la que los agregados de tamaño mayor dan lugar a una reducción en la resistencia.

1.6. Uso de ladrillo triturado en el concreto

Las características de los agregados reciclados, como el ladrillo triturado, en comparación con los agregados naturales, tienen una cierta dispersión en los resultados, ya que la calidad de los mismos depende de algunos factores, como el grado de impurezas que presentan los agregados y la técnica de procesamiento utilizada (Robas, 2010).

La característica que más se ha evaluado en las investigaciones previas, ha sido la de resistencia a la compresión, por ejemplo, Debied (2006), Pérez (2012) y Guarín (2012), concluyen que la resistencia disminuye conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo de agregado natural por ladrillo triturado, debido a la fragilidad del material reciclado e insuficiencia de pasta para cubrir el total de los agregados, para garantizar una adecuada adherencia entre pasta y agregado, ya sea natural o el ladrillo triturado.

Diversos esfuerzos por evaluar la incorporación de ladrillos de cerámico en el concreto se han desarrollado en los últimos años. En todos ellos se han usado los residuos de demolición de elementos de albañilería, lo cual introduce gran variabilidad en las características del residuo. En general se puede afirmar que su uso es factible en concretos de uso no estructural (CECOVI, 2006) como rellenos, contrapisos o cimientos y si se desea mejorar la performance del concreto, hay que limitar su incorporación al 30% en peso del agregado grueso (Guarín, 2012; Pérez, 2012).

En este trabajo de investigación, el ladrillo tendrá la particularidad de ser un ladrillo recocho, es decir, una unidad con exceso de cocción, el cual ha sido desechado (ver figura 4). Debido a la falta de investigaciones con este tipo de unidad, este trabajo propone elaborar concreto con ladrillo recocho y observar como las características de este, influye en las propiedades del concreto fresco y endurecido.

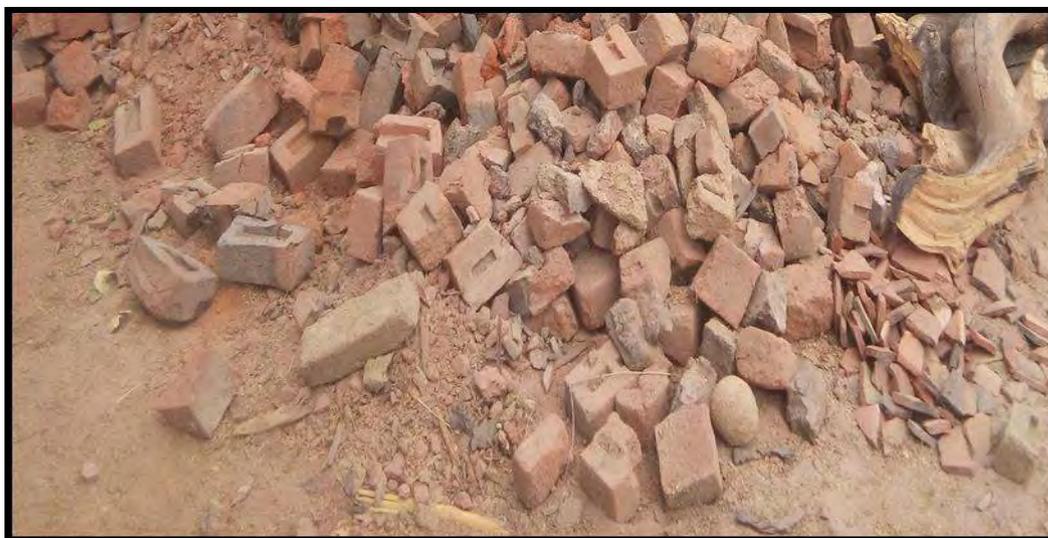


Figura 4: Ladrillo recocho utilizado en esta investigación.

1.6.1. Propiedades del concreto con ladrillo reciclado.

1.6.1.1. Trabajabilidad

Debido a que los agregados reciclados, entre ellos el ladrillo triturado, presentan valores elevados de absorción, que ocasiona que retengan agua de mezclado en su superficie porosa, ocasionando pérdidas de trabajabilidad mayores, comparados con un concreto elaborado con agregados naturales, incidencia que se aprecia más en concreto con sustituciones mayores a 50% (Akash et, 2016).

Dhir et. al (1999) y Poon et. al (2004), concluyeron que un concreto elaborado con agregado reciclado grueso, requiere una cantidad adicional de agua de un valor aproximado de 5%, en comparación con un agregado natural, asimismo los agregados reciclados continúan absorbiendo agua después de ser mezclados.

La forma y textura del ladrillo ocasiona que el concreto elaborado con este tipo de agregado, necesite mayor cantidad de agua para obtener una buena manejabilidad en estado fresco, pero a la vez esta misma propiedad es favorable para que ocurra una mayor adherencia entre pasta de cemento y el ladrillo triturado.

1.6.1.2. Resistencia a la compresión

Torres (2000) para su investigación uso residuos de demoliciones de concreto y ladrillo, para cuantificar la resistencia a compresión de concretos fabricados con el 100% de estos materiales, concluyendo que la pérdida de resistencia con relación a la de control era solo del 12%. Mas B., Cladera A., del Olmo T., Pitarch F. (2011) en su investigación, afirmaron

que, a los 90 días, la reducción en la resistencia a la compresión es de menos del 15% para sustituciones alrededor del 20% del agregado grueso por agregados triturados de concreto y ladrillo.

Serrano y Pérez (2011) elaboraron concretos con diferentes sustituciones de agregados gruesos y finos en porcentajes máximos del 10% con materiales provenientes de concreto y mampostería. Para las sustituciones de agregado natural por agregado de ladrillo triturado, se obtuvo reducciones del 15 y 23% en la resistencia a la compresión.

Capítulo 02

Caracterización de materiales

2.1. Cemento Portland Tipo MS

El cemento portland usado es del tipo Anti Salitre MS, que corresponde con un cemento de moderada resistencia a los sulfatos y de moderado calor de hidratación que cumple con los requisitos de la NTP 334.082, y, cuyo nombre técnico es cemento Portland Tipo MS de la marca Pacasmayo.

Este cemento se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker y adiciones minerales que generan estructuras menos permeables y con mayor resistencia química, que protegen contra los cloruros y salitres.

Debido a su menor permeabilidad, la difusión de los iones cloruro en las estructuras disminuye, permitiendo una mejor conservación de la armadura en el concreto expuesto al ambiente o en contacto con agua de mar.

Las adiciones minerales que contiene, fijan los álcalis del cemento antes que éstos puedan reaccionar con los agregados reactivos, evitando así la fisuración y el deterioro del concreto. Además, estas adiciones al combinarse químicamente con el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento liberan moderado calor de hidratación, que evita la fisuración de origen térmico que afecta la calidad del concreto.

2.2. Agregado grueso

El agregado grueso procede de la cantera de Santa Cruz, ubicada en el Distrito de Querecotillo, que se encuentra a una distancia de 40 kilómetros de la Ciudad de Piura. Esta cantera está bajo la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Querecotillo. En la figura 5 se muestra su ubicación respecto a las ciudades de Piura y Sullana.



Figura 5: Ubicación de la cantera Santa Cruz del agregado grueso
Fuente: Google Earth

El agregado depositado en esta cantera pertenece al período Cuaternario en el Pleistoceno, conformada por depósitos de origen aluvial. El agregado grueso utilizado corresponde a un material que se puede calificar como canto rodado de cuarcitas y rocas intrusivas, con presencia de pequeñas conchas, sin materia orgánica ni arcillas (ver figura 7), cuya curva granulométrica se muestra en la figura 6., en la figura se observa que la curva está dentro del huso N°57, que corresponde a agregados con tamaño máximo nominal de 1" y, además presenta una adecuada graduación como agregado para la elaboración de concreto. Los certificados de la granulometría del agregado grueso y fino se presentan en el anexo A.

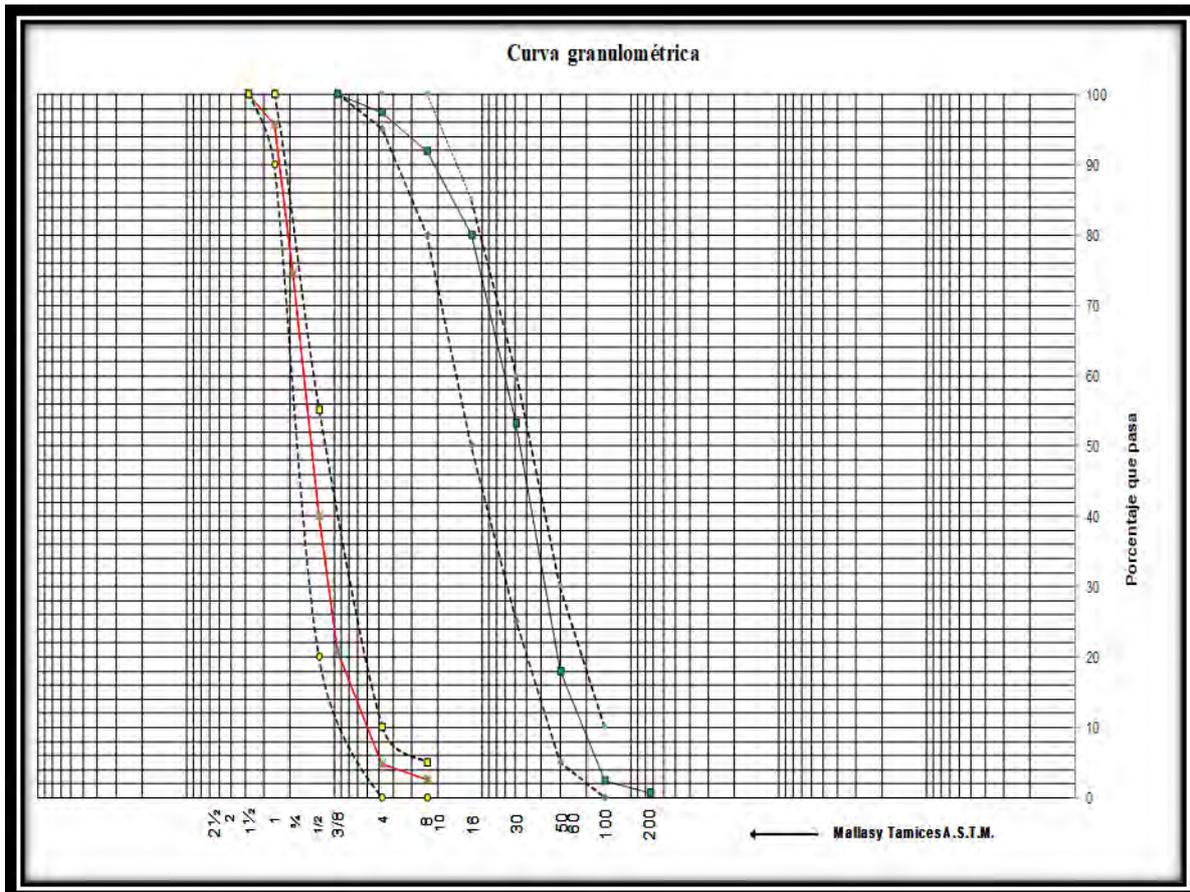


Figura 6: Curva granulométrica del agregado grueso (línea de roja), procedente de la cantera Santa Cruz, y del agregado fino (línea azul) procedente de la cantera de Chulucanas.



Figura 7: Agregado grueso de cantera Santa Cruz.

Los resultados de los ensayos para obtener los parámetros físicos básicos se presentan en la tabla

Tabla 1. Caracterización del agregado grueso

Cantera	Ag. Grueso
	Cantera Santa Cruz
Tamaño Máximo	1"
Módulo de Fineza	-
PU suelto	1640
PU varillado stock (kg/m3)	1768
PU varillado OD (kg/m3)	1761
Gravedad específica (SSD)	2.71
Capacidad de Absorción	0.92%
Humedad Total	0.41%

Fuente: Ensayos LEMC UDEP 2015

2.3. Agregado fino

Como agregado fino se hizo uso de arena gruesa redonda proveniente de la cantera de Chulucanas, que se encuentra ubicada a 61km de la Ciudad de Piura. Su ubicación se detalla en la figura 8, con respecto a las ciudades de Piura y Chulucanas.

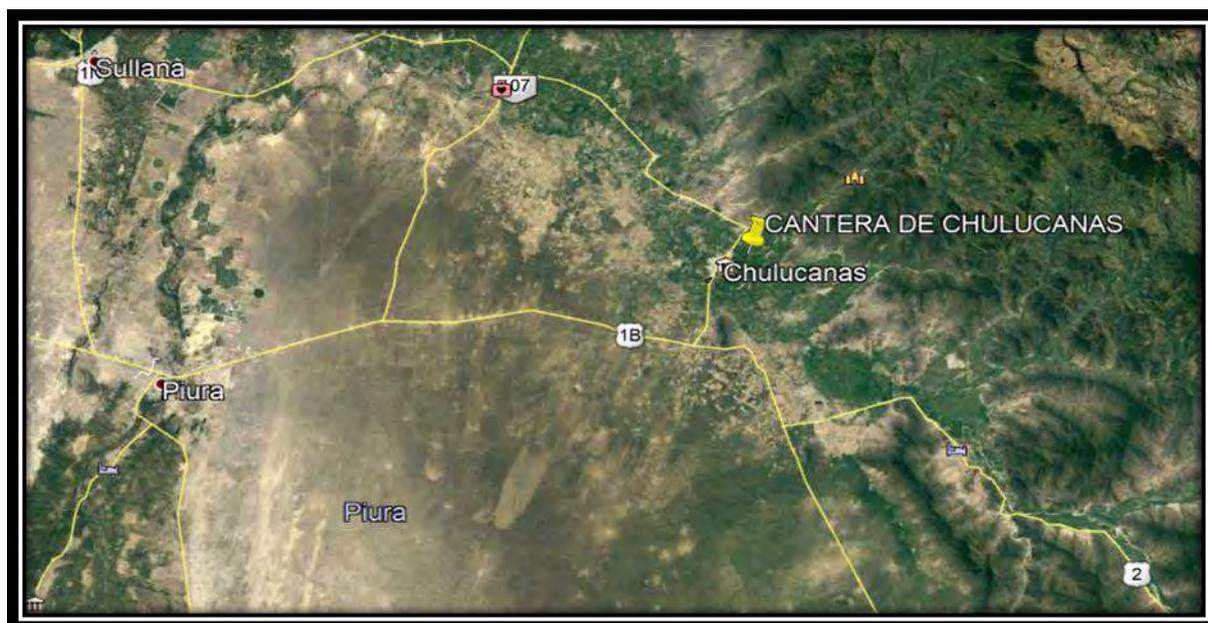


Figura 8: Ubicación de la cantera de Chulucanas, agregado fino

Fuente: Google Earth

La arena proveniente de esta cantera es de origen aluvial, litológicamente, las rocas consisten en bancos de 3 a 4 metros de cuarcitas, cuyos tonos varían de gris oscuras a negras, bastante recristalizadas, con abundantes segregaciones de cuarzo lechoso. El origen de esta cantera corresponde al período Paleozoico en el afloramiento Río Seco (ver figura 9). Desde allí, los afloramientos se extienden a los valles del curso superior del río Piura y a sus tributarios, cubriendo gran parte de las áreas de Morropón, Chulucanas y Olmos. La curva granulométrica del agregado fino se muestra en la figura 6.

Los resultados de los ensayos para obtener los parámetros físicos básicos del agregado fino, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización del agregado fino

Cantera	Ag. Fino
	Cantera Chulucanas
Tamaño Máximo	-
Módulo de Fineza	2.6
PU suelto	1516
PU varillado stock (kg/m ³)	1614
PU varillado OD (kg/m ³)	1608
Gravedad específica (SSD)	2.6
Capacidad de Absorción	1.67%
Humedad Total	0.36%

Fuente: Ensayos LEMC UDEP 2015



Figura 9: Agregado fino de la cantera Chulucanas.

2.4. Ladrillo triturado

El ladrillo desechado proviene de las ladrilleras artesanales (ver figura 10) del Caserío La Encantada, en el distrito de Chulucanas (ver figura 11), se estima que el número de ladrilleras artesanales en este caserío es de aproximadamente 35.



Figura 10: Vista de una ladrillera artesanal en La Encantada.

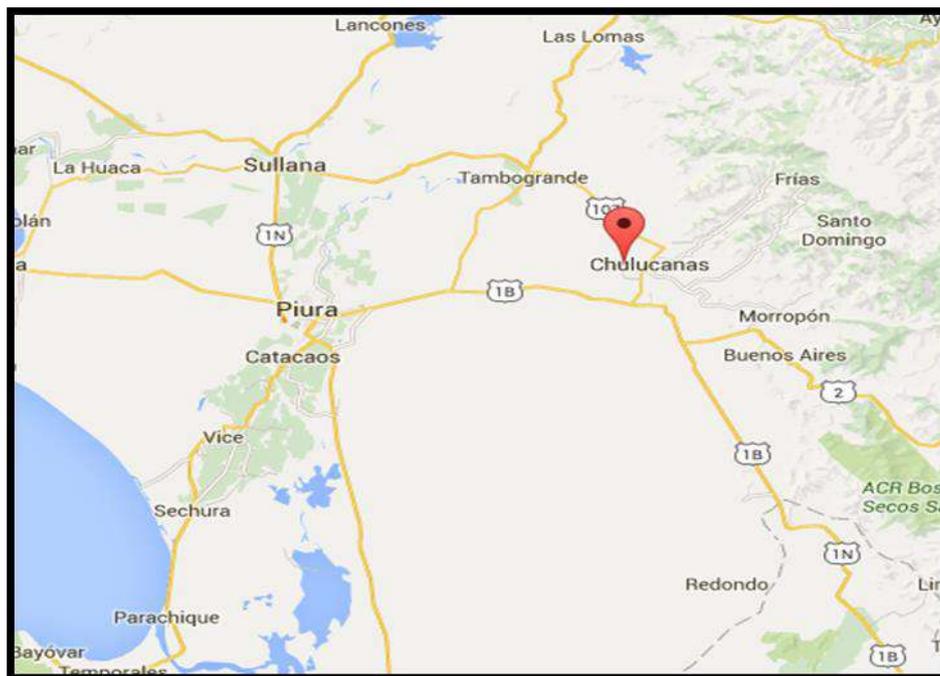


Figura 11: Ubicación de las ladrilleras artesanales en La Encantada.
Fuente: Google Earth

Estas ladrilleras artesanales se caracterizan porque todo el proceso productivo se realiza de forma manual, sin el apoyo de una fuerza motriz o maquinaria que permita la elaboración del producto. En la figura 13 se aprecia la línea de producción de las ladrilleras artesanales.

El proceso de elaboración de ladrillo en La Encantada consiste en la extracción de la materia prima (arcilla) de las canteras, que se encuentran en la misma zona de trabajo, por medio de picos y palas. La arcilla utilizada para la elaboración del ladrillo es extraída de los grandes macizos graníticos que hay en el área de la Encantada, Chulucanas. El tipo de roca encontrada es caolinita que es una arcilla plástica, de fácil moldeo, con alta resistencia mecánica en crudo y en cocido. (Barranzuela, 2014).

Luego en el proceso de preparación de mezcla se adiciona cascarilla de arroz para lograr una mejor plasticidad. Esta mezcla se deja reposando 24 horas, tiempo después del cual se procede nuevamente a su amasado para llevarlo a las gaveras de madera donde se moldearán para formar las unidades. Aquí no se aplica ninguna forma de compactación y para la nivelación se utiliza una regla de madera. Una vez moldeada las unidades se trasladan a un área horizontal donde se colocan sobre el piso para el correspondiente secado. Las unidades son colocadas en hileras separadas en una determinada posición durante dos días para luego cambiar nuevamente de posición hasta el terminar el periodo de secado que dura 7 días.

Finalmente, las unidades son trasladadas hacia el horno de forma piramidal, utilizando como combustible leña, donde el tiempo de quemado es de 36 horas, y el tiempo de enfriamiento demora 3 días. En el horno según la ubicación que tenga la unidad durante la cocción, será la calidad final. Por ejemplo, las unidades de albañilería ubicadas en la parte superior del horno son más claras y propensas a desmoronarse, debido a la falta de cocción; las unidades que se hallan en el medio del horno presentan este mismo defecto y las unidades que se encuentran en la parte inferior del horno suelen estar bien cocidas, pero a veces ocurre un exceso de cocción, originando los llamados ladrillos recocho, los cuales prácticamente están en contacto con la leña (Barranzuela, 2014), los cuales son desechados en los alrededores de la ladrillera (Ver figura 12).

Debido a la forma artesanal de producción, el porcentaje de unidades desechadas por exceso de cocción está en un rango del 5% al 10%. El exceso de cocción en el ladrillo origina que a nivel superficial aparezca un color negruzco y/o también un color rojo oscuro, que sus dimensiones varíen debido a que se deforman o se retuercen, que el alabeo (producto “hinchado”) sea mayor comparado con el que se da en un ladrillo cocido en condiciones normales (ver figura 14).

A nivel de estructura interna, el exceso de cocción provoca reacciones complejas como aumento de la densidad (disminuye el porcentaje de vacíos comparado con un ladrillo crudo), una alta resistencia mecánica, gran dureza, pero a la vez se vuelve un material más frágil. En algunos ladrillos se presenta la vitrificación, que es la formación gradual de un vidrio líquido que fluye hacia los poros y en parte llena su volumen.

El grado de vitrificación depende de la temperatura de cocción y del tiempo. La temperatura a la cual se forma la fase líquida disminuye gracias a la adición de agentes fundentes tales como el feldespato. Esta fase fundida fluye alrededor de las partículas no fundidas y llena los poros gracias a las fuerzas de tensión superficial (o acción capilar); la contracción también acompaña este proceso. Al enfriar, esta fase fundida forma una matriz vítrea con lo cual resulta un cuerpo fuerte y denso. El grado de vitrificación, determina las propiedades de los ladrillos a temperatura ambiente; la resistencia, durabilidad y la densidad son mayores a medida que el grado de vitrificación aumenta.

La resistencia de la arcilla cocida, no sólo es debida a la vitrificación, sino también a la formación de nuevos crecimientos cristalinos en la pasta de arcilla, especialmente la formación de cristales de mullita. La mullita es un silicato de aluminio que se caracteriza por sus largos cristales aciculares. La mullita enlaza la estructura de la arcilla entre sí dándole cohesión y resistencia.

En conclusión, se puede afirmar que el ladrillo recocho presenta similitudes con la roca ígnea vítrea, llamada piedra pómez, en características tales como baja densidad, porosidad elevada, vitrificación; por lo que el ladrillo recocho podría tratarse como agregado grueso para la elaboración de concreto hidráulico.



Figura 12: Ladrillo desechado por exceso de cocción.

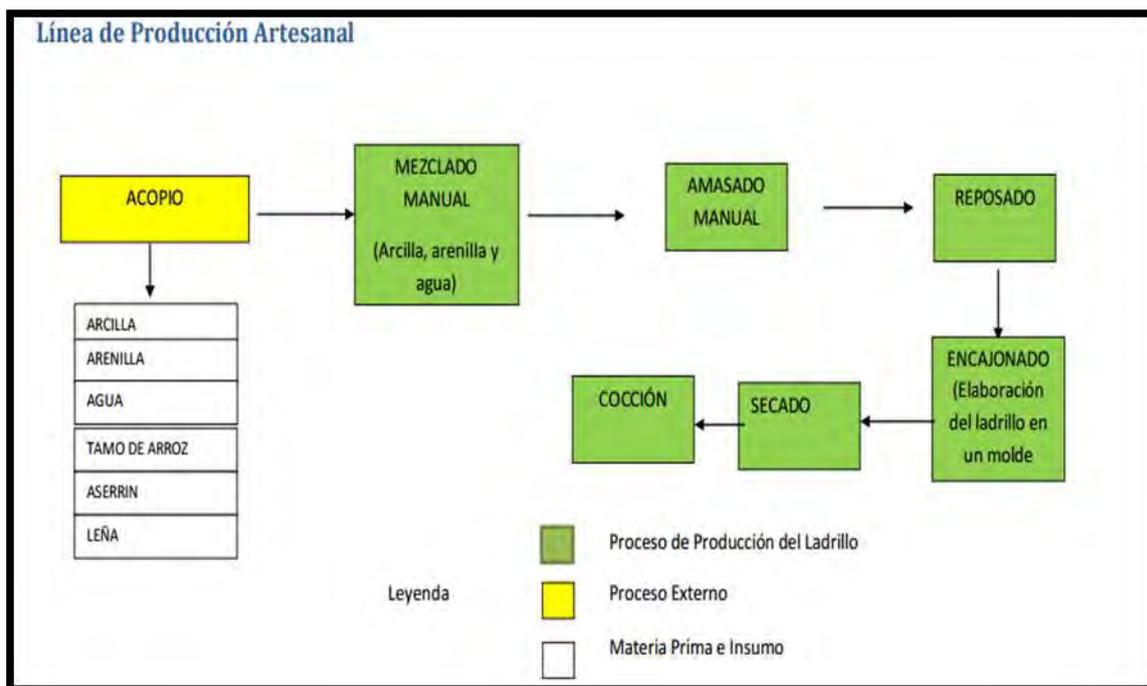


Figura 13: Línea de producción de una ladrillera artesanal.
Fuente: Soriano, 2010.



Figura 14: Características físicas superficiales del ladrillo desechado, hinchamiento, coloración y deformación.

Los ladrillos con excesos de cocción debido a que no presentaban residuos de materia orgánica y/o sales, se trituraron de manera directa, sin ningún tratamiento previo de limpieza.

Para la trituración del ladrillo se utilizó una chancadora de mandíbulas de laboratorio marca FIMA-DENVER, tipo D5x6 con 1740rpm y abertura de 2", que permite obtener uniformidad en la granulometría, con un rendimiento de 0.5 a 1 tonelada por hora.

La trituración de material se logra por el movimiento oscilatorio de la placa de trituración, la misma que está colocada de manera diagonal. El ladrillo es introducido por la parte superior que tiene una cavidad amplia que se va reduciendo a medida que el ladrillo entra en la chancadora. El movimiento oscilatorio y la presión que la placa de trituración ejerce sobre el ladrillo al hacerlos chocar con la pared interna de la chancadora es lo que provoca que las piezas se fragmenten y se complete la trituración. El procedimiento de trituración; consistió primero en partir por la mitad la unidad de albañilería y luego introducir el ladrillo partido en la chancadora (Ver figura 15).



Figura 15: Chancadora utilizada para elaboración de ladrillo triturado.

Luego de la trituración, se procedió al tamizado del ladrillo triturado, obteniéndose partículas desde una pulgada (1") hasta N°8 de tamaño. Para su incorporación en el concreto no se ha usado la granulometría obtenida en la chancadora, sino que se ha mantenido la misma del agregado (Ver figura 16). Se reemplazarán todos los tamaños del agregado grueso, desde la N° 4 hasta 1" con ladrillo triturado; con la finalidad de no alterar la granulometría inicial del agregado grueso.



Figura 16: Tamaños de agregado de ladrillo triturado obtenidos después del tamizado

Debido a que el ladrillo ha sido triturado por un medio mecánico (chancadora), el agregado de ladrillo triturado se puede clasificar como un agregado de forma angular, con bordes bien definidos, formados en las intersecciones de caras aproximadamente planas. La textura superficial dependerá del grado de vitrificación-explicado en párrafos anteriores- que presenta el ladrillo desechado, así en algunas partículas se presenta una textura vítrea, y otras una textura en forma de panal o alveolar, debido a la porosidad superficial resaltante que presenta el agregado de ladrillo triturado. En general, la textura superficial se puede considerar como áspera. Esta particularidad en la textura, puede suponer una mayor adherencia entre las partículas y la matriz de cemento, aunque podría suponer también un mayor requerimiento de pasta. Asimismo, la mayor área superficial del ladrillo, por su angulosidad, significa que se puede lograr una fuerza más grande de adherencia, comparada con el agregado de canto rodado. (Esta clasificación es tomada de la Norma Británica B.S.812). (Ver figura 17).

Debido al proceso manual y artesanal en la producción del ladrillo, en el momento del moldeo la compactación de la mezcla es manual, por lo que los ladrillos tienen un porcentaje de vacíos considerable, llegando en algunos casos hasta el 50% del volumen de la unidad (Barranzuela, 2014). Esto hace que el ladrillo triturado presente un porcentaje alto de poros, pero ligeramente menor a la de un ladrillo normal, debido al exceso de cocción que vuelve más denso el material. Esta elevada porosidad tanto a nivel superficial como interno puede ser favorable para la adherencia entre el ladrillo y la pasta, pero desfavorable para la resistencia del concreto si se supone un material muy poroso o mucha absorción de pasta,

limitando aquella necesaria para la resistencia mecánica, la resistencia a la congelación y al deshielo, así como la estabilidad química y la resistencia a la abrasión. Este trabajo se centra en evaluar la resistencia del concreto elaborado con reemplazo de agregado grueso por ladrillo triturado, la adherencia entre ladrillo y pasta, y resistencia a la abrasión se evaluarán de modo indirecto porque están ligadas a esta resistencia.

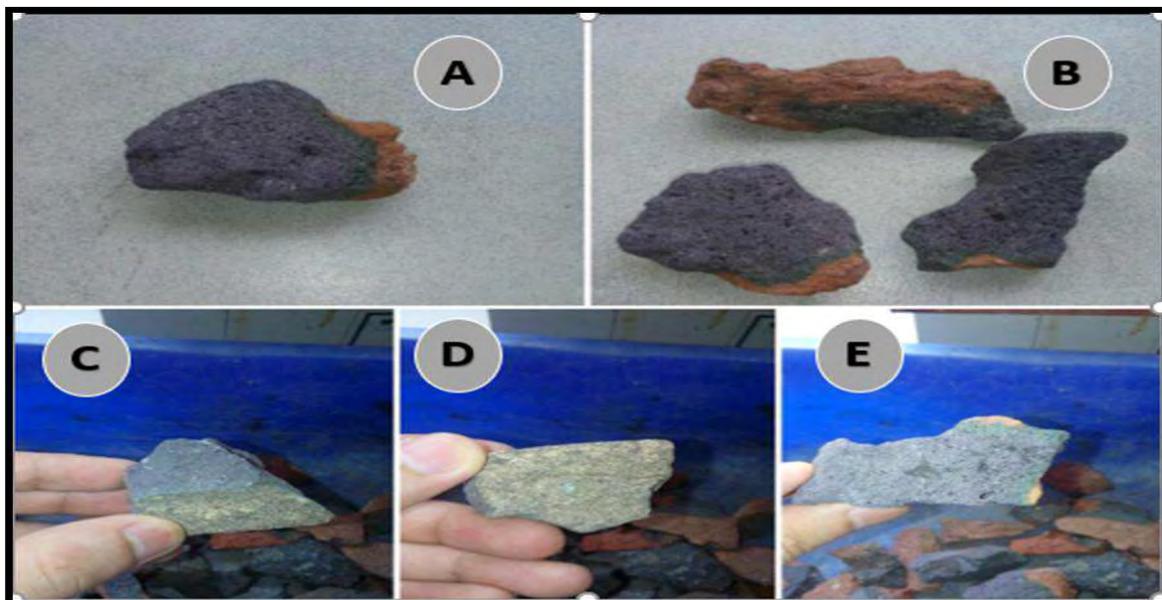


Figura 17: Agregado de ladrillo triturado. Vistas A y B se observa la elevada porosidad. Vistas C y D, se observa la textura alveolar y vítrea. Vista E se observa la forma angular.

Las propiedades físicas del agregado de ladrillo triturado, para la elaboración de concreto son las que se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Caracterización del ladrillo triturado

	Ladrillo triturado
Cantera	La Encantada
PU suelto (kg/m ³)	825.36
PU varillado stock (kg/m ³)	903.4
PU varillado OD (kg/m ³)	902
PU saturado (kg/m ³)	909
Gravedad específica (SSD)	1.75
Capacidad de absorción	10.37%
Humedad Total	0.15%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se verifica que el ladrillo triturado tiene una baja gravedad específica y una alta absorción, que es coherente, porque bajas densidades de un agregado, indican un material poroso y de alta absorción. El valor de peso específico también se relaciona con la absorción,

así se tiene que un valor bajo de peso específico corresponde a agregados absorbentes y porosos.

Se considera que valores por encima de 2-3% de capacidad de absorción pueden ser un índice de alta porosidad, y si los poros tienen valores por debajo de 0.004mm á 0.005mm, deben ser evitados dado que el agua no drena de ellos fácilmente (Neville, 1988). Si se observa la tabla 3, la capacidad de absorción del ladrillo triturado es 10.37%, por lo que, la porosidad de este material es elevada.

Con los resultados mostrados en la tabla 3, se puede esperar que el peso unitario del concreto disminuya, conforme se aumente los porcentajes de reemplazo, esto debido, al valor bajo de gravedad específica del ladrillo triturado, que influye directamente sobre el peso unitario del concreto.

2.4.1. Análisis del ladrillo triturado según especificaciones normalizadas NTP 400.037 para agregados

En Perú, la normativa que establece los requisitos de gradación (granulometría) y calidad de los agregados, es la Norma NTP 400.037, en la cual se establecen requisitos obligatorios que deben cumplir los agregados para ser utilizados en la elaboración de concreto.

En la NTP 400.037, el agregado grueso debe cumplir con la gradación que se presenta en la figura 16. Con el fin de no alterar la granulometría del agregado con el que se elaborará el concreto, el agregado de ladrillo triturado tuvo la misma curva granulométrica que la del agregado grueso de Santa Cruz. Como se aprecia en la figura 17 no se observaron partículas chatas ni alargadas en el ladrillo triturado.

Así mismo en la NTP 400.037 se establece los límites de sustancias dañinas, que no debe exceder cualquier agregado, que se utilice para la elaboración de concreto. Estos valores se muestran en la tabla 4, junto con los resultados de los ensayos realizados al ladrillo triturado, en cual se aprecia que los valores obtenidos cumplen con lo requerido por estas normas. Para este trabajo no se efectuaron los ensayos de porcentaje de arcillas y partículas blandas, debido a que el ladrillo al ser un material sometido a altas temperaturas y a un proceso de trituración, los rastros de arcillas y partículas blandas, prácticamente son eliminados en estos procesos. En tabla 4 se observa que el ladrillo triturado, está por debajo del porcentaje máximo permitido para tales ensayos

Tabla 4. Límites de sustancias dañinas en agregados grueso para su uso en concreto

Partículas perjudiciales	Porcentaje máximo permitido (NTP 400.037)	Ladrillo triturado
Material más fino que la malla N° 200	1%	0.26%
Partículas desmenuzables	3%	0.34%
Abrasión (Método de los Ángeles)	50%	37%

Fuente: NTP 400.037. Elaboración: Herbert Rosas.

Los resultados del ensayo de abrasión (Método de los Ángeles), método que se utiliza para determinar la resistencia a la abrasión, al impacto o la capacidad de molienda, indicaron que

el agregado de ladrillo triturado tiene un porcentaje de desgaste que es inferior al 50% permitido por la Norma 400.037. Este valor de porcentaje de abrasión, era previsible debido a la estructura tanto interna como externa del ladrillo que presenta poros, granos e irregularidades que debilitan su resistencia mecánica. Aunque este valor sea relativamente mayor, comparados con los resultados obtenidos de los ensayos practicados al agregado grueso proveniente de la cantera de Santa Cruz, que tienen en promedio de un 11% a 13% de abrasión (fuente datos Laboratorio LEM), no es posible prever a partir de este valor (37%), el desarrollo de la resistencia potencial del concreto, ya que todavía no es posible traducir las propiedades físicas de los agregados en las propiedades del concreto. El porcentaje de abrasión del ladrillo triturado dependerá de la materia prima utilizada y el proceso de manufactura para la fabricación del ladrillo, por ende, puede presentar durezas de medianas a bajas, siendo el valor límite del 50%, el valor de referencia para clasificarlo.

Se puede considerar entonces al ladrillo recocho como un agregado de dureza mediana a baja, ya que el porcentaje de abrasión dependerá de la calidad de la materia prima utilizada y el proceso de manufactura del ladrillo.

Los requisitos relacionados con la durabilidad no han sido evaluados porque no corresponden con el alcance de la presente investigación.

2.5. Conclusión de la caracterización del ladrillo triturado.

Debido a la alta porosidad del ladrillo triturado, se ha verificado una capacidad de absorción elevada (ver tabla 3) respecto al agregado natural. Para poder determinar cómo afecta la absorción del ladrillo triturado en la consistencia del concreto, se variarán los estados de humedad del ladrillo triturado. Un estado será el ladrillo en condición secado al aire o ambiente, y el otro estado será en condición saturado y superficialmente seco. Así se determinará el efecto de la absorción del agregado de ladrillo triturado en la consistencia del concreto fresco.

Además de la porosidad, la angulosidad y rugosidad del ladrillo triturado también inciden en la trabajabilidad de la mezcla. El ladrillo triturado tiene una angulosidad y rugosidad muy alta en relación al agregado natural, trayendo con esto una reducción de la trabajabilidad. Se espera medir su efecto no sólo en la trabajabilidad, sino también en la resistencia mecánica, por su efecto en la trabazón de las partículas en los planos de deslizamiento tanto entre ellas y como entre la pasta de cemento y las partículas. Esto está ligado a adherencia de los agregados con la pasta por la textura rugosa y porosidad, comparada con los agregados naturales.

El ladrillo triturado es un agregado de dureza mediana a baja respecto al agregado natural, que es de dureza alta. Además, tiene un bajo peso unitario respecto al agregado natural. Esto podría tener un efecto no sólo en el peso unitario final del concreto, sino también en las proporciones de los materiales secos usados en la mezcla, debido fundamentalmente por la diferencia en el peso unitario y en la gravedad específica, que es menor en el ladrillo recocho respecto al agregado natural.

Capítulo 03

Programa experimental

3.1. Diseño de mezcla

Para esta tesis se planeó el siguiente plan experimental, el cual consiste en primer lugar, en establecer un diseño patrón. Este diseño se realizó empleando el método de diseño de mezclas expuesto en las normas 211.1-91 y 211.3R-02 del ACI.

Debido a las particularidades de los parámetros físicos que posee el agregado de ladrillo triturado como alta porosidad, angularidad y textura rugosa, se prevé que conforme se aumente el porcentaje de reemplazo de agregado grueso (Cantera de Santa Cruz) por ladrillo triturado, las propiedades del concreto fresco como trabajabilidad y consistencia disminuyan, a la vez esto repercutirá en la resistencia que presente el concreto endurecido, que podría disminuir o aumentar.

3.2. Diseño patrón y proporciones de reemplazo

El diseño de la mezcla patrón se realizó para un slump de 5 pulgadas, una relación de agua/cemento de 0.52 y un contenido de aire de 1.5%. En la tabla 5 se muestran los pesos de los materiales en condición stock. El certificado del diseño de mezcla elaborado y emitido por el LEMC se adjunta en el anexo B.

Tabla 5. Diseño de mezcla en peso del patrón (stock)

Material	Unidad	Cantidad
Agua	kg	209
Cemento	kg	375
Ag. Grueso	kg	1220
Ag. Fino	kg	561
Aire	%	1.5%
PU	kg/m ³	2364

Fuente: Elaboración propia

La mezcla patrón se identificó como MP0, la cual se ajustó para obtener el slump de diseño, usando el agregado grueso en estado seco al aire. Con la mezcla patrón se moldeó un juego (03 unidades) de probetas para el ensayo de compresión a los 28 días. Luego se prepararon muestras de concreto con 04 proporciones diferentes cada una de reemplazo del agregado grueso por ladrillo triturado (20%,30%,40% y 50%), medidas como porcentaje en peso del agregado original. Como se indicó en el capítulo 2, debido la alta porosidad y la gran capacidad de absorción que presenta el ladrillo triturado, se trabajó con este material en dos condiciones de humedad: i) seco al aire (SA) y ii) saturado y superficialmente seco (SSS). La finalidad en esta variación es apreciar la influencia de estos dos parámetros del ladrillo en la consistencia, relación agua-cemento y en la trabajabilidad del concreto fresco, y así poder establecer la condición de humedad del ladrillo triturado más adecuada en la elaboración de concreto en obra.

En la tabla 6 se muestra, la nomenclatura utilizada en cada mezcla de concreto, según el porcentaje de reemplazo utilizado. A diferencia de la mezcla patrón, en la cual solo se realizará una tanda de 03 probetas, en las mezclas de concreto con ladrillo triturado; se elaboraron tres tandas (tres probetas por tanda) por cada porcentaje de reemplazo, y para cada condición de humedad, haciendo un total de 09 probetas para la medición de las propiedades en estado endurecido para cada condición evaluada.

Tabla 6. Nomenclatura utilizada para las mezclas con reemplazo, estando el ladrillo en dos condiciones de humedad.

NOMENCLATURA MEZCLA	DEFINICIÓN
MP0	Mezcla patrón con 0% de reemplazo
MS-20%	Mezcla con 20% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SSS.
MS-30%	Mezcla con 30% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SSS.
MS-40%	Mezcla con 40% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SSS.
MS-50%	Mezcla con 50% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SSS.
MNS-20%	Mezcla con 20% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SA
MNS-30%	Mezcla con 30% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SA
MNS-40%	Mezcla con 40% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SA
MNS-50%	Mezcla con 50% de reemplazo de ladrillo triturado en condición SA

Fuente: elaboración propia.

En todas las mezclas (tandas) de concreto fresco, teóricamente tiene que ser la misma relación agua/cemento de 0,52, pero debido a que se utilizará el ladrillo en dos condiciones de humedad, la relación a/c efectiva puede cambiar conforme se aumenten los porcentajes de reemplazo de la grava natural por el ladrillo triturado, en ambos estados de humedad.

En estado de humedad MS, el agua en las partículas de ladrillo triturado, aumentan su peso y añaden agua a la mezcla, haciendo variar la relación a/c. Por el contrario, el ladrillo en

condición MNS, debido a su gran capacidad de absorción y tamaño de los poros, puede ocasionar que el agua ingrese a la partícula de ladrillo, disminuyendo la relación a/c efectiva (Ver tablas 7 y 8).

El reemplazo de agregado grueso por ladrillo triturado, se hizo siguiendo el mismo procedimiento que se realiza para el ensayo de granulometría del agregado grueso natural. La totalidad del agregado grueso se cuartea, para escoger una muestra representativa del material, de la cual se pesa el agregado grueso a reemplazar (20%,30%, 40% o 50%), después se tamiza (desde el tamiz de 1" hasta el N° 8) y se seleccionan las partículas que queden retenidas. Estas son retiradas de la mezcla y reemplazadas por el ladrillo triturado con el mismo tamaño y granulometría (Ver figuras 18 y 19). De este modo, se está garantizando que no hay cambio significativo de la granulometría y se pueda medir el efecto de cambiar las partículas, por su forma, peso, absorción y porosidad.

Para lograr la condición saturado y superficialmente seco del ladrillo para los reemplazos, el ladrillo triturado se satura en agua por 24 horas, luego se remueve la muestra del agua y se le hace rodar sobre un paño grande y absorbente; hasta hacer desaparecer toda la película de agua (NTP 400.021). Una vez realizado esta operación, se procede a realizar la mezcla de concreto fresco, combinando todos los materiales en la mezcladora.

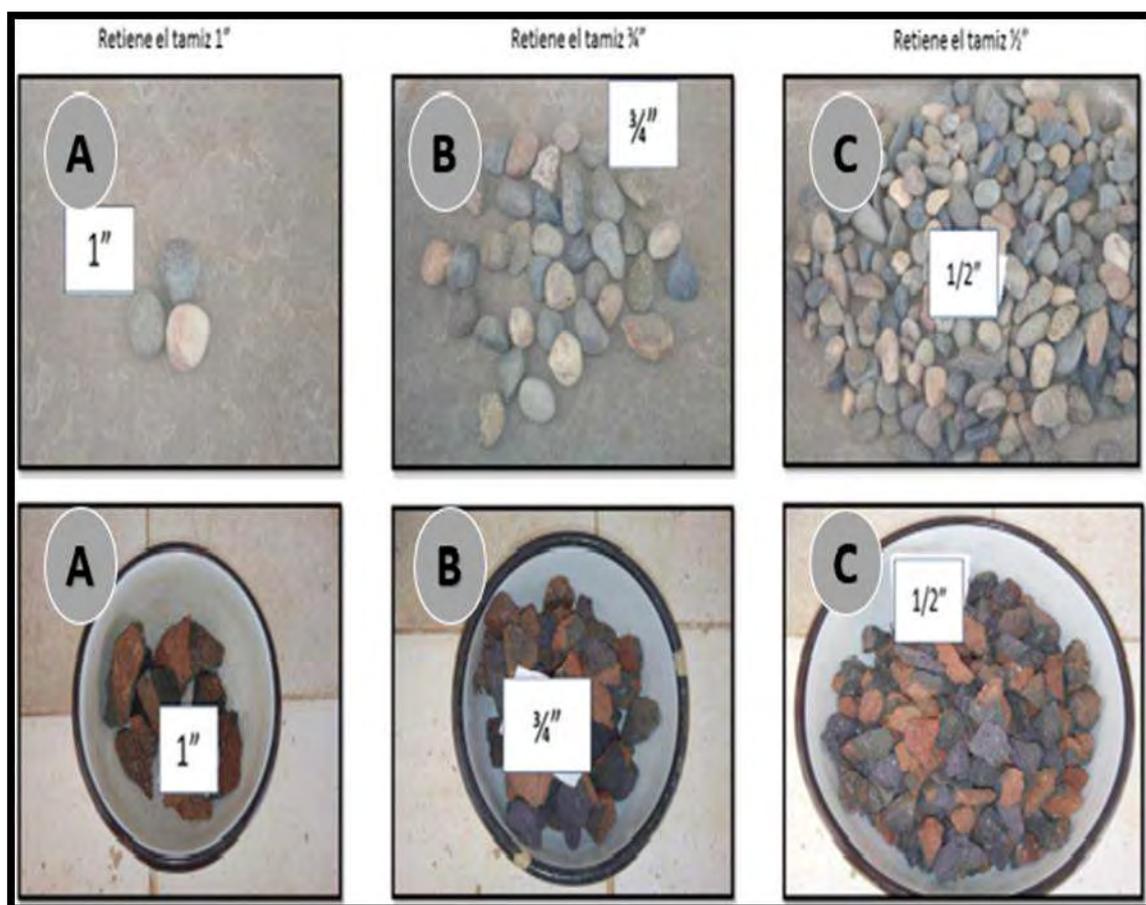


Figura 18: Tamaños del agregado grueso, con su respectivo reemplazo en peso de ladrillo triturado (1" vistas A-A, 3/4" vistas B-B, 1/2" vistas C-C).

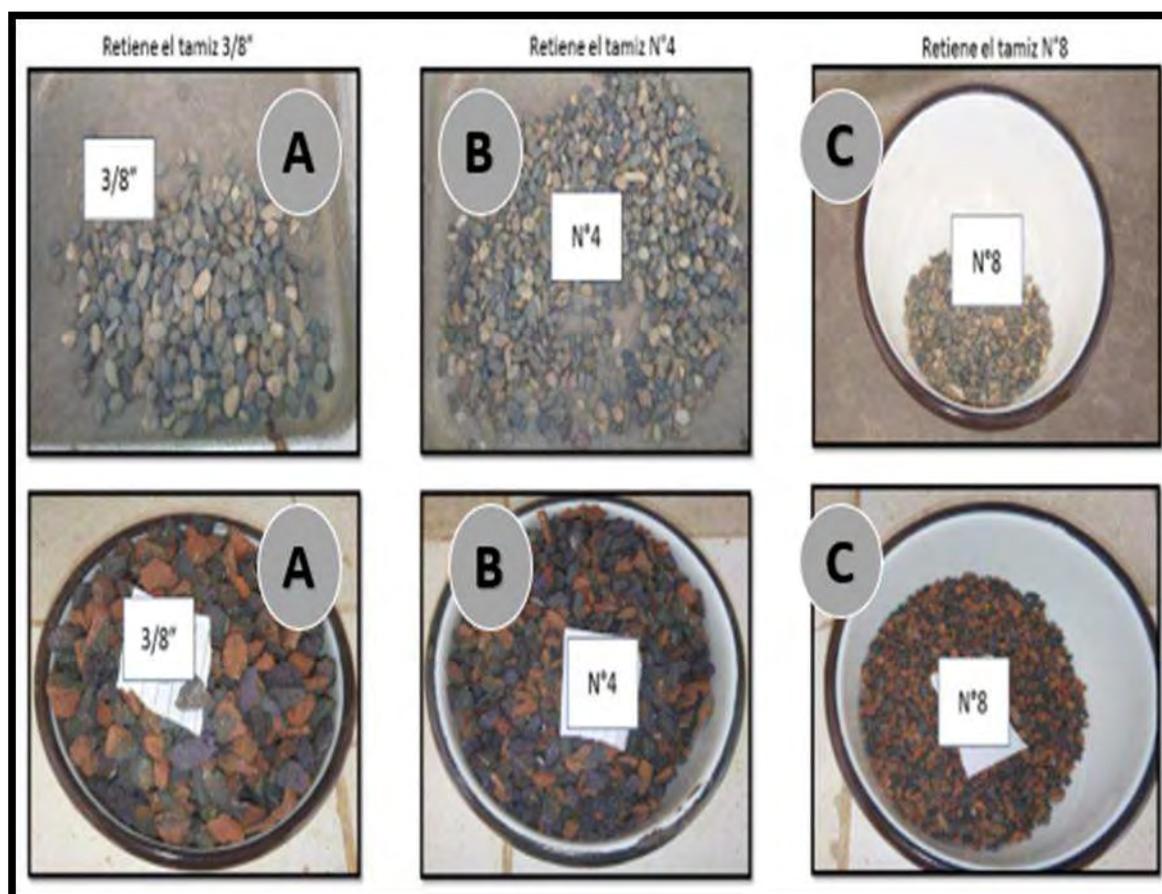


Figura 19: Tamaños del agregado grueso, con su respectivo reemplazo en peso de ladrillo triturado (3/8" vistas A-A, N°4 vistas B-B, N°8 vistas C-C).

3.3. Parámetros a evaluar en los agregados naturales, ladrillo triturado y concreto.

3.3.1. Ensayos a realizar en los agregados naturales y ladrillo triturado.

3.3.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y ladrillo triturado (NTP 400.012).

Este método consiste en que una muestra de agregado seco, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

3.3.1.2 Peso unitario del agregado (NTP 400.017).

Se establece el procedimiento para la determinación del peso unitario suelto o compactado del agregado fino, grueso, el valor determinado del peso unitario es utilizado en el diseño de mezcla de concreto. Este procedimiento también se realizará para el ladrillo triturado.

3.3.1.3 Abrasión (Método de los Ángeles) (NTP 400.019).

Este método consiste en la degradación de agregados minerales resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión, impacto y trituración, para poder cualificar la calidad del agregado. Este ensayo se aplicará al ladrillo triturado.

3.3.1.4. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Esta norma establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca y la absorción (después de 24 horas) del agregado. Estos datos son importantes para la elaboración del diseño de mezclas. Este procedimiento también se realizará para el ladrillo triturado.

3.3.1.5. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022).

El procedimiento descrito en esta norma es para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino. Estos datos son relevantes para la elaboración del diseño de mezclas.

3.3.2. Parámetros a evaluar en el concreto fresco y endurecido.

3.3.2.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Estudios elaborados por Gilkey y Walker, determinaron que la resistencia del concreto es influenciada por la relación agua/cemento, relación cemento/agregado, granulometría, dureza, resistencia, perfil y textura superficial del agregado y tamaño máximo del agregado. Dada las características del ladrillo triturado como porosidad alta, textura rugosa, perfil angular se prevé que la resistencia del concreto, tienda a aumentar en algunos reemplazos, debido a que habrá una mayor trabazón entre la pasta de cemento y el ladrillo triturado.

Se evaluará la resistencia a la compresión tal como lo señala la NTP 339.034 a la edad de 28 días. La finalidad de evaluar la resistencia a la compresión es cuantificar, como influye el aumento de la cantidad de partículas de ladrillo triturado en la resistencia a compresión.

3.3.2.2. Trabajabilidad (NTP 339.045).

Se define a la trabajabilidad como la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto; y luego éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. (Rivva, 2000).

Debido a la falta de un ensayo preciso para poder cuantificar la trabajabilidad, se empleará con el método sugerido en la NTP 339.045, el cual es un método indirecto que trata de correlacionar la trabajabilidad con el revenimiento que se produce en el concreto fresco al momento de aplicar el ensayo descrito en la NTP 339.045.

3.3.2.3. Peso unitario (NTP 339.046).

El peso unitario se define como la densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de unidad cúbica (Rivva, 2000). Este valor depende de la gravedad específica de los agregados, por lo tanto, conforme se aumente los valores de porcentajes de reemplazo, el peso unitario del concreto debe tender a disminuir.

3.3.2.4. Contenido de aire (ASTM-C31).

Este parámetro será medido a través de lo indicado en la norma ASTM-C31. Se cuantificará este parámetro para medir la influencia del aumento del porcentaje de reemplazo de grava

por ladrillo triturado, en el porcentaje de aire de cada tanda, y constatar si la variación del contenido de aire, tiene incidencia en las propiedades del concreto fresco y endurecido.

3.4. Interacción de la pasta con la superficie de las partículas del ladrillo triturado.

Según Rojas (2012), queda claro que la porosidad de las partículas de ladrillo tienen un efecto importante, no sólo por la capacidad de absorción del agua de mezcla sino también por la adherencia generada. La gran porosidad de las partículas puede generar una superficie muy rugosa con gran posibilidad de ingreso de la pasta en sus poros, aumentando la adherencia de tipo mecánico entre la partícula y la pasta. Para visualizar esta interacción se analizará las partículas de ladrillo dentro de la matriz de concreto. Para ello se tomará una vista en aumentos de la superficie de una muestra cilíndrica de concreto con ladrillo triturado, previamente preparada para lograr una imagen de alta calidad, y así poder apreciar la interacción entre las características físicas superficiales de las partículas de ladrillo con la pasta de cemento dentro de la matriz del concreto. Se espera ver la penetración de la pasta en la superficie de las partículas de ladrillo.

3.5. Relaciones agua-cemento efectivas en cada porcentaje de reemplazo y estados de humedad del ladrillo triturado.

Tabla 7. Cantidades por m³ de los materiales utilizados en cada reemplazo seco al aire, con la cantidad que aporta de agua cada agregado (kg).

MEZCLA	Cemento	Agua	Agregado fino peso stock	Agregado grueso peso stock	Ladrillo peso stock	Agregado fino peso seco	Agregado grueso peso seco	Ladrillo peso seco	Wag. Fino*	Wag. Grueso*	W.ladrillo triturado *	W efectiva	a/c efectiva
MP0	375	195	561	1,220	0	559	1,215	0	7.32	6.20	0.00	209	0.56
MNS-20%	375	195	561	976	244	559	972	244	7.32	4.96	24.90	182	0.49
MNS-30%	375	195	561	854	366	559	851	365	7.32	4.34	37.35	169	0.45

*Agua aportada a la mezcla por parte de los agregados:agregado fino, agregado grueso y ladrillo triturado

*Los reemplazos de 40% y 50%, no se realizaron debido a que se podría obtener un slump de 0cm, el cual dificultaría la elaboración de las probetas.

Tabla 8. Cantidades por m³ de los materiales utilizados en cada reemplazo saturado con superficie seca, con la cantidad que aporta de agua cada agregado (kg).

MEZCLA	Cemento	Agua	Agregado fino peso stock	Agregado grueso peso stock	Ladrillo peso stock	Agregado fino peso seco	Agregado grueso peso seco	Ladrillo peso seco	Wag. Fino*	Wag. Grueso*	W.ladrillo triturado *	W efectiva	a/c efectiva
MP0	375	195	561	1,220	0	559	1,215	0	7.32	6.20	0.00	209	0.56
MS-20%	375	195	561	976	244	559	972	244	7.32	4.96	25	232	0.62
MS-30%	375	195	561	854	366	559	851	365	7.32	4.34	37	244	0.65
MS-40%	375	195	561	732	488	559	729	487	7.32	3.72	50	256	0.68
MS-50%	375	195	561	610	610	559	608	609	7.32	3.10	62	268	0.71

*Agua aportada a la mezcla por parte de los agregados:agregado fino, agregado grueso y ladrillo triturado

Capítulo 04

Discusión de resultados

4.1. Propiedades del concreto fresco

4.1.1. Slump

En el ítem 3.4.1. se mencionó que el slump; es una medida indirecta de la trabajabilidad y de la consistencia que presenta la mezcla fresca de concreto. Se verificó el efecto del ladrillo triturado en dos condiciones: Seco al aire (MNS) y saturado con superficie seca (MS). Los resultados del ensayo de revenimiento (NTP 339.045), que se obtuvieron en cada porcentaje de reemplazo se han graficado en la figura 20.

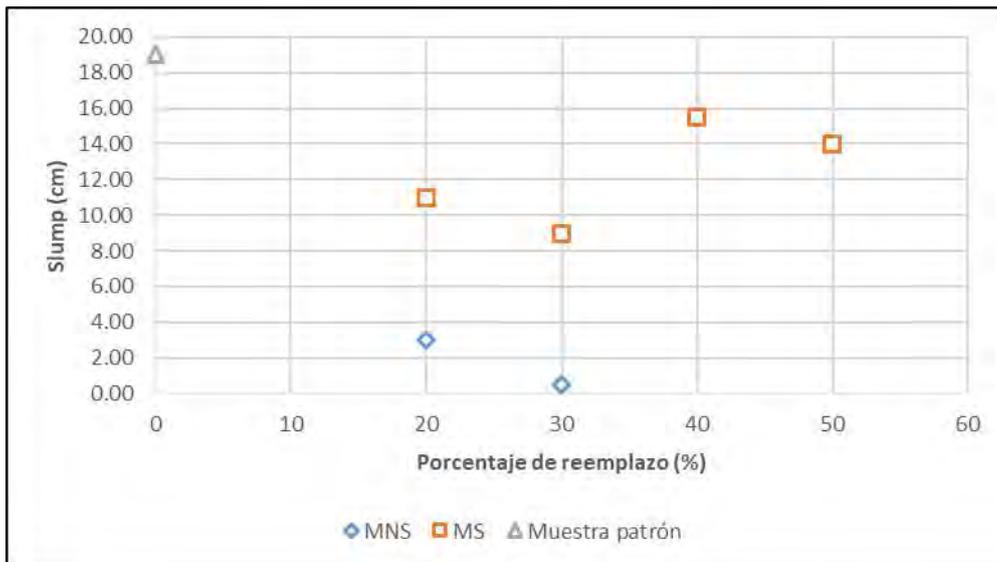


Figura 20: Valores de slump obtenidos en los diferentes porcentajes de reemplazo de agregado grueso por ladrillo triturado.

Para el ladrillo triturado en la condición seco al aire (MNS), se observa que el slump se reduce drásticamente hasta un valor de 0.5cm. Estos resultados eran predecibles debido a la elevada porosidad y absorción del ladrillo triturado (ver tabla 3), que tiende a absorber más pasta en la mezcla que un agregado convencional, disminuyendo el asentamiento, convirtiendo a la mezcla en áspera y con consistencia rígida. En la figura 21 se muestra la consistencia obtenida en las mezclas con ladrillo seco, donde se evidencia esta consistencia poco plástica. La forma de reventarse fue uniforme y en forma redonda, indicando que el volumen de ladrillo triturado presente en la mezcla todavía le permite tener cohesión y trabajabilidad aceptable.

En la condición de ladrillo triturado MNS, se realizó el reemplazo hasta el valor del 30%, debido a la poca o nula trabajabilidad en los reemplazos mayores.

En la condición MS, en teoría debido a la condición de humedad, el ladrillo triturado no puede absorber ni ceder agua a la mezcla, pero en la práctica se apreció, que aun secando la superficie de la partícula de ladrillo triturado, al momento de la mezcla del concreto el agua atrapada en el interior de ésta, drenaban al exterior debido a que los poros superficiales se encontraban conectados con los poros internos, aumentando la cantidad de agua y, por consiguiente el aumento del slump, con respecto al estado de humedad seco al aire.

En esta condición MS, el revenimiento de la mezcla en el reemplazo del 30% disminuyó con respecto el valor de asentamiento obtenido en el reemplazo del 20%, para luego aumentar en los reemplazos del 40% y 50%. Este comportamiento, que no se ajusta a una tendencia de aumentar o disminuir el revenimiento, conforme se aumenta los porcentajes de reemplazo, puede deberse al aporte del agua, que se encuentra al interior de los poros internos del ladrillo triturado, a la mezcla de concreto, produciendo variabilidad en los valores de slump.

El tamaño de los poros no sólo facilita el ingreso del agua sino facilita también su salida, siendo parte de la mezcla desde un primer momento, alterando la trabajabilidad del concreto.

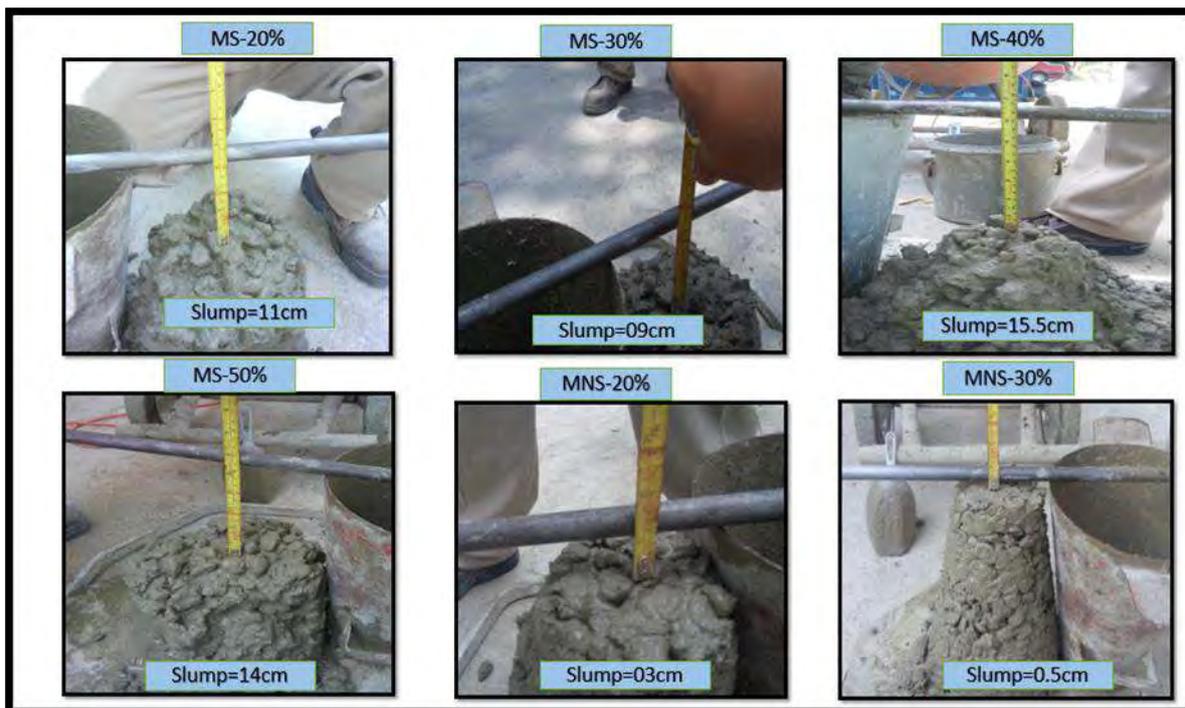
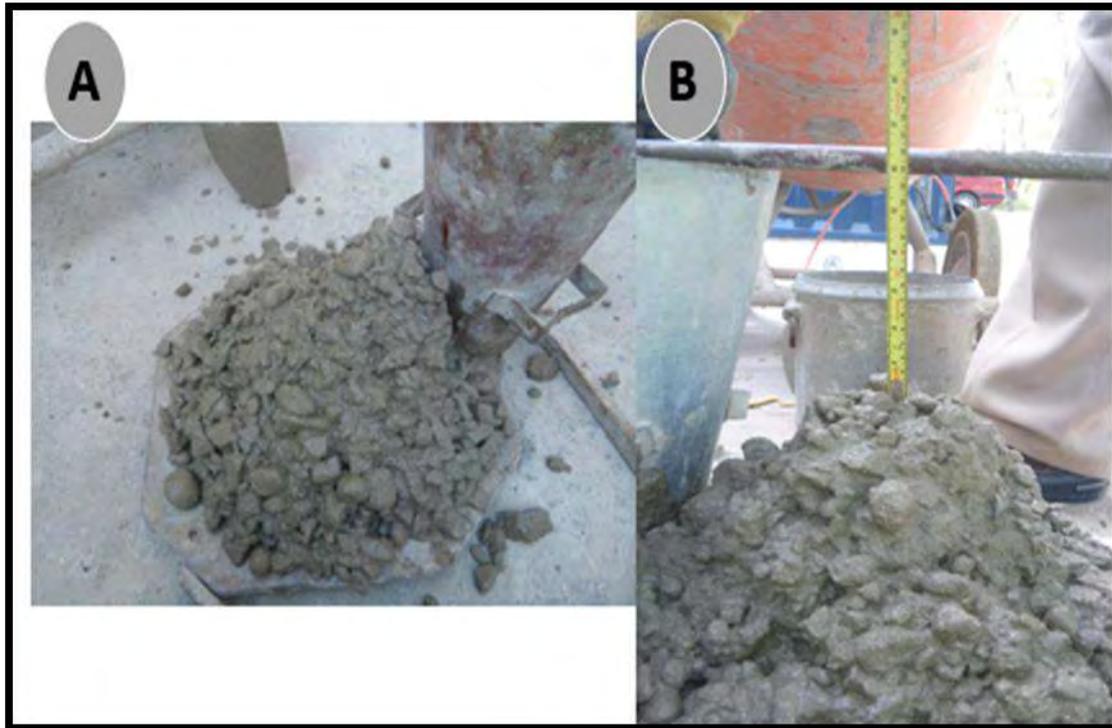


Figura 21: Consistencia de los diferentes concretos con reemplazos de agregado por ladrillo. Leyenda: MS=ladrillo saturado y superficie seca, MNS=ladrillo en condición seco al aire.

Para los reemplazos de 40 y 50%; en condición MS, el asentamiento de la mezcla tuvo una forma de cizalladura y de colapso, formas que indican falta de cohesión entre los componentes de la mezcla de concreto (Ver figura 22), validando la premisa que el porcentaje máximo para obtener una trabajabilidad y consistencia aceptable, es del 30%.

Otro factor es el aumento del volumen del ladrillo triturado, en cada incremento del porcentaje de reemplazo, ocasionando que la cantidad de pasta presente en la mezcla fresca sea insuficiente para cubrir en su totalidad al agregado grueso (tanto grava como ladrillo triturado), haciendo que el concreto fresco pierda cohesión, plasticidad, presente una apariencia “pedregosa” y sea propenso a la segregación; produciendo el colapso de la mezcla en forma no homogénea. En contraste con la mezcla patrón, a pesar de obtener un slump de 19cm, su asentamiento fue uniforme, indicando que la cantidad de pasta en la mezcla patrón era suficiente para mantener su cohesión y trabajabilidad.



**Figura 22: Vista A forma de asentamiento de colapso para el reemplazo de 40%.
Vista B: forma de cizalladura para reemplazo del 50%. Ambos casos en
condición saturado y superficie seca (MS).**

4.1.2. Peso unitario

Los resultados de la medición del peso unitario, que se obtuvieron en cada porcentaje de reemplazo se muestran en la figura 23, donde también se discrimina según la condición de humedad del ladrillo triturado.

En la figura 23, se ha graficado la variación del peso unitario del concreto conforme se modifica los porcentajes de reemplazo del ladrillo triturado, para las condiciones de humedad evaluadas. Se aprecia la disminución del peso unitario conforme aumenta el porcentaje de reemplazo. Estos resultados eran predecibles, debido al bajo valor de gravedad específica y el menor peso unitario de las partículas de ladrillo triturado respecto al agregado natural. (Ver tabla 3).

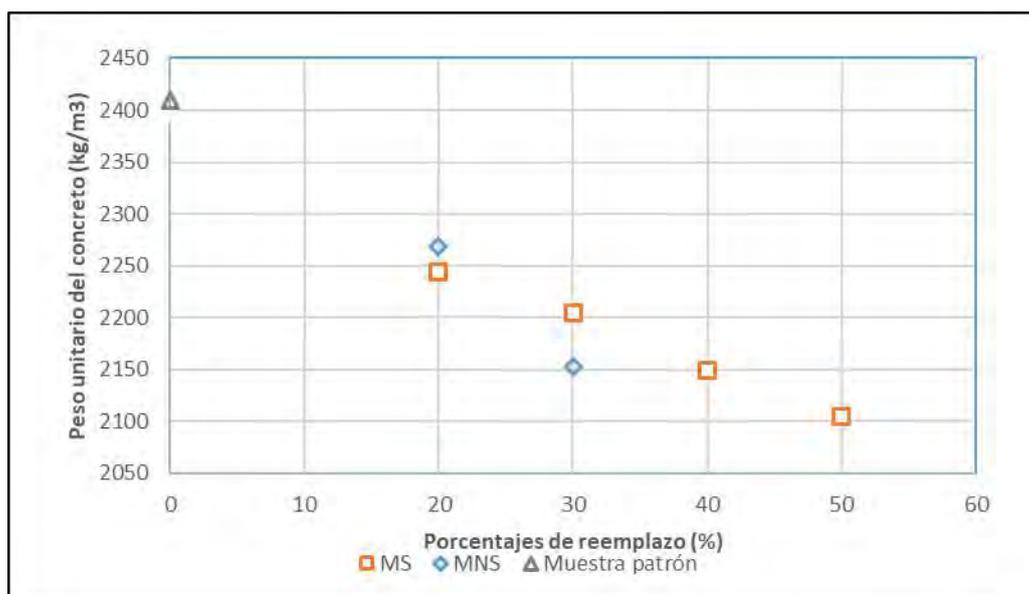


Figura 23: Valores de pesos unitarios obtenidos en los diferentes porcentajes de reemplazo de agregado grueso por ladrillo triturado.

En la tabla 9, se observa el volumen producido por cada tanda, así como la disminución en porcentaje de peso unitario y aumento del volumen producido conforme se aumentaba los porcentajes de reemplazo. Se aprecia que hay un aumento del volumen de concreto (ver figura 24), conforme se incrementa el porcentaje de reemplazo. Esto se debe a que el reemplazo de grava por ladrillo triturado, fue en peso y no en volumen ocupado en la mezcla fresca. El ladrillo triturado en condición suelta, presenta un volumen 1.98 veces mayor; que el agregado grueso, en la misma condición, tanto por su menor densidad o gravedad específica como por la mayor angulosidad de las partículas. Esta característica explica el aumento del volumen de concreto producido y su efecto en la cohesión de la mezcla cuando los reemplazos son de 40% y 50% en la condición MS.

Tabla 9: Valores obtenidos de pesos unitarios, volúmenes por tanda, disminución del peso unitario y aumento del volumen producido en cada tanda, según, el aumento del porcentaje de reemplazo.

Tanda	PU (kg/m³)	Vol. Concreto producido por tanda (m³)	Disminución de PU (%)	Aumento del vol. Producido (%)
MP0	2409	0.0197	0	0
MS-20%	2244	0.0214	6.87	8.63
MS-30%	2205	0.0219	8.48	11.17
MS-40%	2149	0.0225	10.83	14.21
MS-50%	2105	0.0231	12.64	17.26
MNS-20%	2269	0.0209	5.84	6.09
MNS-30%	2153	0.0220	10.64	11.68

Volumen teórico de concreto es: 0.0201m³

Fuente: elaboración propia

En la figura 24, se ha graficado el incremento del volumen producido por tanda, cuando el porcentaje de reemplazo aumenta, para las dos condiciones de humedad del ladrillo triturado.

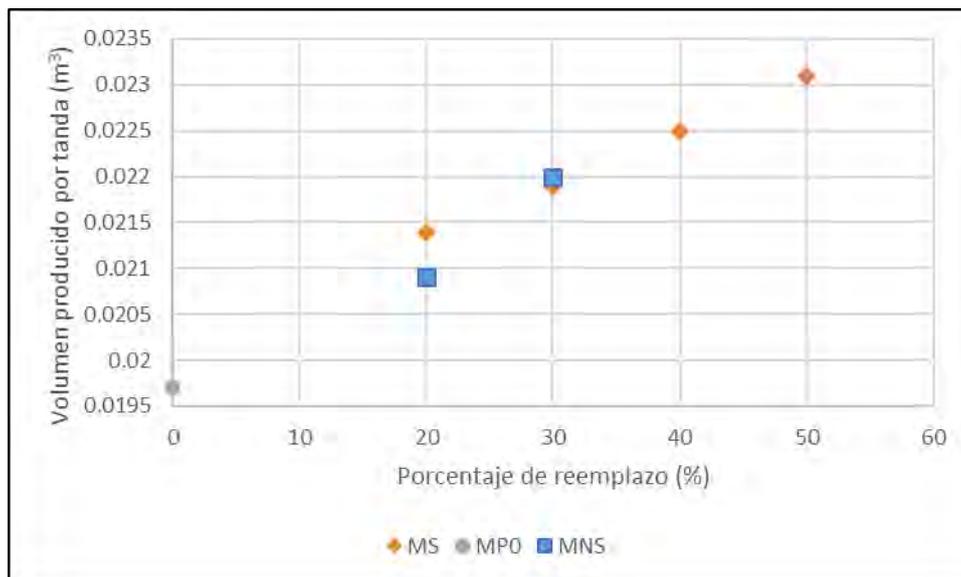


Figura 24: Volumen producido por cada tanda (m^3) vs porcentaje de reemplazo (%)

Aun con el significativo descenso del peso unitario en todas las muestras elaboradas, comparada con el peso unitario de la muestra patrón (MPO), el concreto con reemplazo de ladrillo triturado, no puede ser catalogado como un concreto ligero, pues los valores no son menores a 1600 kg/m^3 .

4.1.3. Contenido de aire

En la figura 25, se ha graficado la variación del contenido de aire medido en el concreto fresco con el porcentaje de reemplazo del ladrillo triturado, para las dos condiciones de humedad. Se aprecia el incremento del contenido de aire, conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo, siendo mayor cuando el ladrillo está seco al aire.

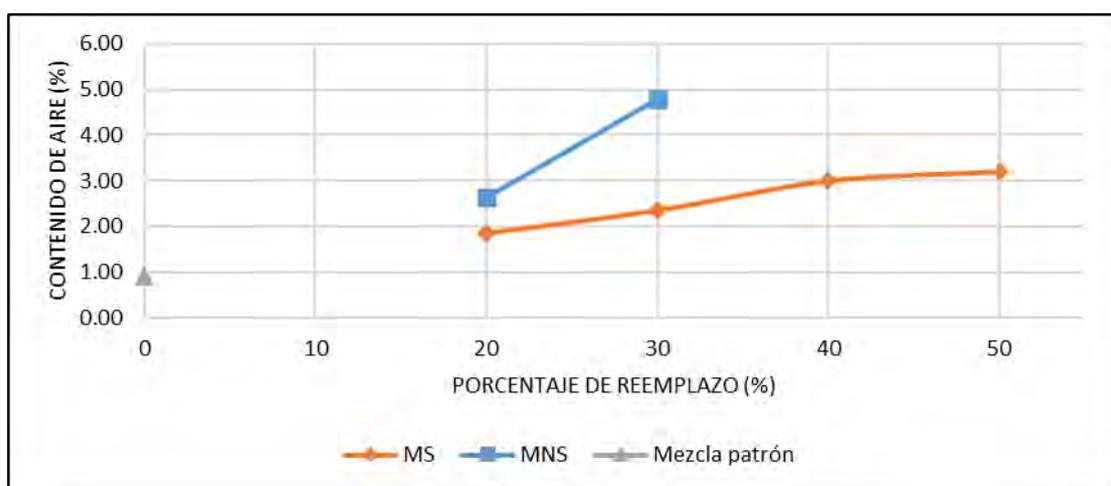


Figura 25: Variación del contenido de aire, conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo del ladrillo triturado, para las dos condiciones de humedad.

En la condición MS se propicia un aumento de aire atrapado entre las partículas de ladrillo triturado, probablemente por su forma más angulosa que el agregado natural.

Sin embargo, con el ladrillo MNS, el aumento es mucho mayor. Para un 30% de reemplazo el contenido de aire se acrecienta en un 81.13%, con respecto al valor obtenido en el reemplazo del 20%. Este mayor aporte de aire, podría deberse al aire atrapado en los poros internos del ladrillo triturado, el cual se combina con el aire atrapado en los materiales con el que se elabora la mezcla de concreto. Esto confirma la elevada porosidad que presenta el ladrillo triturado, pero, además hace referencia a un aire que quizás se configura como una porosidad cerrada.

Al relacionar el peso unitario con el contenido de aire total en el concreto (ver figura 26), se puede verificar que la disminución del peso unitario del concreto corresponde con el incremento en el contenido de aire total en la mezcla, ya que conforme se aumenta el contenido de aire, debido al incremento del volumen de ladrillo; el peso unitario del concreto decrece. Se aprecia que para el reemplazo del 30% en condición MNS, se tiene uno de los pesos unitarios más bajos, y uno de los volúmenes de concreto producido más alto. Por lo tanto, se confirma que el aumento de la cantidad de ladrillo triturado en el concreto, conlleva al incremento del contenido de aire, y esto sería también una de las causas de la reducción del peso unitario del concreto y del aumento del volumen producido en cada porcentaje de reemplazo.

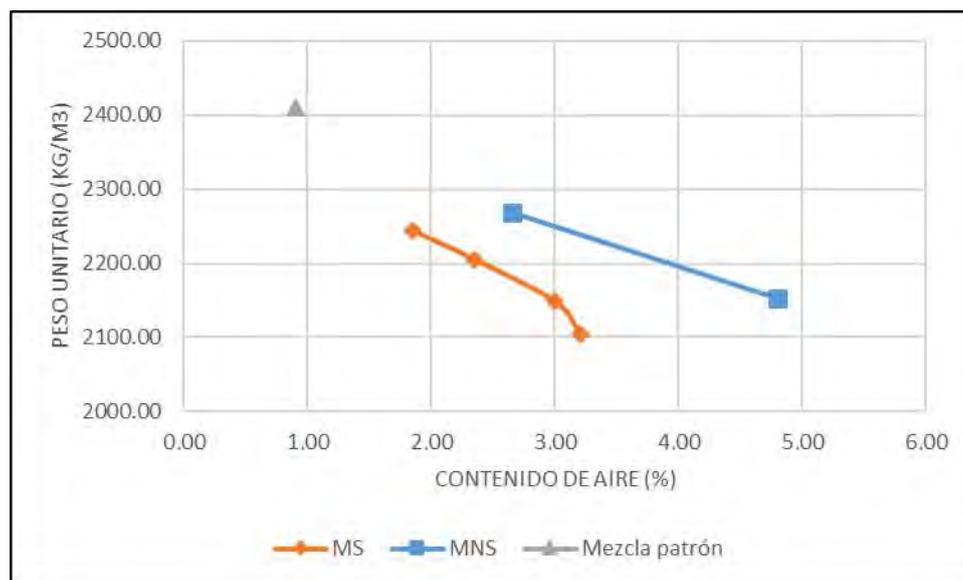


Figura 26: Peso unitario vs Contenido de aire

4.2. Propiedades del concreto endurecido

4.2.1. Resistencia a la compresión de la muestra patrón y del concreto con ladrillo triturado.

La resistencia a la compresión a los 28 días obtenido en las probetas patrón fue de 240 kg/cm². Este valor obtenido, puede deberse a la cantidad de agua libre dentro de la mezcla, lo cual podría tener efecto en la resistencia a la compresión final. Otro factor podría ser la utilización de agregado de canto rodado, proveniente de la cantera de Santa Cruz, que

disminuye la resistencia respecto a un agregado completamente triturado. Los certificados con los resultados obtenidos del concreto endurecido se presentan en el anexo D.

A pesar del valor obtenido de resistencia a la compresión a los 28 días de la muestra patrón, este valor sirve para poder comparar con los resultados de los diferentes reemplazos, y así poder apreciar el efecto que tiene el aumento de la cantidad de ladrillo triturado, tanto en condición MS y MNS, en la resistencia del concreto.

Se observa que, en la mayoría de las tandas, correspondientes a cada porcentaje de reemplazo, principalmente en la condición MS, la resistencia a compresión no decrece en gran medida, comparada con la resistencia obtenida en la muestra patrón. Una razón de que la resistencia no decaiga drásticamente, puede ser a la forma angulosa y rugosidad de las partículas, que aportan una mejor trabazón y contribuyen ligeramente a la resistencia mecánica, al aumentar la cantidad de ladrillo triturado (Ver figura 27), pero sobretodo, se nota la diferencia como consecuencia de la condición de humedad. En la condición MNS, la resistencia a la compresión aumenta considerablemente con respecto a la resistencia de la compresión de la muestra patrón. Al parecer, hay una mejor adherencia del ladrillo con la pasta, ocasionando que la resistencia a la compresión no decrezca y se mantenga cerca al valor de la resistencia especificada. Esto explicaría también el por qué decrece la trabajabilidad conforme se aumenta el volumen de ladrillo triturado, ya que la cantidad de material grueso en el concreto fresco (agregado natural más ladrillo); hace que la cantidad de pasta sea insuficiente para cubrir todas las partículas gruesas, afectando la cohesión del concreto fresco (ver ítem 4.1.1).

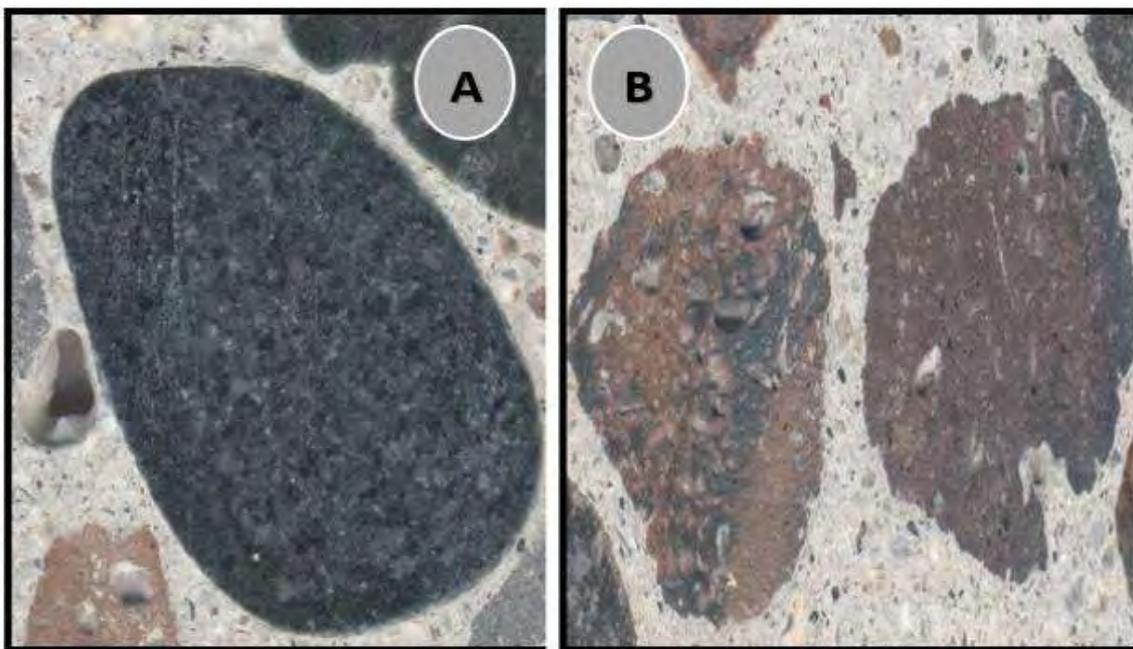


Figura 27: Vista A: forma canto rodado y textura lisa del agregado natural. Vista B: forma angulosa y textura porosa del ladrillo triturado.

La resistencia a la compresión del concreto con ladrillo triturado en estado MNS, también aumenta en comparación con la resistencia del concreto de la muestra patrón (Ver tabla 10

y figura 28). El estado de humedad del ladrillo hace que la relación a/c disminuya, aumentando la resistencia a la compresión.

En la tabla 10 se aprecia la variabilidad de resultados en las resistencias a compresión de las probetas, elaboradas con ladrillo triturado en condición saturado y con superficie seca, y en condición seco al aire.

Según los datos de la tabla 10, las tandas pertenecientes a los reemplazos de 30 y 40%, son las que presentan mayor variabilidad entre sus resultados. Incluso se observa que en el reemplazo correspondiente al 50%, las tandas son las que tienen menor desviación estándar con un 4.52kg/cm^2 .

Tabla 10. Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con ladrillo triturado en la condición MS y MNS

ID	Tanda	Resistencia a la compresión- 28 días (kg/cm^2)	Variación con respecto a MP0 (%)	Desviación estándar (kg/cm^2)
MP0	TANDA 01	240	100	0
MS-20%	TANDA 01	239	99.58	10.25
	TANDA 02	256	106.25	
	TANDA 03	238	99.16	
MS-30%	TANDA 01	225	93.33	23.92
	TANDA 02	272	111.76	
	TANDA 03	243	101.23	
MS-40%	TANDA 01	219	90.41	22.73
	TANDA 02	257	106.61	
	TANDA 03	260	107.69	
MS-50%	TANDA 01	218	89.91	4.52
	TANDA 02	209	85.17	
	TANDA 03	215	88.37	
MNS-20%	TANDA 01	259	107.34	18.24
	TANDA 02	280	114.29	
	TANDA 03	295	118.64	
MNS-30%	TANDA 01	301	120.27	11.78
	TANDA 02	316	124.05	
	TANDA 03	293	118.09	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se grafica la resistencia promedio y la desviación estándar entre los valores de un mismo porcentaje de reemplazo. En ambos estados de humedad de ladrillo, se observa una variabilidad de valores representada por la desviación estándar, que no tiene una tendencia fija, aumentando y disminuyendo. Esta variabilidad entre tandas de un mismo porcentaje de reemplazo y tandas de los diferentes porcentajes de reemplazo, puede deberse

a la variabilidad propia del ladrillo recocho. Debido a su fabricación artesanal, la cocción no es uniforme, como se observan la figura 27 y las figuras correspondientes a las matrices de concreto (figuras 39-44), donde se puede identificar que, para una misma partícula de ladrillo triturado, hay partes quemadas (exceso de cocción), otras no tan quemadas y algunas con una cocción normal.

En la figura 28, se muestra que a diferencia de lo observado en la condición MS, el concreto con ladrillo MNS presenta una tendencia a aumentar la resistencia a la compresión conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo. Esta tendencia al aumento de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ladrillo en estado MNS, que difiere con el concreto con ladrillo en estado MS, puede deberse a la condición de humedad del ladrillo triturado. En estado MS, las partículas de ladrillo presentan diferentes porcentajes de humedad superficial entre una partícula y otra, por su misma condición de partículas en estado saturado y gran porcentaje de porosidad superficial. Por lo tanto, algunas partículas pudieron haber aportado agua a la mezcla de concreto fresco, modificando la relación agua-cemento y así obteniendo distintos resultados de valores de resistencia. Aunque parte de esta agua aportada por el ladrillo, luego reaccione con el cemento en el tiempo, dejará espacios vacíos en la partícula, de modo que, a los 28 días, la pasta rodea solo la superficie externa del ladrillo triturado, mientras que, en condición MNS, la pasta entra por los poros del ladrillo triturado, donde fragua. Esto origina que haya presencia de pasta tanto alrededor y al interior del ladrillo triturado, ocasionando que la partícula deje de ser porosa. Este detalle se puede observar mejor en las figuras 33 y 34, donde se aprecian los poros internos de la partícula de ladrillo señalada con una circunferencia en la parte izquierda superior, con pasta fraguada en su interior.

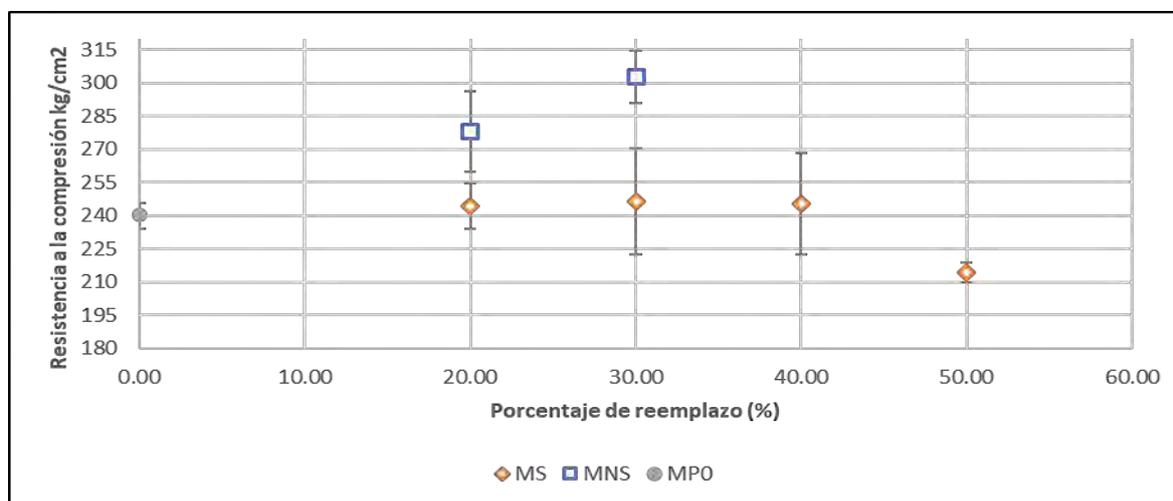


Figura 28: Resistencia a la compresión y desviación estándar entre tandas de un mismo porcentaje de reemplazo, tanto para condición MS y MNS.

Se puede concluir que es posible obtener un concreto con características mecánicas satisfactorias, al reemplazar una parte del agregado grueso por ladrillo triturado. En estado de humedad MS, sin realizar un ajuste por humedad de la partícula de ladrillo en el diseño de mezcla, el porcentaje máximo recomendable de reemplazo es del 30%, para garantizar un concreto fresco con cohesión y una trabajabilidad aceptable, con los valores de resistencia a la compresión mayores a la resistencia especificada de diseño ($f'c$).

En estado MNS se pueden obtener concretos con resistencias a la compresión mayores que el patrón reemplazado hasta un 30%, aunque hay una severa falta de trabajabilidad y una consistencia rígida, por lo que se debe tener en cuenta cuando se realice un diseño de mezclas.

4.3. Interacción de la pasta con la superficie de las partículas del ladrillo triturado

Para observar a detalle, la interacción de pasta con los poros de las partículas de ladrillo triturado, se procedió a la obtención de imágenes de la matriz del concreto (Ver figura 29 y figura 30), usando un escáner de alta resolución Microtek ArtixScan 3200XL, el cual tiene una resolución de 3200 DPI (puntos por pulgada). La imagen de alta resolución permitió visualizar las particularidades de las superficies de ladrillo triturado y el de agregado de canto rodado.

Las muestras de concreto se cortaron en forma de disco de 3cm de las probetas endurecidas, a la cual se le aplicó diferentes procesos de acabado para mejorar la textura superficial y visualizar mejor la superficie.

Primero se realizó un procedimiento de desbaste usando lijas de diferentes granos, empezando con la de grano más grueso y terminando con la de grano más fino. El desbaste primario se realizó con una amoladora angular eléctrica BOSCH OWS 7-115 ET, empleando lijas de diferente grano: N°24, N°60 y N°100. Luego se usó una pulidora orbital eléctrica BOSCH GEX 125-150 AVE no estacionaria empleando la lija de grano N°120, en intervalos de 30 minutos. El pulido final se realizó con una pulidora manual empleando lijas en el siguiente orden: N° 240, N° 400, N° 600, N° 800, N° 1000.

En las figuras 29 y 30, se muestra una vista de los poros internos en una de las partículas de ladrillo dentro de la matriz del concreto, debido a la capacidad de absorción y porosidad del ladrillo triturado, se aprecia que además de atrapar el agua libre entre sus poros, estaría absorbiendo la pasta de cemento por sus poros superficiales, los cuales están conectados a los internos, formando una especie de “túneles” de pasta de cemento en su interior, generando una matriz entramada con la partícula y alrededor de ella, generando una mejor adherencia entre la pasta de cemento y el ladrillo triturado, contribuyendo al aumento de la resistencia a la compresión del concreto endurecido.

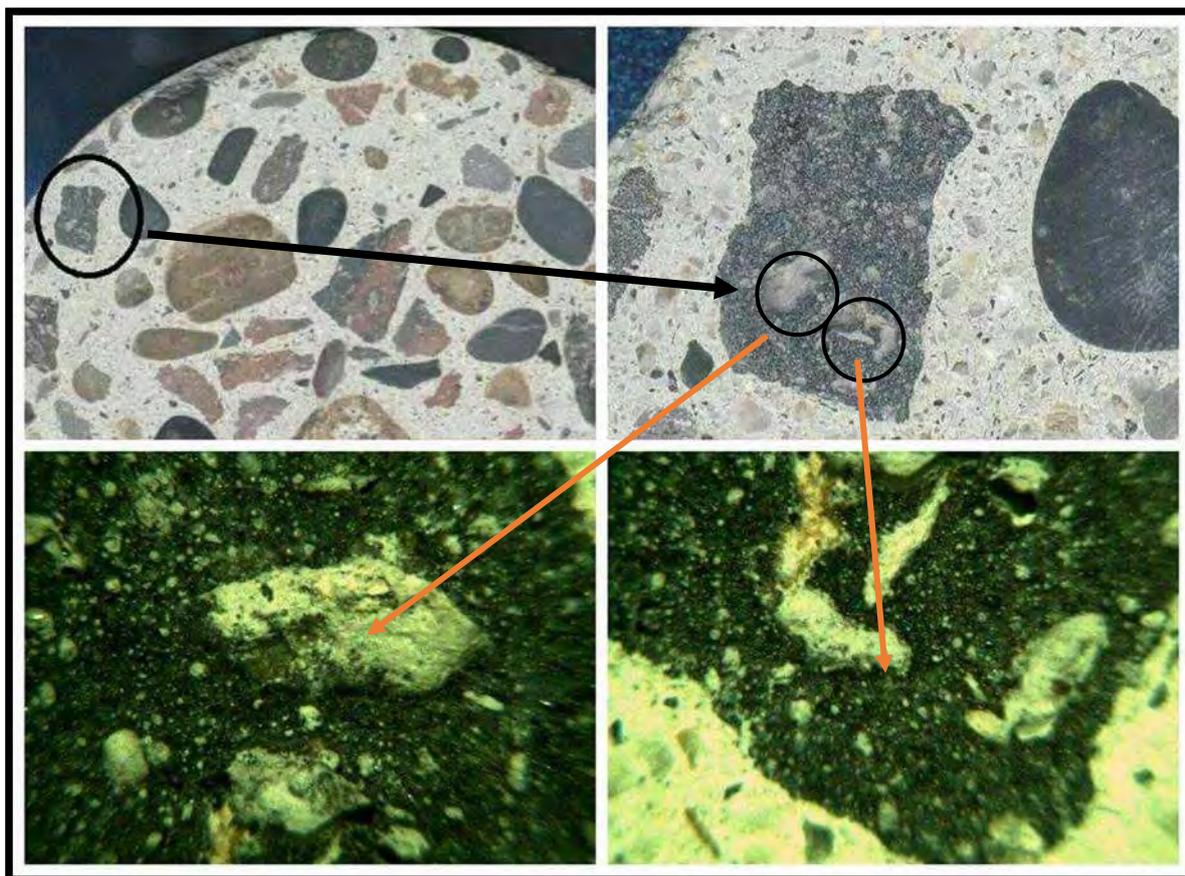


Figura 29: Poros internos de ladrillo triturado en condición MNS con pasta de cemento fraguada.

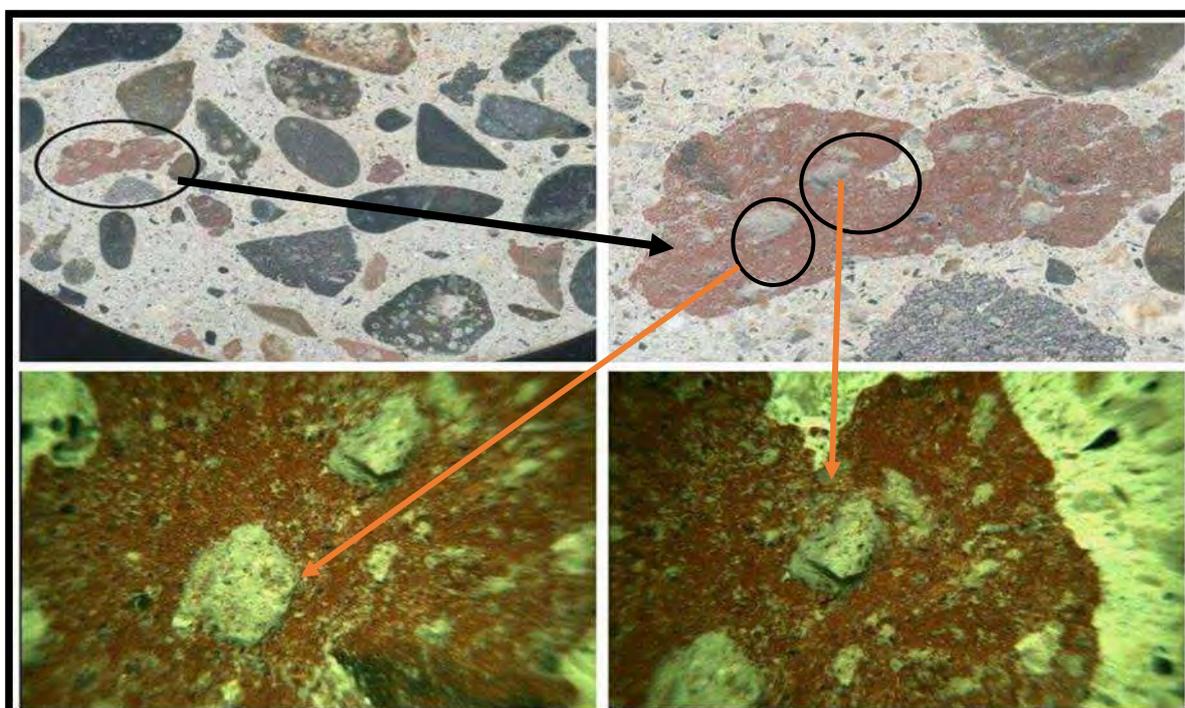


Figura 30: Poros internos de ladrillo triturado en condición MNS con pasta de cemento fraguada.

4.4. Influencia de la relación a/c y de las propiedades del concreto fresco sobre la resistencia a la compresión.

En las tablas 11 y 12, se muestran las diferentes relaciones a/c efectivas de cada tanda y los resultados obtenidos al evaluar el concreto hidráulico, fabricado con un porcentaje de reemplazo del agregado grueso por ladrillo triturado, con dos estados de humedad: MNS y MS.

En la tabla 11, se aprecia el aumento de la relación a/c conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo de ladrillo triturado en estado MS, este incremento se debe al aporte de agua (humedad superficial) por parte de las partículas de ladrillo. A pesar que la relación a/c aumenta, la resistencia a compresión de las probetas no decrece en un porcentaje importante, incluso en algunas tandas la resistencia a compresión aumenta, si se compara con la resistencia de MP0, salvo en el porcentaje de reemplazo del 50%, que tiene una relación a/c efectiva de 0.71. En este porcentaje de reemplazo, las resistencias a compresión son menores comparadas con la resistencia de MP0, aunque sólo en un 14.8%. Se puede decir que la disminución en la resistencia a la compresión debida al incremento de agua (relación a/c) se va compensando con la mejora en la trabazón de la estructura de los agregados debida a la forma y textura de las partículas de ladrillo y, muy posiblemente, al ingreso de pasta de cemento dentro de los poros de ladrillo triturado (ver ítem 4.3), factores que incrementan la adherencia entre pasta de cemento y ladrillo triturado, incidiendo en que la resistencia a la compresión no decaiga drásticamente.

De la tabla 11, se observa que en el reemplazo de 50%, los valores de contenido de aire, el volumen de ladrillo triturado en la mezcla de concreto fueron los más altos de todos los reemplazos. Con estos resultados, se podría inferir que estos parámetros influyeron negativamente en la resistencia a la compresión de la muestra MS-50%, porcentaje de reemplazo, en el cual se obtuvieron los valores de resistencia a compresión más bajos. Por lo tanto, se analizarán estas propiedades en los párrafos siguientes.

Tabla 11. Cuadro resumen de las propiedades del concreto, con ladrillo triturado en condición MS.

Muestra Parámetro	Unid.	MP0	MS-20%			MS-30%			MS-40%			MS-50%		
		T01	T01	T02	T03									
CONCRETO FRESCO														
Slump	cm	19	11			9			15.5			14		
Peso unitario	kg/m ³	2409	2244			2205			2149			2105		
Contenido de aire	%	0.9	1.85			2.35			3			3.2		
CONCRETO ENDURECIDO														
Resistencia a la compresión	Días	28	28			28			28			28		
	a/c	0.56	0.62			0.65			0.68			0.71		
	kg/m ²	240	239	256	238	225	272	243	219	257	260	218	209	215

Fuente:

elaboración

propia

En la tabla 12, se muestra los resultados de las probetas con el ladrillo triturado en estado MNS. Se observa que, la relación a/c decrece conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo de ladrillo triturado, explicado por su alta capacidad de absorción y porosidad (ver tabla N° 3). Estas características harían que el agua libre de la mezcla ingrese a los poros de las partículas de ladrillo, dejando menos agua libre para su reacción con el cemento y reduciendo la relación a/c. Esto podría estar provocando, a su vez, una reducción en la porosidad porque habrá menos agua libre en la pasta de cemento. Esto se verifica por la reducción de la trabajabilidad de la mezcla, que dificultó la fabricación de las probetas y produjo la aparición de cangrejas (ver figura 31).

Tabla 12. Cuadro resumen de las propiedades del concreto, con ladrillo triturado en condición MNS.

Muestra Parámetro	Und.	MP0	MNS-20%			MNS-30%		
			T01	T02	T03	T01	T02	T03
CONCRETO FRESCO								
Slump	cm	19	3			0.5		
Peso unitario	kg/m ³	2409	2269			2153		
Contenido de aire	%	0.9	2.65			4.8		
CONCRETO ENDURECIDO								
Resistencia a la compresión	Días	28	28			28		
	a/c	0.56	0.49			0.45		
	kg/m ²	240	259	280	295	301	316	293

Fuente: elaboración propia



Figura 31: Cangrejas en probetas.

En el ítem 4.1.1, se explicó, que la disminución del slump es una consecuencia del porcentaje de reemplazo del agregado grueso por ladrillo triturado. Esto se nota más cuando el ladrillo está en condición MS, especialmente en el reemplazo de 50%, porque la humedad superficial (debido a un incorrecto secado superficial del ladrillo triturado) en algunas partículas de ladrillo triturado, añaden agua a la mezcla. A esto se suma que la forma angulosa y el menor peso específico del ladrillo produce un aumento de volumen con un consecuente incremento de partículas de ladrillo y, por ende, mayor cantidad de agua añadida a la mezcla, posiblemente incrementando la porosidad de la pasta de cemento, disminuyendo la resistencia a compresión de la muestra.

En la figura 32, se observa que la resistencia a la compresión del concreto elaborado con ladrillo MS, disminuye conforme el porcentaje de aire aumenta. Esto podría deberse al estado de saturación del ladrillo triturado, ocasionando que el aire quede encerrado exclusivamente dentro de la matriz, ya que no puede penetrar por aquellos poros del ladrillo que se encuentran completamente saturados con agua, provocando el aumento de la porosidad de la matriz, influyendo en la disminución de la resistencia a la compresión. Caso contrario con el concreto con ladrillo MNS, la resistencia a la compresión aumenta, conforme crece el contenido de aire. Al parecer el aire medido no está uniformemente distribuido en la matriz de cemento, sino que una parte se encuentra dentro de los poros del ladrillo triturado, con lo cual el porcentaje de poros en la matriz de cemento es menor, comparada con el caso de la matriz con ladrillo MS. Así mismo, pareciera que la presencia de aire en los poros del ladrillo favorece la penetración de la pasta en ellos, incrementando la adherencia entre partícula y pasta de cemento. Por lo tanto, se puede concluir que el contenido de aire por sí solo no influye directamente en la resistencia a compresión del concreto elaborado con residuos de ladrillo triturado, sino que depende del estado de humedad del ladrillo.

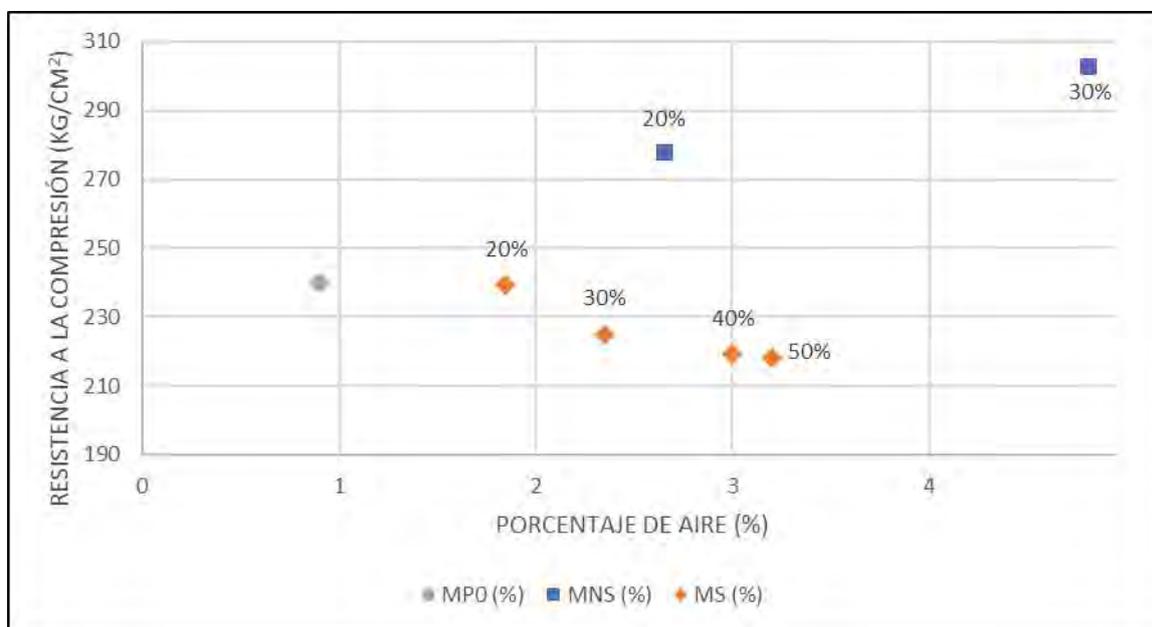


Figura 32: Resistencia a la compresión vs contenido de aire, medidos en cada primera tanda, para el ladrillo en estado MS y MNS.

En la condición de humedad MS, el peso unitario es proporcional a la resistencia a la compresión, imitando el comportamiento de un concreto convencional. En cambio, en la

condición MNS, las mayores resistencias a la compresión se dan para un 30% de reemplazo, donde el peso unitario es menor. Este comportamiento puede ser consecuencia de la condición de humedad del ladrillo, que al estar MNS permite la penetración de la pasta de cemento en la partícula de ladrillo, aumentando la adherencia agregado-pasta de cemento.

Por lo tanto, se puede concluir que, en ambos estados de humedad, la presencia de ladrillo triturado es importante. La adherencia entre pasta y agregado se incrementa, debido a la porosidad, textura y forma del ladrillo triturado. Este incremento de adherencia, influye positivamente en el aumento de la resistencia a la compresión y contrarresta los efectos del contenido de aire elevado o del exceso de agua en la mezcla.

4.5. Patrones de falla de las probetas tras el ensayo de compresión.

La forma de falla de las probetas, puede servir como un indicador del grado de adherencia que se ha desarrollado entre pasta y agregado.

En la condición MS se observaron los patrones de falla variables. Algunas rompían con una falla por cortante con cierto ángulo de inclinación, pero en otras se combinaban la falla por corte y de cono. Sin embargo, en todos los casos se pudo observar partículas de ladrillo triturado fracturadas. Esto indicaría que la falla no se ha dado por falta de adherencia, sino por debilidad de la partícula de ladrillo respecto al resto de componentes del concreto.

En la figura 33, se muestran los patrones de falla de las probetas que se presentaron en la muestra MS-20%. La forma de falla predominante fue la de cono (vista (b) y (d) de la figura 33), aunque en algunas probetas se presentó la falla de columnar y cono (vista (a) de la figura 33) y la falla de columna (vista (c) de la figura 33). Por lo tanto, se puede concluir que en la muestra MS-20%, hubo una correcta compactación y buena adherencia entre los agregados y la pasta de cemento.



Figura 33: Figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MS-20%.

En la figura 34, se muestra la tabla resumen de los patrones de falla de las probetas que se presentaron en la muestra MS-30%. La falla predominante fue la de cono (vista (b), (c) y (d) de la figura 34), aunque en algunas probetas se presentó la falla columnar y cono (vista (a) de la figura 34). Por lo tanto, se puede concluir que en la muestra MS-30%, hubo una correcta compactación y buena adherencia entre los agregados y la pasta de cemento.



Figura 34: Figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MS-30%.

Las probetas de la muestra MS-40% presentaron principalmente fallas por corte (vistas (c) y (d)) de la figura 35) y por combinación de cono y corte (vista (a) y (b)) de la figura 35). Las fallas por corte se explica por la disminución de adherencia entre las partículas gruesas y la pasta de cemento, esto se debe a la presencia de una mayor cantidad de ladrillo triturado que aumenta el volumen de material grueso en la mezcla de concreto, provocando que la cantidad

de pasta sea insuficiente para cubrir en su totalidad a las partículas gruesas, provocando la disminución de adherencia entre partículas gruesas y la pasta.

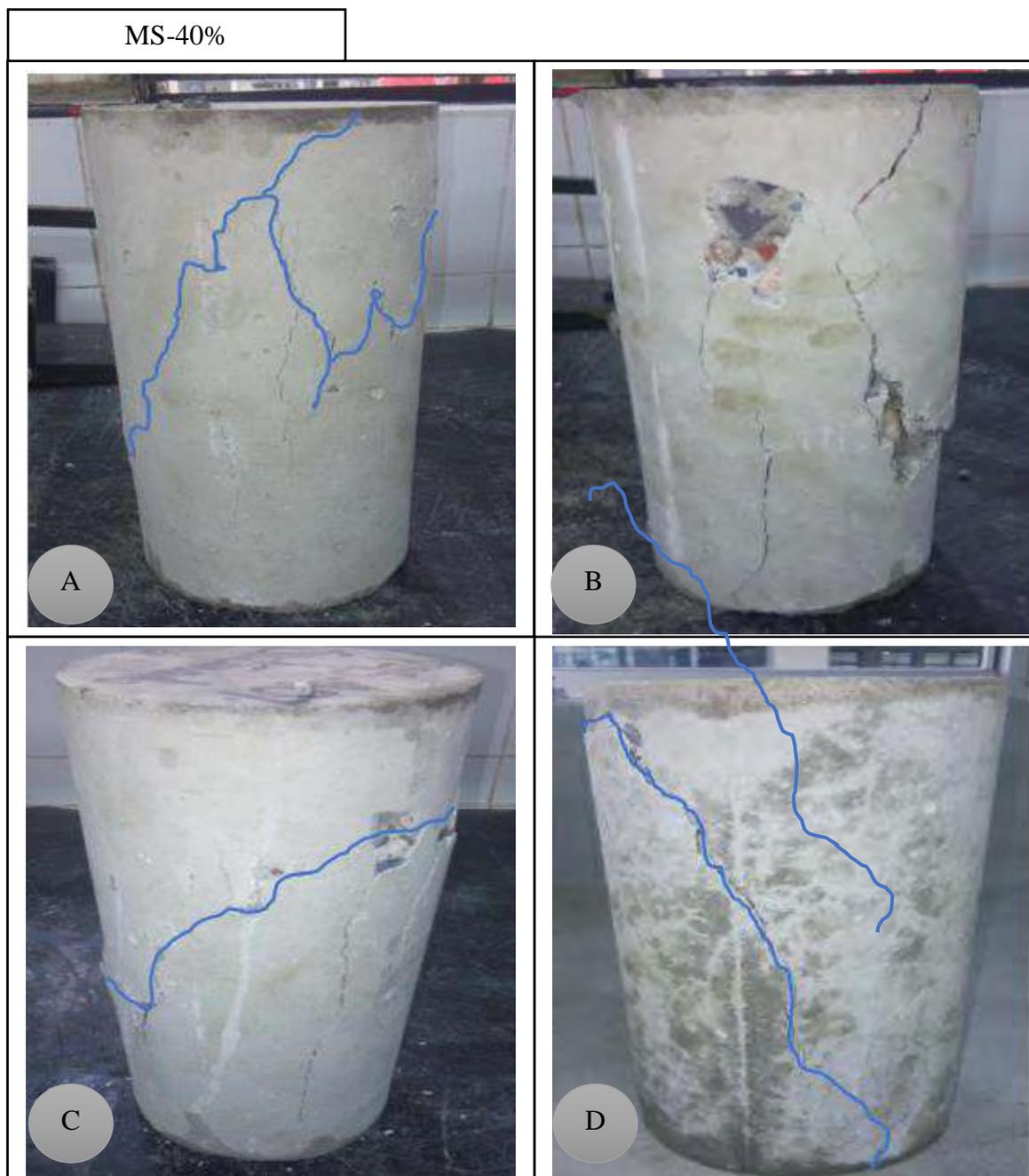


Figura 35: figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MS-40%

Las fallas por corte, observadas en la muestra MS-50 (ver figura 36), se explican por la disminución de adherencia entre las partículas gruesas y la pasta de cemento, debido a la presencia de mayor cantidad de ladrillo triturado que aumenta el volumen de material grueso en la mezcla de concreto, provocando que la cantidad de pasta sea insuficiente para cubrir

en su totalidad a las partículas gruesas, provocando la disminución de adherencia entre partículas gruesas y la pasta.



Figura 36: Figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MS-50%.

La forma de falla para las probetas MNS-20% fue la de cono (figura 37). Por lo tanto, se puede concluir que un reemplazo del 20% de ladrillo en condición MNS permite una correcta compactación y buena adherencia entre los agregados y la pasta de cemento.



Figura 37: Figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MNS-20%.

En la figura 38, se muestran los patrones de falla de las probetas MNS-30%. La forma de falla fue la de cono, indicando que un reemplazo del 30% en condición MNS permite una correcta compactación y buena adherencia entre los agregados y la pasta de cemento



Figura 38: Figura resumen de los diferentes tipos de roturas de probetas en la muestra MNS-30%.

4.6. Matriz de concreto para las diferentes proporciones de reemplazo.

Conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo la distribución de las partículas se hace más densa, debido al aumento del ladrillo triturado por su baja gravedad específica respecto al agregado natural. Este aumento de densidad o cantidad de partículas sólidas en la mezcla, sobre todo en condición MS, favorece que la resistencia a la compresión no decaiga tan severamente, a pesar de tener un reemplazo del 50% de agregado por ladrillo triturado.

A simple vista de las matrices de concreto se observa la diferencia entre los bordes de contacto del agregado natural y del ladrillo triturado con la pasta de cemento. En el agregado natural se observa un contacto liso y sin trabazón; en cambio en el ladrillo hay un contacto rugoso y las partes angulosas de este material, ocasionan una mayor superficie de contacto entre la pasta de cemento y el ladrillo triturado. También se observa que la distribución de las partículas gruesas en la pasta de cemento, es homogénea, reduciendo la posibilidad de una concentración o acomodo específico de los partículas de ladrillo triturado. (Ver figuras 39-44).

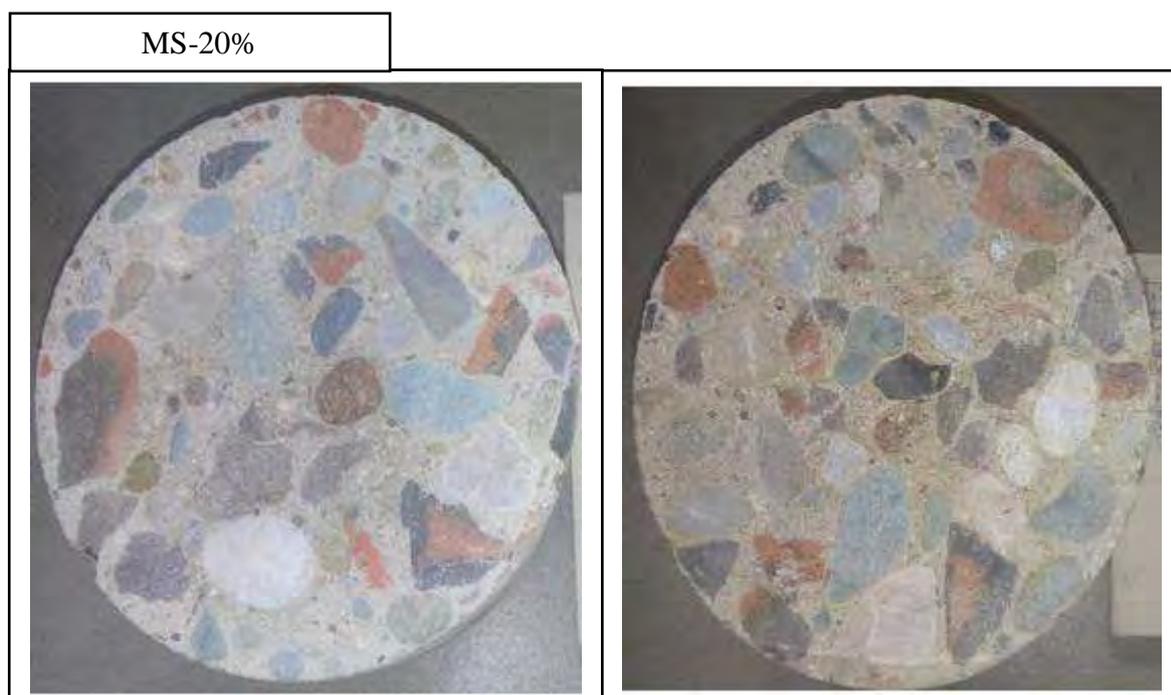


Figura 39: Cuadro resumen de las matrices muestra MS-20%.

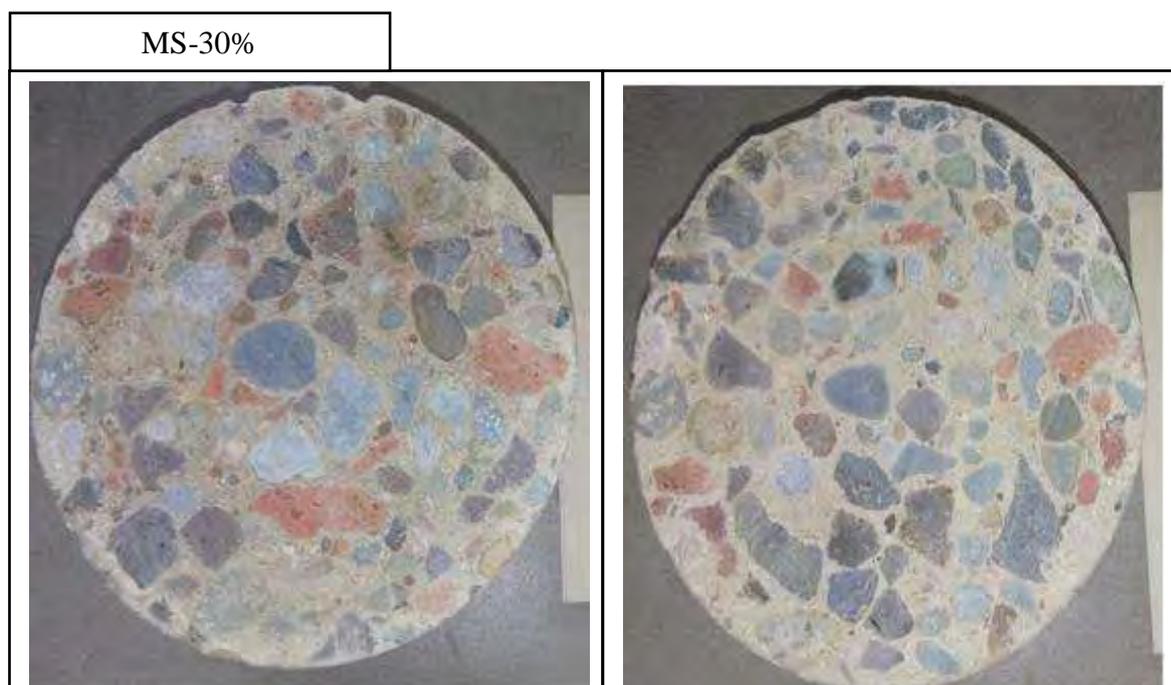


Figura 40: Cuadro resumen de las matrices muestra MS-30%

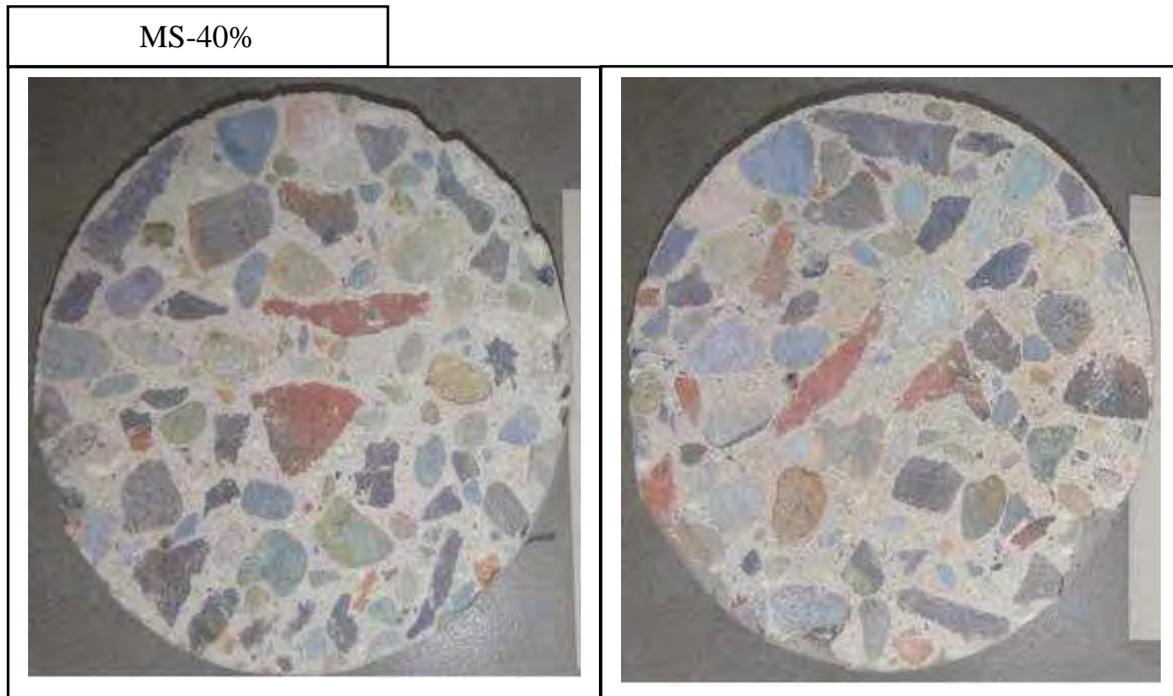


Figura 41: Cuadro resumen de las matrices muestra MS-40%.

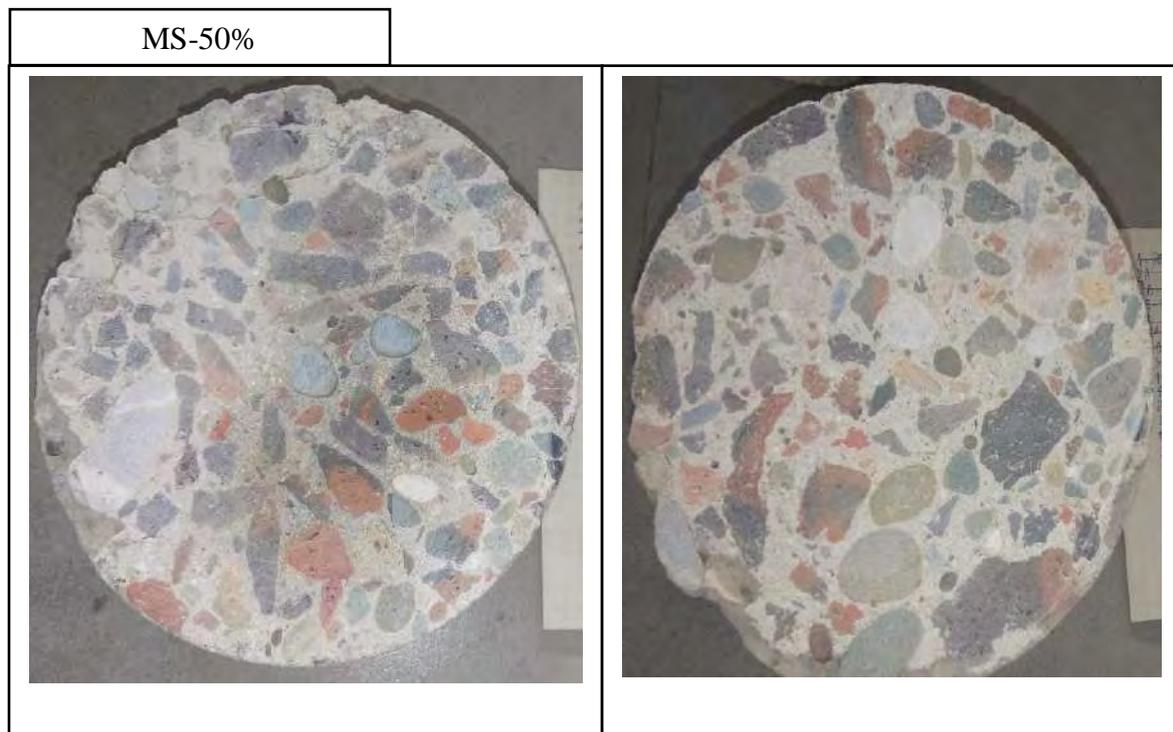


Figura 42: Cuadro resumen de las matrices muestra MS-50%

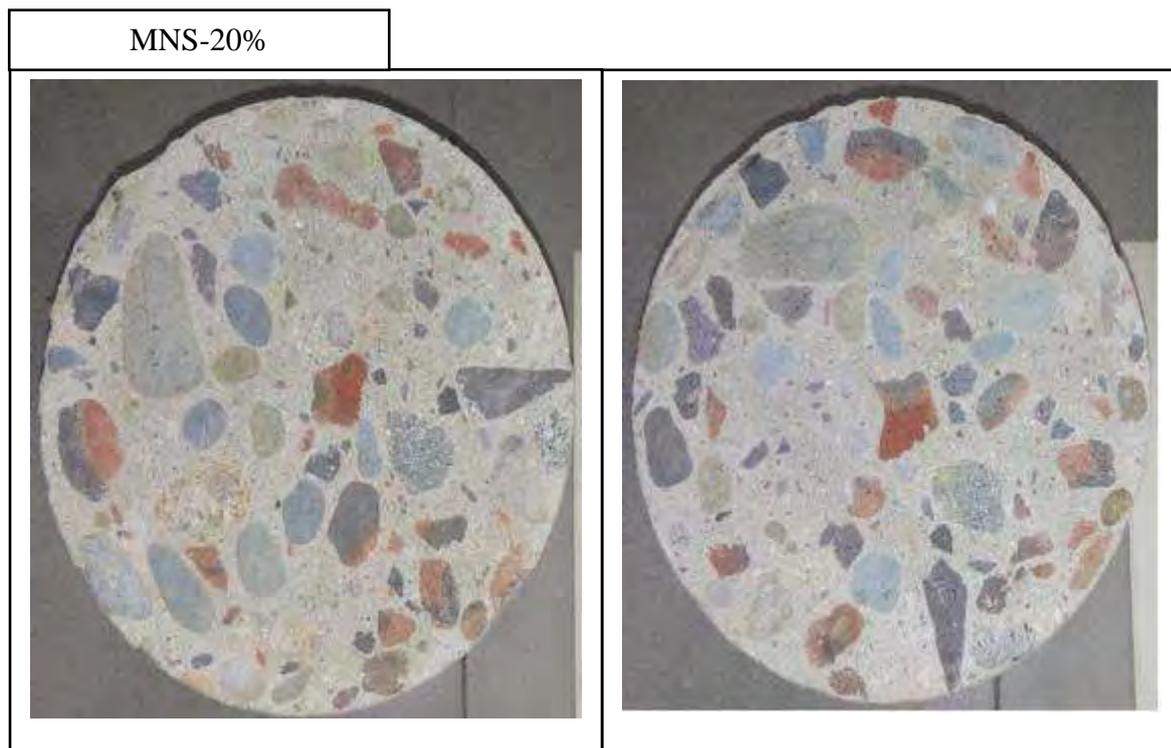


Figura 43: Cuadro resumen de las matrices muestra MNS-20%.

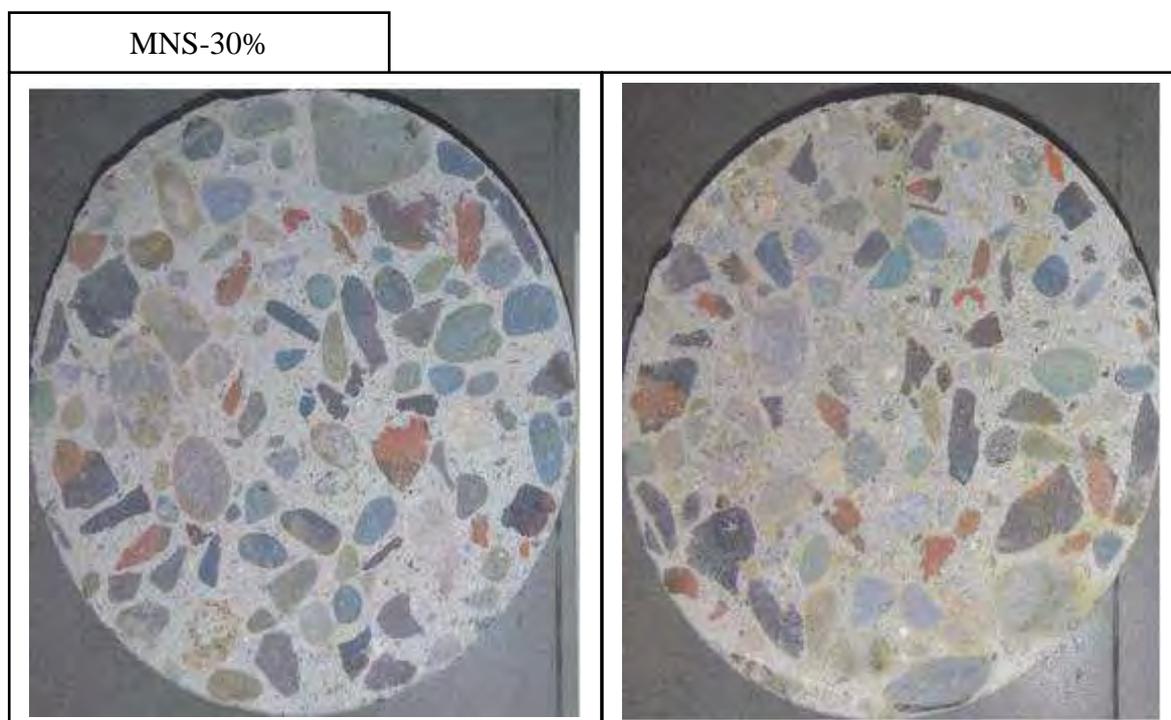


Figura 44: Cuadro resumen de las matrices muestra MNS-30%.

Conclusiones y recomendaciones

1. Con los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, se concluye que es viable la obtención de un concreto hidráulico con características mecánicas satisfactorias al reemplazar parte del agregado grueso por ladrillo triturado, hasta un reemplazo máximo del 30%.
2. El estado de humedad del ladrillo triturado es un factor determinante en la trabajabilidad del concreto y en la resistencia a la compresión. Con respecto a la trabajabilidad y consistencia cuanto más seco se encuentre el ladrillo, la trabajabilidad se reduce; en cuanto a la resistencia mecánica, el estado seco del ladrillo provoca el aumento de la resistencia al disminuir la relación a/c efectiva.
3. Cuando el ladrillo triturado está en condición saturado y superficie seca, la consistencia del concreto fresco y su revenimiento son afectadas significativamente hasta un reemplazo del 20 y 30%, aunque estos revenimientos pueden ser catalogados como normales. A partir del 40%, el concreto fresco pierde cohesión, causando una mayor necesidad de pasta en la mezcla de concreto debido a la mayor área superficial, forma y textura superficial del ladrillo recocho en relación al agregado natural. Sin embargo, la resistencia a la compresión se mantiene por encima de la resistencia a la compresión de la muestra patrón, y si decrece, la variación no es significativa.
4. Cuando el ladrillo triturado está en condición seca al aire, la consistencia del concreto fresco y su revenimiento son severamente reducidos por la presencia del ladrillo triturado. Con los reemplazos del 20 y 30%, se obtuvo un concreto fresco de consistencia rígida, incluso en el reemplazo del 30%, el valor de slump fue 0.5cm.
5. La resistencia a la compresión en los concretos elaborados con reemplazos de ladrillo, se mantiene por encima de la resistencia de la muestra patrón, independientemente de la condición de humedad del ladrillo triturado. Este comportamiento se puede atribuir:

- i) a la forma angulosa y textura áspera del ladrillo, si se compara con un agregado grueso de canto rodado, ii) la disminución de la relación a/c, que disminuye la cantidad de agua libre, reduciendo la porosidad de la pasta de cemento. Aunque el efecto en la relación a/c es importante, parece que su efecto no es tan significativo como lo es el factor de la forma y textura del ladrillo, que contribuyen aún más en la adherencia ladrillo-pasta.
6. En la condición seca al aire del ladrillo, la resistencia a la compresión se ve favorecida por dos mecanismos derivados de la porosidad y capacidad de absorción, que producen dos efectos: i) que el ladrillo triturado absorba el agua libre de la mezcla, reduciendo el porcentaje de cavidades en la matriz cementante por la presencia de agua libre; y produciendo una matriz más densa y menos porosa. ii) Que el ladrillo absorba pasta por penetración en sus cavidades, donde se produce su fragua posterior, aumentando la resistencia mecánica del ladrillo triturado “relleno” de pasta y mejorando la adherencia entre la matriz y la partícula.
 7. Conforme se aumenta el porcentaje de reemplazo, el contenido de aire en la mezcla de concreto también aumenta, siendo más notorio este incremento cuando el ladrillo triturado está seco al aire. Sin embargo, este aire no parece quedar atrapado en la matriz de cemento, sino en el interior del ladrillo, razón por la cual la porosidad de la matriz de cemento no se incrementa y tampoco se observa un efecto en la resistencia a la compresión.
 8. El rango de pesos unitarios de las muestras de concreto fresco, tanto MN y MNS, se reduce hasta un 12% comparadas con el peso unitario de la mezcla patrón, pero no llega ser un concreto ligero.
 9. Debido al nulo control de calidad de los materiales con los que fabrica el ladrillo artesanal, sumado a su proceso de manufactura, la unidad de albañilería final, tiene una gran variabilidad en sus propiedades físicas como mecánicas, las cuales influyen notoriamente en el comportamiento del concreto, tanto en estado fresco como endurecido. Por lo tanto, debe tomarse en cuenta estos factores en los requerimientos de control de calidad del concreto producido con este material, pues la variabilidad que introduce en el concreto es muy alta.

Recomendaciones

1. Estudiar la composición química y el comportamiento reactivo del polvo de ladrillo como sustituto del agregado fino o cementante en el concreto.
2. En esta tesis se realizó el reemplazo del agregado grueso, en todos sus tamaños, desde el tamaño N°4 hasta el valor de 1”, es decir, se reemplazó toda la curva granulométrica del agregado grueso. Sería conveniente realizar una investigación en donde solo se realice el reemplazo de uno o dos tamaños de agregado grueso por ladrillo triturado. De esta manera el aumento del ladrillo triturado en cada incremento de porcentaje de reemplazo, sería menos notorio, y esto puede conducir a una mejora en la cohesión del concreto fresco en reemplazos mayores al 30%.

3. Evaluar el efecto en la temperatura del concreto fresco cuando se incorpora el ladrillo triturado, así como su desempeño en términos de temperatura en estado endurecido.
4. Con el ladrillo en condición seco al aire, la consistencia del concreto fresco fue casi seco. Sin embargo, el mayor contenido de aire presente no disminuye la resistencia. Se propone evaluar el uso del ladrillo en esta condición de humedad con el uso de algún aditivo plastificante.
5. El aire atrapado dentro de los poros internos del ladrillo triturado, puede ayudar a mejorar la característica de durabilidad del concreto. Por lo tanto, se podría profundizar más este tema evaluando condiciones de durabilidad del concreto con ladrillo seco al aire. Se sugiere evaluar los procesos de carbonatación, reactividad álcali-agregado, ataque por sulfatos, absorción y permeabilidad del concreto elaborado con ladrillo triturado.

Bibliografía

- Akash A. (2016). Use of ceramic and plastic waste in concrete. *International Journal of Engineering Research*, 4(3), 331-339.
- ASTM C231 / C231M -2014 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.
- Barranzuela, J. E. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Piura.
- Debieb, F., & Kenai, S. (2008). The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and building materials*, 22(5), 886-893.
- Devenny, A., & Khalaf, F. M. (1999). Use of crushed brick as coarse aggregate in concrete. *Masonry International*, 12(3), 81-84.
- Dhir, R.K., Limbachiya, M.C. y Leelawat, T. (1999). Suitability of recycled concrete aggregate for use in BS 5328 designated mixes. *Proc. Of Civil Engg. Struct.Build*, 134, 257-274.
- Guarín, J. M. (2012). Posibilidades de diseño con el concreto arquitectónico, utilizando agregado grueso de ladrillo triturado reciclado. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- INDECOPI (1999). NTP 339.035 – CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland.
- INDECOPI (1999). NTP 400.017 – AGREGADOS: Método normalizado para determinar el peso unitario del agregado.

- INDECOPI (2001). NTP 334.001 – CEMENTOS: Definición y nomenclatura.
- INDECOPI (2001). NTP 400.012 – AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- INDECOPI (2002) 400.022 – AGREGADOS: Método de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino.
- INDECOPI (2002). NTP 339.185 – AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- INDECOPI (2002). NTP 400.021 – AGREGADOS: Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.
- INDECOPI (2002). NTP 400.021 – AGREGADOS: Método de ensayo para la determinación del peso específico y la absorción del agregado grueso.
- INDECOPI (2007). NTP 339.214 – CONCRETO: Método de ensayo normalizado para resistencias a la compresión en cilindros de concreto elaborados en el lugar en moldes cilíndricos.
- INDECOPI (2008). NTP 339.046– CONCRETO: Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.
- INDECOPI (2008). NTP 400.011 – AGREGADOS: Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
- Kalak, F. S. (2009). Use of crushed bricks as coarse aggregate in concrete. *Tikrit Journal of Engineering Science (TJES)*, 16(3), 64-69.
- López, F. (2008). Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Gijón.
- Mark Alexander, Sidney Mindes, “*Agregates in concrete*”, Taylor & Francis e-Library, Tercera Edición.
- Mas B., Cladera A., del Olmo T., Pitarch F. Influence of the amount of mixed recycled aggregates on the properties of concrete for non-structural use. *Constr. Build. Mater.* 2012;27:612–622.
- Neville A.M., Brooks J.J. (2010). *Concrete Technology* (2^a ed.) New Jersey: Prentice Hall.
- Poon, Chi Sun & Chan, Dixon. (2007). The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling.* 50. 293-305.

- Rivera, G. (2010). Concreto Simple. Universidad del Cauca, 121-153. Rivva, E, (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. (1era. Ed.). Lima: Capítulo Peruano ACI.
- Rojas, Á. V. P. (2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*, 13(26), 116-125.
- Soriano, C. (2010). Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal (Piura).

Anexo A

Curvas granulométricas de los agregados naturales



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL

Norma: NTP 400.012 2001

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

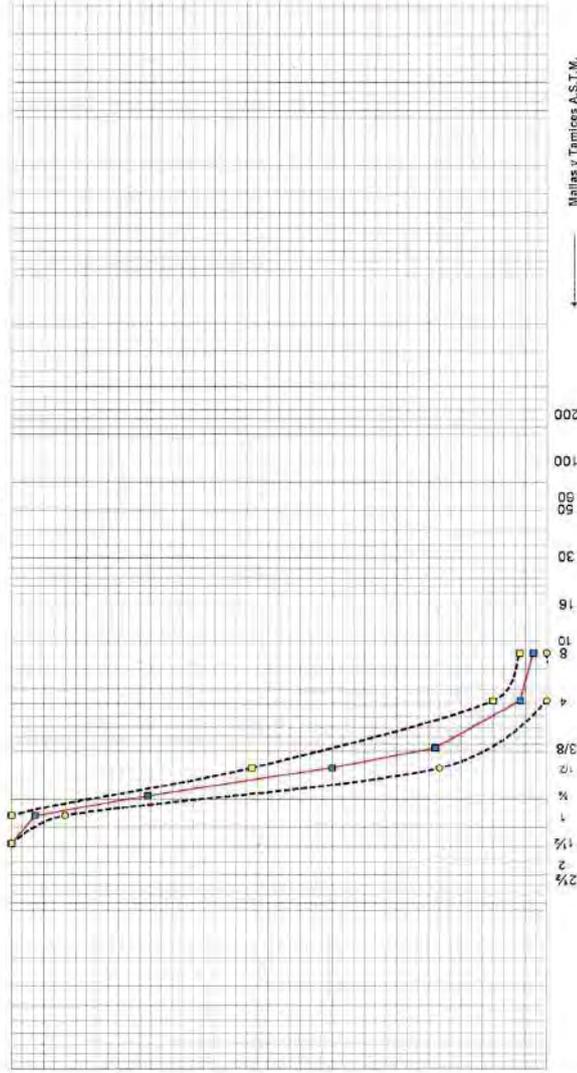
Orden de servicio N° : 17961
 Informe N° : 173254
 Fecha de ensayo : 09/10/2015
 Realizó al ensayo : Téc. Francisco Castro C.

Solicitante : HERBERT ABDEL ROSAS MORETO Ubicación : Piura
 Obra : Uso del laurillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos.
 Procedencia : Agregado grueso de cantera Santa Cruz

Muestreo realizado por : El solicitante

Abertura (mm)	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
63,50	2 1/2"				
50,8	2"				
38,1	1 1/2"	0,0	0,00	0,00	100
25,4	1"	910,0	4,38	4,38	96
19,1	3/4"	4380,0	21,06	25,44	75
12,7	1/2"	7165,0	34,46	59,90	40
9,53	3/8"	4005,0	19,27	79,18	21
4,76	4	3315,0	15,94	95,10	5
2,38	8	498,0	2,39	97,50	3
1,19	16				
0,59	30				
0,297	50				
0,149	100				
0,074	200				
	Fondo	510,0			
	Total	20784,0			
	Peso Inicial	20784,0			
	Pérdida	10,0			

Curva granulométrica



Descripción de la muestra: Agregado grueso de tamaño máximo nominal 1" (25,4 mm)
 Huso granulométrico trazado: N°57 NTP 400.037 - 2002

Superviso el ensayo: Shirley Carrillo S
 Ingeniero Civil
 CIP 79188



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este informe de ensayo con los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ensayo y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

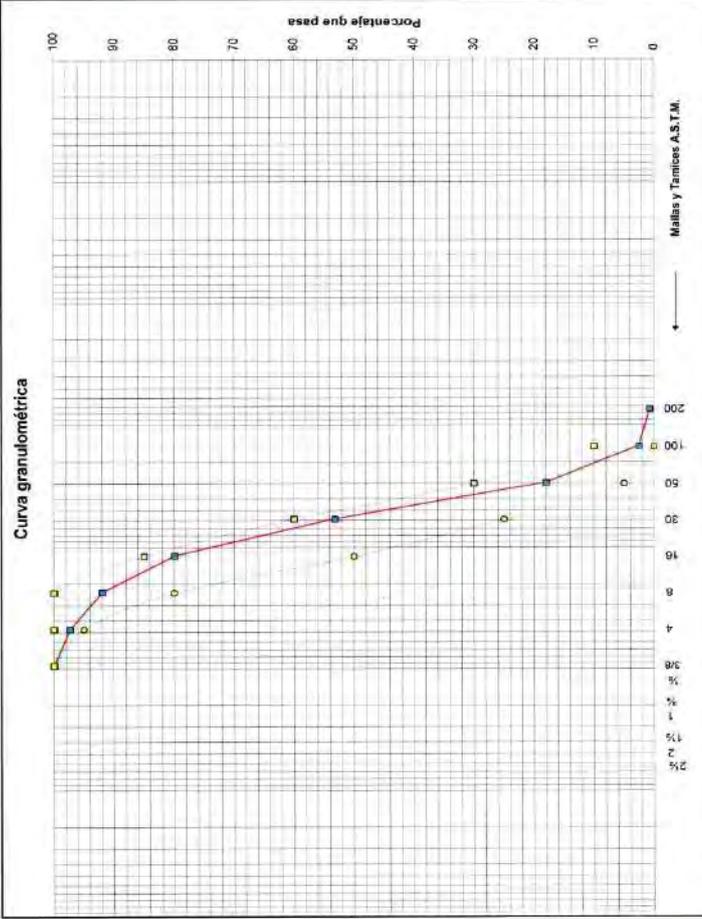
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL
Norma: NTP 400.012 2001

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : HERBERT ABDEL ROSAS MORETO Ubicación : Piura Muestreo realizado por: El solicitante
Obra : Uso del ladrillo de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concretos hidráulicos
Procedencia : Agregado fino procedente de cantera Chulucanas.

Orden de servicio N° : 17951
Informe N° : 173253
Fecha de ensayo : 14/10/2015
Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.

Abertura	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
62,7	2 1/2 "				
50,8	2 "				
38,1	1 1/2 "				
24,4	1 "				
19,1	3/4 "				
12,7	1/2 "				
9,5	3/8 "	0,00	0,00	0,00	100
4,76	4	14,60	2,65	2,65	97
2,38	8	29,80	5,40	8,05	92
1,19	16	86,50	12,06	20,11	80
0,59	30	147,40	26,72	46,83	53
0,297	50	194,10	35,19	82,02	18
0,149	100	85,60	15,52	97,53	2
0,074	200	9,60	1,74	99,27	1
	Fondo	3,70	0,67		
	Total	551,30			
	Peso inicial	551,60			
	Pérdida	0,30			



Descripción de la muestra: Agregado fino, procedente cantera Chulucanas. Módulo de finura 2.8
Huso trazado: NTP 400.037-2002, tabla N° 2



Superviso el ensayo: Shirley Carrillo S
Ingeniero Civil
CIP 79168

EL LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo con los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo B

Diseño de mezcla para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

DOSIFICACIÓN DE CONCRETO

Solicitante: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO

Orden de servicio N°: 17981

Informe N°: 173255

Fecha de emisión: 11/10/2017

Obra: USO DEL LADRILLO DE ARCILLA CON EXCESO DE COCCION CON AGREGADO GRUESO EN CONCRETOS HIDRAULICOS

Ubicación: PIURA

PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza	2.60	-
TMN (pulg.)	-	1"
Peso unitario suelto en stock(kg/m ³)	1516	1640
Peso unitario varillado en stock(kg/m ³)	1614	1768
Gravedad específica (SSS)	2.60	2.71
Capacidad de absorción (%)	1.67%	0.92%
Humedad total (%)	0.36%	0.41%

DOSIFICACIÓN

a/c (especificada):	0.52
Desviación estándar:	----- No especificada
Edad especificada (días):	28

	Tipo	Procedencia	Cantidades en peso en stock para 1m ³ de concreto	Unidades	Proporción de mezcla en volumen (estado suelto)
Cemento	Tipo I	PACASMAYO	375	kg	1
Agregado fino	Arena	Cantera Chulucanas	561	kg	1.48
Agregado grueso	Piedra	Cantera Santa Cruz	1220	kg	2.98
Agua	Potable	--	209	kg	--
Fibra	Fibra	--	-	kg	--
Aditivo 2	Aditivo	--	-	kg	--
Relación agua cemento	--	--	0.52	--	--
Slump	--	--	150 a 200	mm	--
Factor cemento	--	--	8.82	bls/m ³	--

Observaciones:

Técnico encargado: Francisco Castro Cruz
Supervisor: Ing. Shirley Carrillo Siancas

Shirley Carrillo Siancas
Ingeniera Civil
CIP 7916
Responsable



Anexo C

Caracterización del ladrillo triturado

**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y
PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS**

Norma: NTP 400.015 2002

Objetivo	: Ensayos físicos de agregados
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El tesista
Muestra	: Ladrillo triturado
Procedencia	: Ladrilleras artesanales de La Encantada

RESULTADOS:

Abertura de tamiz (pulg.)	Gradación de la muestra original (%)	Peso de las fracciones de ensayo antes de la prueba	Peso de las fracciones de ensayo después de la prueba	Porcentaje ponderado en peso de grumos de arcillas y partículas friables
2 1/2" - 1 1/2"				
1 1/2" - 3/4"	26.75	3211.60	3202.10	0.08
3/4" - 3/8"	56.49	2128.70	2121.60	0.19
3/8" - N°4	16.76	1264.80	1260.00	0.06
			Total	0.3

Observaciones:

--

Realizó el ensayo

: Tesista Herbert Rosas Moreto

Presenció el ensayo

: Téc. Francisco Castro C.

**MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (0.075 mm)
 POR LAVADO EN AGREGADOS
 Norma: NTP 400.018 2002**

EL TESISTA DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Objetivo	: Ensayos físicos de agregados
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El tesista
Muestra	: Ladrillo triturado
Procedencia	: Ladrilleras artesanales de La Encantada

RESULTADOS:

Peso inicial (g)	Peso final (g)	Material que pasa tamiz N° 200 (%)
5000.5	4987.5	0.26

Observaciones:

Lavado con agua

Realizó el ensayo

:Tesista Herbert Rosas Moreto

Presenció el ensayo

: Téc. Francisco Castro C.

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS
DE TAMAÑOS PEQUEÑOS POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES**

Norma: NTP 400.019 1977

EL TESISTA DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Objetivo del ensayo	: Caracterización del ladrillo triturado
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El tesista
Muestra	: ladrillo triturado
Procedencia	: Ladrilleras artesanales de La Encantada

RESULTADOS:

ESCALONADO DE MUESTRA DE PRUEBA		
Abertura de tamiz que pasa (pulg.)	Abertura de tamiz en que es retenido (pulg.)	Peso entre los tamices indicados (g)
1 1/2	1	1250
1	3/4	1250
3/4	1/2	1250
1/2	3/8	1250
	Total	5000

Consideraciones:

Gradación de la muestra de prueba:	A
Número de esferas:	12
Número total de revoluciones	500
Peso de muestra antes de ensayo (g)	5000
Peso de muestra después de ensayo (g)	3150
Porcentaje de abrasión	37

Realizó el ensayo : Tesista Herbert Rosas Moreto
Presenció el ensayo : Téc. Francisco Castro Cruz

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Norma: NTP 400.021 2002

EL TESISTA DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Objetivo	: Ensayos físicos de agregados
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El tesista
Muestra	: Ladrillo triturado
Procedencia	: Ladrilleras artesanales de La Encantada

RESULTADOS:

Muestra	Peso específico de masa (g/cm ³)	Peso específico de masa saturado con superficie seca (g/cm ³)	Peso específico aparente (g/cm ³)	Absorción (%)
M-1	1.58	1.75	1.90	10.34
M-2	1.59	1.76	1.91	10.41
Promedio	1.59	1.75	1.90	10.37

Observaciones:

--

Realizó el ensayo

: Herbert Rosas Moreto

Presenció el ensayo

: Téc. Francisco Castro
C.

Anexo D

Resultados de los ensayos a compresión



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173262

Fecha de ensayo : 01/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Mezcla Patrón
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 03/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
MP 01	03/11/15	01/12/15	28	15.2	44213	244	-
MP 02	03/11/15	01/12/15	28	15.2	44095	243	-
MP 03	03/11/15	01/12/15	28	15.2	42293	233	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrucci
Ingeniero Civil
CIP 43012
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173263

Fecha de ensayo : 03/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 05/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 01 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	41315	228	-
P 02 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	45156	249	-
P 03 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	43802	241	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrozzi
Ingeniero Civil
CIP/465125
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173264

Fecha de ensayo : 03/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 05/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 04 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	47000	259	-
P 05 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	46009	254	-
P 06 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	46398	256	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrozzi
Ingeniero Civil
CIP 48648
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173265

Fecha de ensayo : 03/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 05/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 07 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	43521	240	-
P 08 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	42669	235	-
P 09 - 20% - MS	05/11/15	03/12/15	28	15.2	43095	237	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrucci
Ingeniero Civil
CIP 40000 DE MATERIALES DE CONST.
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173266
Fecha de ensayo : 07/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 09/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 10 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	47538	262	-
P 11 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	46235	255	-
P 12 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	47306	261	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Pérez
Ingeniero Civil
CIP 46552
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173267

Fecha de ensayo : 07/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 09/11/2015

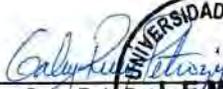
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 13 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	51817	286	-
P 14 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	50590	279	-
P 15 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	50255	277	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrucci
Ingeniero Civil
CIP 46910
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173268

Fecha de ensayo : 07/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 09/11/2015

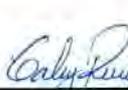
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 16 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	52782	291	-
P 17 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	54487	300	-
P 18 - 20% - MNS	09/11/15	07/12/15	28	15.2	53575	295	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Estroza
Ingeniero Civil
CIP 46912
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173269

Fecha de ensayo : 10/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 19 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	39596	218	-
P 20 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	41230	227	-
P 21 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	41633	229	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Remuzzi
Ingeniero Civil
CIP 402812
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173270

Fecha de ensayo : 10/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F°c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

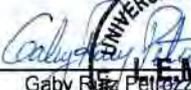
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 22 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	50897	280	-
P 23 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	49484	273	-
P 24 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	47869	264	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruz Petros
Ingeniero Civil
CIP 46822
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173271

Fecha de ensayo : 10/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 25 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	44669	246	-
P 26 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	43390	239	-
P 27 - 30% - MS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	44195	244	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Pelto
Ingeniero Civil
CIP 40552
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458

Informe N° : 173272

Fecha de ensayo : 10/12/2015

Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 28 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	51807	286	-
P 29 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	55054	303	-
P 30 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	56786	313	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.

Gaby Ruiz Petricci
Gaby Ruiz Petricci
Ingeniero Civil
CIP 46802
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173273

Fecha de ensayo : 10/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 31 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	56100	309	-
P 32 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	58521	323	-
P 33 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	57372	316	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.

Gaby Ruiz Petz
Gaby Ruiz Petz
Ingeniero Civil
CIP 469
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173274

Fecha de ensayo : 10/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras No Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 12/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 34 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	49533	273	-
P 35 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	55679	307	-
P 36 - 30% - MNS	12/11/15	10/12/15	28	15.2	54169	299	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Rúa Petrozzi
Ingeniero Civil
CIP 46547
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173275

Fecha de ensayo : 15/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 17/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 37 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	37374	206	-
P 38 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	39941	220	-
P 39 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	42029	232	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.

Gaby Ruiz P.
Ingeniero Civil
CIP 44012
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173276

Fecha de ensayo : 15/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 17/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 40 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	48485	267	-
P 41 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	46054	254	-
P 42 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	45331	250	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Petrozzi
Ingeniero Civil
CIP 4691
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173277

Fecha de ensayo : 15/12/2015

Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 17/11/2015

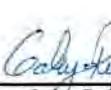
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 43 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	47537	262	-
P 44 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	47332	261	-
P 45 - 40% - MS	17/11/15	15/12/15	28	15.2	46703	257	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada. Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante. Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes. La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


 Gaby Ruiz Perdomo
 Ingeniero Civil
 CIP 48302
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173278

Fecha de ensayo : 18/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 23/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 46 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	38801	214	-
P 47 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	39328	217	-
P 48 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	38881	214	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruiz Perrozzini
Ingeniero Civil
CIP 46547
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173279

Fecha de ensayo : 18/12/2015

Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 23/11/2015

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 49 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	34705	191	-
P 50 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	34852	192	-
P 51 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	42666	235	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.

Gaby R. P. Rodríguez
Gaby R. P. Rodríguez
Ingeniero Civil
CIP 46992
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 20458 Informe N° : 173280

Fecha de ensayo : 18/12/2015
Fecha de emisión : 11/10/2017

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: HERBERT ABDIEL ROSAS MORETO
Tesis	: Uso de ladrillos de arcilla con exceso de cocción como agregado grueso en concreto hidráulico
Ubicación	: LEMC - UDEP
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Especímenes de concreto de 15 x 30 Cm / Muestras Saturadas
F'c	: -
Fecha de moldeo	: 23/11/2015

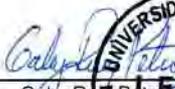
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
P 52 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	45845	253	-
P 53 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	36918	203	-
P 54 - 50% - MS	23/11/15	18/12/15	25	15.2	32491	179	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.


Gaby Ruth Pérez
Ingeniero Civil
CIP 45202
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.