



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS
ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y
CONCRETO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Kevin Alberto Nuñez Ruiz

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Miguel Ángel Mosqueira Moreno, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Nuñez Ruiz Kevin Alberto

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Kevin Alberto Nuñez Ruiz, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados con arcilla y concreto.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Ing. Gerson Neri Quispe Rodríguez
Jurado
Secretario

Ing. Gabriel Cachi Cerna
Jurado
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo el amor y cariño a mi familia quienes con su sacrificio y esfuerzo me facilitaron el poder estudiar una carrera que me gusta y que me servirá en el futuro, fueron un gran apoyo en todo momento durante los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Facultad de Ingeniería y carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, por el deseo de transmitir sus conocimientos profesionales como personales, por sobre todo por formar parte importante en mi formación.

Al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, quien fue un gran apoyo personal y para la que la carrera siga creciendo fructuosamente.

Al mi asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por el apoyo otorgado, la confianza y la dedicación para mostrarme las herramientas necesarias para la culminación de este trabajo.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	29
2.2. Población y muestra	29
2.2.1. Población	29
2.2.2. Muestra	29
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	30
2.3.1. Métodos	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS	55
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	68
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	26
Tabla 2. Requisitos de resistencia y absorción.	27
Tabla 3. Tipificación de Investigación.	29
Tabla 4. Número total de muestras por cada ensayo.	29
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de investigación.	31
Tabla 6. Técnicas de recolección de datos para los diferentes ensayos a realizar.	48
Tabla 7. Cálculo de la variación dimensional promedio en ladrillos de arcilla.	55
Tabla 8. Cálculo de la variación dimensional promedio en ladrillos de concreto.	55
Tabla 9. Resultados de las medidas del alabeo en ladrillos de arcilla.	56
Tabla 10. Resultados de las medidas del alabeo en ladrillos de concreto.	57
Tabla 11. Cálculo de la absorción promedio en ladrillos de arcilla.	59
Tabla 12. Cálculo de la absorción promedio en ladrillos de concreto.	59
Tabla 13. Cálculo de la succión promedio en ladrillos de arcilla.	60
Tabla 14. Cálculo de la succión promedio en ladrillos de concreto.	60
Tabla 15. Cálculo de la resistencia a compresión promedio en ladrillos de arcilla.	61
Tabla 16. Cálculo de la resistencia a compresión promedio en ladrillos de concreto.	62
Tabla 17. Datos acumulados de las muestras realizadas con ladrillos de arcilla.	78
Tabla 18. Datos acumulados de las muestras realizadas con ladrillos de concreto.	78
Tabla 19. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA1.	79
Tabla 20. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA2.	80
Tabla 21. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA3.	81
Tabla 22. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA4.	82

Tabla 23. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA5.....	83
Tabla 24. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA6.....	84
Tabla 25. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA7.....	85
Tabla 26. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA8.....	86
Tabla 27. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA9.....	87
Tabla 28. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA10.....	88
Tabla 29. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC1.....	89
Tabla 30. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC2.....	90
Tabla 31. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC3.....	91
Tabla 32. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC4.....	92
Tabla 33. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC5.....	93
Tabla 34. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC6.....	94
Tabla 35. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC7.....	95
Tabla 36. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC8.....	96
Tabla 37. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC9.....	97
Tabla 38. Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC10.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ladrillos de arcilla.....	20
Figura 2. Ladrillos de concreto.....	21
Figura 3. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para variación dimensional....	32
Figura 4. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para alabeo.....	33
Figura 5. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para absorción.....	34
Figura 6. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para succión.	35
Figura 7. Protocolo de laboratorio para obtención de datos de la resistencia a compresión.	36
Figura 8. Variación dimensional.	38
Figura 9. Cuñas usadas para medir la concavidad y convexidad en alabeo.	41
Figura 10. Medición del alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería....	41
Figura 11. Medición del alabeo en un ladrillo artesanal.....	42
Figura 12. Disposición para el ensayo de succión.	45
Figura 13. Curvas normalizadas esfuerzo de compresión ($f'b$) vs deformación unitaria de unidades ensayadas en compresión.	47
Figura 14. Ensayo de compresión en una unidad de arcilla.	47
Figura 15. Ubicación de ladrillera El Cerrillo.	48
Figura 16. Ubicación de ladrillera Inciso Pajares Hnos. S.R.L.	49
Figura 17. Medición de la variación dimensional.	50
Figura 18. Medición del alabeo.	51
Figura 19. Ladrillos sumergidos por 24 horas luego de haber sido pesados.	52
Figura 20. Ladrillo usado para ensayo de succión.....	53
Figura 21. Ladrillo de concreto en la máquina a compresión.	54

Figura 22. Valores promedio de las unidades de albañilería, según el tipo de ladrillo.	55
Figura 23. Valores de las variaciones dimensionales de las unidades de albañilería.	56
Figura 24. Valores máximos de alabeo, según el tipo de ladrillo.	57
Figura 25. Variación de la concavidad entre ambos ladrillos.	58
Figura 26. Variación de la convexidad entre ambos ladrillos.	58
Figura 27. Valores promedio de absorción, según el tipo de ladrillo.	59
Figura 28. Valores de succión, según el tipo de ladrillo.	60
Figura 29. Diagrama de esfuerzo-deformación del promedio de los ladrillos de arcilla.	61
Figura 30. Diagrama de esfuerzo-deformación del promedio de los ladrillos de concreto.	62
Figura 31. Valores de la resistencia a compresión de ladrillos de arcilla y concreto.	63
Figura 32. Acarreo del ladrillo de concreto para ser trasladado al campus UPNC.	71
Figura 33. Almacén de ladrillos de concreto.	71
Figura 34. Acarreo del ladrillo de arcilla para ser trasladado al campus UPNC.	71
Figura 35. Situándonos junto a la máquina de compresión axial.	72
Figura 36. Anotando las lecturas medidas en el vernier.	72
Figura 37. Usando el vernier para sacar medidas de las caras de los ladrillos.	72
Figura 38. Introduciendo un ladrillo de arcilla al horno para realizar ensayos.	73
Figura 39. Pesando ladrillos antes de meterlos en el horno.	73
Figura 40. Pesando un ladrillo de concreto luego de haber sido sumergido por 24 horas.	74
Figura 41. Pesando un ladrillo de arcilla luego de haber sido sumergido por 24 horas.	74
Figura 42. Ladrillo usado para ensayo de succión.	74
Figura 43. Refrentado de ladrillos con yeso para ser ensayados a compresión.	75
Figura 44. Realizando el ensayo de alabeo.	75
Figura 45. Ladrillos sumergidos en agua por 24 horas para el ensayo de absorción.	75

Figura 46. Midiendo la altura de la lámina de agua en el ensayo de succión.....	76
Figura 47. Apuntando la deformidad en el ensayo a compresión.	76
Figura 48. Muestra de ladrillo de concreto a ensayar.....	77
Figura 49. Ladrillo ensayado a compresión.....	77
Figura 50. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA1.	79
Figura 51. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA2.	80
Figura 52. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA3.	81
Figura 53. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA4.	82
Figura 54. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA5.	83
Figura 55. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA6.	84
Figura 56. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA7.	85
Figura 57. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA8.	86
Figura 58. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA9.	87
Figura 59. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA10.	88
Figura 60. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC1.....	89
Figura 61. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC2.....	90
Figura 62. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC3.....	91
Figura 63. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC4.....	92
Figura 64. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC5.....	93
Figura 65. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC6.....	94
Figura 66. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC7.....	95
Figura 67. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC8.....	96
Figura 68. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC9.....	97
Figura 69. Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC10.....	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la variación dimensional.....	39
Ecuación 2. Cálculo del promedio de la altura.....	39
Ecuación 3. Cálculo de la absorción.....	43
Ecuación 4. Cálculo de la succión.....	45
Ecuación 5. Resistencia a compresión.....	46

RESUMEN

En la siguiente investigación, se compararon las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto, para la realización de esta investigación se usaron las siguientes normativas, Norma E.070 Albañilería, NTP 331.017, NTP 399.613, NTP 399.604 y NTP 399.601 para poder realizar esta investigación. Se realizaron los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, succión y resistencia a compresión. En los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes resultados: para variación dimensional en ladrillos de arcilla se tuvo una variación de $L = +8.36\%$, $H = +14.85\%$ y $A = +3.51\%$, en ladrillos de concreto de $L = +8.36\%$, $H = +2.43\%$ y $A = +6.18\%$; alabeo se obtuvo una concavidad y convexidad menor a 2mm para ambos casos; absorción fue de 12.66% para ladrillos de arcilla y 10.24% en ladrillos de concreto; succión en ladrillos de arcilla fue de 90.85 gr/200cm²/min para ladrillos de arcilla y 24.48 gr/200cm²/min para ladrillos de concreto; resistencia a compresión en ladrillos de arcilla 63.01 kg/cm² y 45.68 kg/cm² para ladrillos de concreto. Se concluyó que los ladrillos de concreto presentaron mejoras en todas las propiedades físico mecánicas, excepto en la resistencia a compresión.

Palabras clave: ladrillos, arcilla y concreto.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el Perú, las edificaciones que más predominan son las construcciones de albañilería. En estas edificaciones, las fuerzas sísmicas son resistidas en su mayoría por los muros estructurales que generalmente se construyen con albañilería (Altamirano, 2012).

Hasta antes de 1970, los edificios de albañilería se construían sin las precauciones necesarias, por lo que generalmente sufrían serios daños estructurales cuando ocurrían los sismos, llegando a colapsar ante los terremotos (San Bartolomé, 1994).

Sin embargo, ni siquiera los fabricantes de ladrillos de arcilla elaborados de manera artesanal saben las propiedades estructurales de sus productos dejando mucho que desear. Debido a la falta de conocimientos técnicos, solo se dedican a fabricar unidades y en muchos casos no se interesan por las características físicas y mecánicas de ellos (Altamirano, 2012).

En Colombia al igual, que en el Perú, la mayoría de las estructuras fueron construidas sin tener como base una normatividad que brindara los parámetros necesarios para hacer de ellas construcciones resistentes a los movimientos telúricos, motivo por el cual a lo largo de la historia se han registrado innumerables pérdidas de vidas humanas y de materiales difícilmente cuantificables (Carvajalino Gentil & Hernández Pallares, 2014).

De lo anterior referido, podemos inferir que en Cajamarca y en la mayoría de las ciudades de la sierra norte del país, las edificaciones son construidas bajo el sistema de albañilería confinada, las edificaciones cajamarquinas en su mayoría son realizadas usando ladrillos artesanales y a su vez estos no siempre cumplen con las condiciones mínimas descritas según la normativa respectiva. Debido a esto es necesario tener conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con diferentes materiales (arcilla y concreto), mediante un control de calidad y ensayos para corroborar lo estipulado en las normas peruanas.

A su vez, algunas investigaciones internacionales, nacionales y locales, nos sirven de antecedentes teóricos para la investigación, entre las cuales podemos mencionar:

- Carvajalino & Hernández (2014), en su investigación titulada “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques H-10 utilizados en el Municipio de Ocaña”, el objetivo principal es Determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques H-10 producidos y comercializados en el municipio de Ocaña. La realización de la investigación se detalla: Toma de datos de las muestras, caracterización de las muestras, diseño y dosificación del mortero de pega a utilizar, fabricación de los muros y pilas de mampostería con las especificaciones indicadas, elaboración de los distintos ensayos cumpliendo con las Normas Técnicas Colombianas, la norma Sismorresistente del 2010 y teniendo como referencia otras investigaciones concernientes al tema estudiado, generación de archivos, revisión y depuración de la información, análisis estadístico y comparación de resultados. La conclusión es Al analizar los resultados obtenidos en todos los ensayos realizados para determinar las

propiedades físico-mecánicas de los bloques H-10 producidos y comercializados en la ciudad de Ocaña mediante conceptos estadísticos, se puede concluir que los datos son confiables, pues no presentan dispersiones importantes entre ellos, lo que genera homogeneidad en los resultados, pues los coeficientes de variación hallados en los ensayos son pequeños.

- Caycho (2009), en su investigación titulada “Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica”, el objetivo principal es realizar la evaluación de una técnica que permita el control de la trituración de ladrillos huecos de arcilla. La realización de la investigación se detalla: Este ensayo consiste en someter a los muros a un desplazamiento conocido en ambos sentidos, que se va incrementando gradualmente mediante una fuerza aplicada. Este ensayo se realiza en fases, cada fase está conformada por varios ciclos con un desplazamiento máximo constante; al terminar una fase y pasar a una nueva se incrementa el desplazamiento máximo. La conclusión es De acuerdo a los resultados obtenidos, la carga lateral aumenta a medida que los muros se encuentran dentro del comportamiento elástico, esto sucede mientras no se fisuren o no superen la resistencia de tracción por flexión, asociada a la primera fisura visible en los ensayos. Para el muro tradicional, esta se presentó en la tercera fase y para el muro reforzado en la segunda fase. A partir de este momento la carga lateral aumenta hasta alcanzar la resistencia máxima y a partir de ese punto decrece. Al mismo tiempo se aprecia que luego de la fisuración de los muros, la degradación de la rigidez es considerable, siendo en el caso del muro reforzado menor el porcentaje de degradación en comparación con

el muro tradicional. Por lo tanto, en esta primera comparación, el refuerzo resultó ser una buena alternativa para controlar la degradación de rigidez y resistencia.

- Barranzuela (2014), en su investigación titulada “Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura”, el objetivo principal se centra en conocer la producción de ladrillos que se lleva a cabo en esa región, visitando las ladrilleras más importantes de la zona y recogiendo muestras de cada una de ellas para analizar sus propiedades físicas y mecánicas. La realización de la investigación se detalla: Para la realización de los ensayos, se han seleccionado unidades enteras representativas de un determinado lote como está especificado en la Norma Técnica Peruana, La norma indica los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso en albañilería estructural y no estructural, estableciendo los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, módulo de rotura, absorción máxima, coeficiente de saturación, succión y eflorescencia de los ladrillos de arcilla usados en albañilería. La conclusión nos indica que las variaciones que se han identificado en el proceso de producción artesanal no son determinantes en la resistencia a la compresión, pues los resultados obtenidos son bajos. De acuerdo a los resultados del presente estudio, no se ve una clara influencia de los distintos modos de cocción sobre los resultados. Aunque se ve que los procesos previos de selección y preparación de la materia prima son importantes. Por teoría se tiene que el proceso de compactación influye en los resultados obtenidos en el ensayo de succión, dependiendo si es artesanal o semiindustrial. Debería haber diferencia en los resultados de ambos tipos, pero no la

hay. De esto se deduce que el proceso de compactación no es suficientemente eficiente para garantizar una mejora en la succión.

- Astopilco (2015), en su investigación titulada “Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca 2015”, el objetivo principal es Determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de ladrillos de concreto y las elaboradas con residuos plásticos de PVC. La realización de esta investigación se detalla: elaboración de los ensayos a los materiales tales como el análisis granulométrico para agregados gruesos y finos, el contenido de humedad, peso unitario y peso específico. Luego se procedió a los ensayos en los ladrillos realizando el análisis dimensional, succión, absorción, resistencia a compresión, alabeo y módulo de rotura. La conclusión nos indica que las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillo de concreto elaborados con residuos plásticos de PVC se incrementan, excepto la resistencia a compresión. Para el ensayo de variación de dimensiones es mínima, en alabeo un promedio de 0 – 2.5 mm, en succión los ladrillos con porcentajes de PVC tienen menor capacidad de succión de agua con un valor promedio de 15.54 gr para ladrillos con 50% de PVC y 14.02 gr para ladrillos con 100% de PVC, para el ensayo de absorción los ladrillos con porcentajes de PVC presentan menor capacidad de absorber agua, con un valor promedio de 7.89% para ladrillos con 50% de PVC y 6.85% para ladrillos con 100% de PVC, para el ensayo de módulo de rotura (ensayo de flexión) los ladrillos con 50% de PVC presentan mayor capacidad de resistencia a flexión con un valor promedio de 142.06 cm² y finalmente para el ensayo de resistencia a la compresión los ladrillos con porcentajes de PVC, presentan baja resistencia a

compresión frente a ladrillos sin porcentajes de PVC con un valor promedio de 223.99 kg/cm², el cual cumple con el diseño de mezclas para un concreto de $f'c = 210$ kg/cm².

- Gonzales (2016), en su investigación titulada “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con incorporación de PET en diferentes porcentajes”, el objetivo principal es Comparar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de PET al 0%, 5%, 10% y 15%. La realización de esta investigación se detalla: Se realizó el muestreo a la cantera seleccionada, que es de donde se obtuvo los agregados para la elaboración de los ladrillos de concreto con y sin incorporación de PET, se realizaron los ensayos en laboratorio de concreto para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que se usaron para la elaboración de los ladrillos. Se realizó el molido de las botellas de PET en un molino, para poder triturarlo y tenerlo listo para su respectiva incorporación en la elaboración de los ladrillos, luego se elaboraron los ladrillos de concreto con la incorporación de PET reciclado al 0%, 5%, 10% y 15% de proporciones en volumen, también se realizaron los ensayos correspondientes en laboratorio para determinar la variación en las propiedades físicas y mecánicas para cada tipo de ladrillo y finalmente realizar una clasificación de los ladrillos según norma E.070 de albañilería y por último los ensayos correspondientes a la resistencia de los ladrillos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de haber sido elaborados. La conclusión nos indica que se cumplió parcialmente la hipótesis, debido a que solo se incrementó las propiedades de succión y absorción de los ladrillos con incorporación de PET.

Entre las bases teóricas que permitieron realizar esta tesis, se detallará a continuación:

• **Unidades de albañilería.**

Unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería.

Se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento Portland y la mezcla de sílice y cal son las principales (Gallegos & Casabonne, 2005).

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, estas son denominadas ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos (San Bartolomé, 1994).

- **Ladrillos de arcilla.**



Figura 1. Ladrillos de arcilla.

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos. Se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos. También se produce, aunque en menor proporción, bloques de cerámica (Gallegos & Casabonne, 2005).

La Norma Técnica Peruana (de ahora en adelante NTP) 331.017 (2015) denomina al ladrillo como la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquistos arcillosos, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).

- **Ladrillos de concreto.**



Figura 2. Ladrillos de concreto.

Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento Portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano (INACAL, NTP 399.601, 2015).

Las unidades de concreto pueden ser ladrillos y bloques. Se producen en los tipos sólido y hueco. El formado de las unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas (Gallegos & Casabonne, 2005).

La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo-agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine (San Bartolomé, 1994).

• **Características generales de los ladrillos.**

El ladrillo está destinado principalmente a la construcción de muros, tabiques, suelos, etc., por lo que debe ser invulnerable a los efectos de la intemperie, y poseer suficiente resistencia a la compresión (Barranzuela Lescano, 2014).

Del Río (1975), Gallegos (2005) y Moreno (1981) y Somayaji (2001), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Estas unidades pueden ser artesanales (ladrillos) o industriales (ladrillos y bloques), con un tono gris verdoso, aunque puede agregarse pigmentos que varíen su color. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos, y su peso puede aligerarse empleando piedra pómez como agregado (San Bartolomé, 1994).

Según la NTP 331.017 (2015), los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo-agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine (San Bartolomé, 1994).

• **Propiedades de los ladrillos.**

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería (Gallegos & Casabonne, 2005).

Algunas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos & Casabonne, 2005):

Relacionadas con la resistencia estructural:

- Resistencia a la compresión: Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión (Barranzuela Lescano, 2014).
- Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Textura de la cara del asiento (Gallegos & Casabonne, 2005).

Relacionadas con la durabilidad:

- Absorción: Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido (Barranzuela Lescano, 2014).
- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas (Barranzuela Lescano, 2014).
- Absorción máxima (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Coeficiente de saturación (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños (Barranzuela Lescano, 2014).

- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica (Barranzuela Lescano, 2014).

• Clasificación de los ladrillos.

La clasificación de las unidades de albañilería se hace con el propósito de racionalizar su aplicación. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Las bases de la clasificación deben ser las propiedades estructurales y de durabilidad. Dada la enorme variedad de unidades que existe y las diferencias de demandas para satisfacer condiciones locales, no es posible sugerir procedimientos generales que sean aplicables a todas las circunstancias. (Gallegos & Casabonne, 2005)

- Para ladrillos de arcilla.

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma Técnica E.070 Albañilería, clasifica al ladrillo en cinco tipos:

- Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas (INACAL, NTP 331.017, 2015).
- Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas (INACAL, NTP 331.017, 2015).
- Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general (INACAL, NTP 331.017, 2015).

- Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas (INACAL, NTP 331.017, 2015).
- Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas (INACAL, NTP 331.017, 2015).

Tabla 1. *Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

Fuente: NT E.070, 2006.

- Para ladrillos de concreto.

Los ladrillos de concreto elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los cuatro tipos, tal como sigue: (INACAL, NTP 399.601, 2015).

- Tipo 24: Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío (INACAL, NTP 399.601, 2015).

- Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad (INACAL, NTP 399.601, 2015).
- Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión (INACAL, NTP 399.601, 2015).
- Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión (INACAL, NTP 399.601, 2015).

Tabla 2. *Requisitos de resistencia y absorción.*

	Resistencia a la compresión, mín., MPa, respecto al área bruta promedio	Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
24	24	21
17	17	14
14	14	10
10	10	8

Fuente: NTP 399.601, 2015.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál de los ladrillos artesanales fabricados con arcilla o concreto presenta mejores propiedades físicas y mecánicas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar propiedades físicas y mecánicas: alabeo, absorción, resistencia a compresión, succión y variación dimensional de los ladrillos de arcilla.
- Determinar propiedades físicas y mecánicas: alabeo, absorción, resistencia a compresión, succión y variación dimensional de los ladrillos de concreto.

1.4. Hipótesis

El ladrillo de concreto incrementa las propiedades físicas y mecánicas que el ladrillo de arcilla.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación presenta la siguiente tipificación:

Tabla 3. *Tipificación de Investigación.*

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	: Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	: Cuantitativa
Objetivos	: Descriptiva
Fuente de datos	: Primaria
Control en el diseño de la prueba	: No experimental
Temporalidad	: Transversal

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población del estudio son los ladrillos de arcilla y concreto de las ladrilleras: El Cerrillo e Inciso Pajares Hermanos S.R.L. respectivamente.

2.2.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia. Para cual en cada ensayo se tomó más unidades de lo estipulado por la Norma Técnica 331.017, 399.613 y 399.604, el cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Número total de muestras por cada ensayo.*

ENSAYO	LADRILLOS ARTESANALES	
	Arcilla	Concreto
Variación dimensional	10	10
Alabeo	10	10
Absorción	5	5
Succión	5	5
Resistencia a compresión	10	10

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

En esta investigación se emplearon los siguientes recursos:

Humanos

- El tesista
- Técnico laboratorista
- Asesor

Materiales

- Balanza electrónica
- Yeso
- Regla graduada

Instrumentos

- Vernier
- Amoladora
- Máquina de compresión Forney
- Cuñas de acero
- Horno de secado
- Cronometro

2.3.1. Métodos

En base a la investigación descriptiva, se compararon las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes materiales y ladrilleras mediante:

- Observación: Se evaluaron los diferentes tipos de ladrillos, entre estos se eligieron ladrillos de arcilla y concreto.

- Ensayos:
 - Se realizaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos con el fin de determinar las propiedades físicas a los ladrillos de arcilla y concreto.
 - Se realizaron ensayos para las unidades de albañilería con el fin de determinar las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos entre los ensayos comprenden: resistencia a la compresión, variación dimensional, succión, absorción y alabeo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Se utilizaron protocolos para la recolección y análisis de datos que fueron obtenidos en Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte, siguiendo las normas y protocolos aprobados por la carrera de Ingeniería Civil y la Universidad Privada del Norte, para al momento en que se realizaron los ensayos y la observación para ver y describir los procesos u fases que sufrieron los objetos de análisis.

Tabla 5
Técnicas e instrumentos de investigación.

Técnicas	Instrumentos	Instrumentos de Registro
	Guía de Observación	Papel, lápiz y cámara fotográfica
Observación Directa	Ficha de Reportes	Formatos de Fichas
	Protocolos de Ensayos	Formatos de Protocolos

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO	ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019 y NTP 399.604		CMF-LC-UPNC:
	PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO		
LADRILLERA:		TAMAÑO DE MUESTRA:		
UBICACIÓN:		ESPECIMEN:		
FECHA DE ENSAYO:		RESPONSABLE:		
TIEMPO DE ENSAYO:		REVISADO POR:		

Especimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
Promedio	Cóncavo			
	convexo			

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
FECHA	FECHA:	FECHA:

Figura 4. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para alabeo.

En este protocolo se anotarán las mediciones obtenidas de la concavidad y convexidad que presentan los ladrillos para luego ser procesados y obtener el alabeo de cada espécimen.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019 y NTP 399.604		CMF-LC-UPNC:
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO		
LADRILLERA:		TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:		ESPECÍMEN:	
FECHA DE ENSAYO:		RESPONSABLE:	
TIEMPO DE ENSAYO:		REVISADO POR:	
MUESTRA 1			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
MUESTRA 2			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
MUESTRA 3			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
MUESTRA 4			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
MUESTRA 5			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
OBSERVACIONES:			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
FECHA		FECHA:	

ENCABEZADO

TABLAS DE DATOS OBTENIDOS

PIE DE PÁGINA

Figura 5. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para absorción.

En este protocolo se anotarán los pesos seco y húmedo obtenidos para luego ser procesados y obtener la absorción de cada espécimen.

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO	SUCCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019 y NTP 399.604		CMF-LC-UPNC:
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO		
LADRILLERA:		TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:		ESPECÍMEN:	
FECHA DE ENSAYO:		RESPONSABLE:	
TIEMPO DE ENSAYO:		REVISADO POR:	
MUESTRA 1			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
MUESTRA 2			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
MUESTRA 3			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
MUESTRA 4			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
MUESTRA 5			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
OBSERVACIONES:			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
FECHA	FECHA:	FECHA:	

ENCABEZADO

TABLAS DE DATOS OBTENIDOS

PIE DE PÁGINA

Figura 6. Protocolo de laboratorio para obtención de datos para succión.

En este protocolo se anotarán las mediciones del largo y ancho y pesos obtenidos para luego ser procesados y obtener la succión de cada espécimen.

2.4.1. Ensayo de Variación Dimensional. (NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604)

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604 (Vivienda, 2006).

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión (Gallegos & Casabonne, 2005).

Para realizar este ensayo se debe proseguir de la siguiente forma:

Medir el ancho a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y registre como ancho el promedio de las medidas, con una aproximación de 0,5 mm (INDECOPI, 2005).

Medir la altura a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm, y registrar como altura su promedio con una aproximación de 0,5 mm. Usar la regla de acero graduada de 30 cm. Repetir el ensayo con el mismo método cuando sea necesario (INDECOPI, 2005).

La determinación de la variación de dimensiones incluye la definición de las dimensiones promedio. Se efectúa sobre una muestra representativa y de por lo menos diez unidades. Se miden todas sus dimensiones con precisión al milímetro y se

promedian los resultados, luego se separan las medidas por cada dimensión: de un lado las que son mayores de las que son menores. Luego se promedia cada grupo (Gallegos & Casabonne, 2005).

La prueba de variación de dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en un 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte (San Bartolomé, 1994).

La manera como se calcula la variación dimensional (V) es:

- La dimensión de cada arista del espécimen ($D = L, b, h$) se toma como el promedio de 4 medidas (en mm) en la parte media de cada cara (San Bartolomé, 1994).
- Luego, por cada arista, se calcula el valor promedio (D_p) de toda la muestra; esta dimensión se resta de la dimensión especificada por el fabricante (D_e) y luego se divide entre (D_e): (San Bartolomé, 1994).

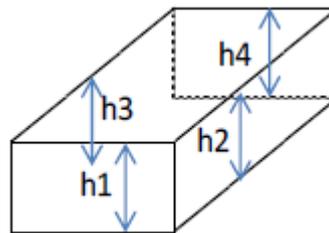


Figura 8. Variación dimensional.
Fuente: San Bartolomé, 1994.

Ecuación 1. Cálculo de la variación dimensional.

$$V (\%) = 100 * \frac{De - Dp}{De}$$

Donde:

- V % = Variación Dimensional
- De = Dimensión nominal
- Dp = Dimensión promedio

Y la altura de la unidad con la siguiente fórmula:

Ecuación 2. Cálculo del promedio de la altura.

$$h = \frac{h1 + h2 + h3 + h4}{4}$$

Donde:

- H1, h2, h3 y h4 = Altura de cada lado de la unidad de albañilería.

2.4.2. Ensayo de Alabeo. (NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604)

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613 (Vivienda, 2006).

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas (San Bartolomé, 1994).

Superficies cóncavas: En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que le da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuna medir esta

distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie (INDECOPI, 2005).

Bordes cóncavos: Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde y es cóncava, colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Seleccionar la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla con borde recto. Usando la regla de acero o cuna, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava del borde (INDECOPI, 2005).

Superficies convexas: Cuando la distorsión a ser medida es la superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuna, medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen (INDECOPI, 2005).

Bordes convexos: Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde convexo, colocar la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Seleccionar la distancia más grande del borde del espécimen a la varilla. Usando la regla de acero o cuna, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión convexa del borde (INDECOPI, 2005).

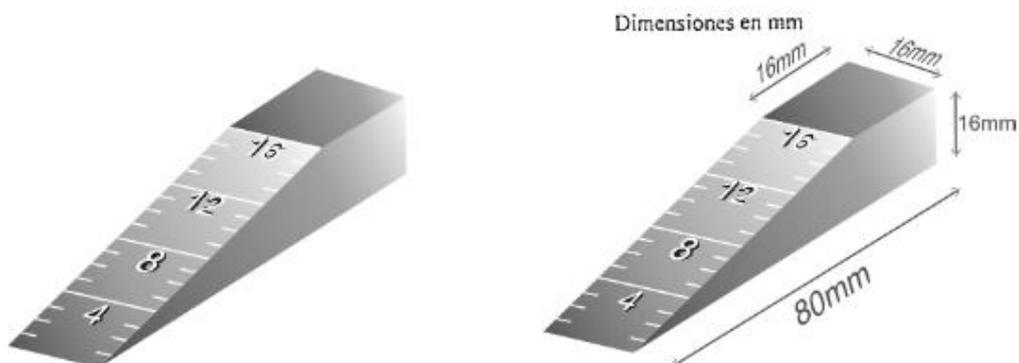


Figura 9. Cuñas usadas para medir la concavidad y convexidad en alabeo.
Fuente: INDECOPI, 2005.

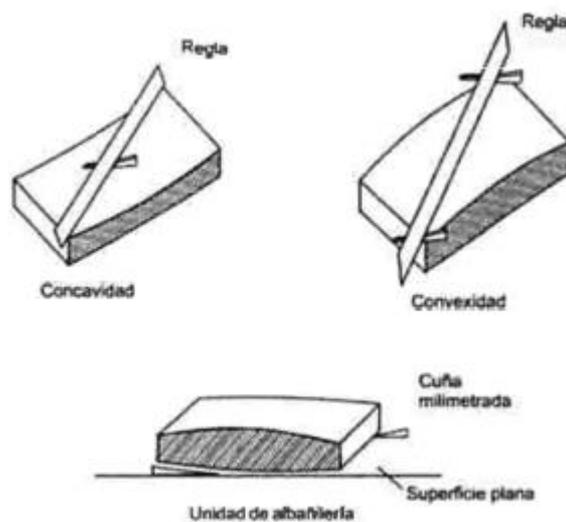


Figura 10. Medición del alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.
Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005.

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

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

opuestos de la unidad, para después introducir la cuna en el punto de mayor deflexión
(San Bartolomé, 1994).



Figura 11. Medición del alabeo en un ladrillo artesanal.
Fuente: San Bartolomé, 1994

2.4.3. Ensayo de Absorción. (NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604)

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613 (Vivienda, 2006).

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante 24 horas. Para efectuar el ensayo las unidades se someten al tratamiento antes dicho, y luego se vuelven a pesar (Gallegos & Casabonne, 2005).

Sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura entre 15,5 °C a 30 °C) por el tiempo especificado. Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. Pesarse todos

los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua (INDECOPI, 2005).

La absorción se halla mediante la expresión:

Ecuación 3. Cálculo de la absorción.

$$\text{Absorción \%} = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100$$

Donde:

- W_s = Peso de la unidad de albañilería saturada luego de 24 horas de inmersión (gr).
- W_d = Peso seco de la unidad de albañilería luego de 24 horas en horno (gr).

2.4.4. Ensayo de Succión. (NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604)

Los ensayos de succión se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 331.017 y 399.613 (Vivienda, 2006).

La succión es la medida de la avidez de agua en la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las características fundamentales para definir la relación mortero-unidad de la interfaz de contacto (Gallegos & Casabonne, 2005).

El periodo inicial de absorción deberá determinarse mediante el ensayo especificado, secado al horno o secado al aire. Si no se especifica, el tiempo inicial de absorción podrá ser determinado por una prueba de secado al horno. Secar y enfriar los especímenes de prueba (INDECOPI, 2005).

Secado al horno. Procedimiento: Secar y enfriar los especímenes de prueba.

Secado en ambiente aireado: Almacenar las unidades no apiladas, con separación entre ellas, en un cuarto ventilado, a temperatura entre $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa entre 30 % y 70 % por un periodo de 4 horas, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Continúa hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor de 0,2 % desde la última pesada del espécimen (INDECOPI, 2005).

Medir con una aproximación de 1.27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba, para unidades rectangulares, o determinar el área que estará en contacto con el agua para unidades de otras formas, con métodos adecuados similares al propuesto. Pesar el espécimen con una aproximación de 0.5 g (INDECOPI, 2005).

Cuando el espécimen de prueba sea retirado, la profundidad del agua deberá ser de $3\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$ más la profundidad de los soportes. Después de retirar el ladrillo referencial, sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el periodo de contacto, $1\text{ min} \pm 1\text{ seg}$, se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos agregando agua si se requiere. Al final del tiempo de $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$, retirar el espécimen y secar el agua superficial con un paño húmedo y volver a pesar el espécimen con aproximación de 0.5 g. El secado del agua superficial se hará dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min (INDECOPI, 2005).

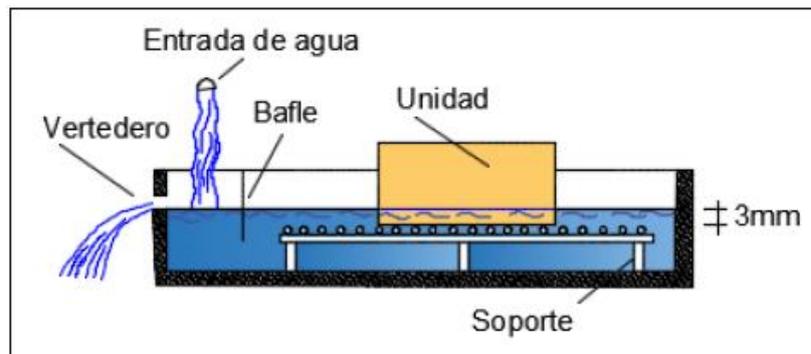


Figura 12. Disposición para el ensayo de succión.

Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005.

Ecuación 4. Cálculo de la succión.

$$Succión = \frac{P_m - P_s}{A} * 200$$

Donde:

- P_s = Peso seco de la unidad de albañilería (gr).
- P_m = Peso luego de sumergir la unidad de albañilería parcialmente (gr).
- A = Área de contacto de la unidad de albañilería con el agua (cm²).

La succión se expresa en gr/200 cm²/min o simplemente en gramos, de la fórmula el valor 200 proviene de una estandarización del área (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.4.5. Ensayo de Resistencia a compresión. (NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604)

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604 (Vivienda, 2006).

La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son

muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable (Gallegos & Casabonne, 2005).

El ensayo de compresión se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras e incluso de dos medias unidades, la carga de compresión se aplica perpendicularmente a la cara de asiento (Gallegos & Casabonne, 2005).

Si el testigo es muy irregular, es rellenado o aislado con pasta de yeso poco antes de colocar el recubrimiento normalmente de azufre, para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. El ensayo se realiza hasta la rotura (Gallegos & Casabonne, 2005).

La resistencia a compresión ($f'b$) se determina dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta (A) cuando es hueca o perforada; la Norma Peruana, sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así, se obtiene el valor (Gallegos & Casabonne, 2005).

Ecuación 5. Resistencia a compresión.

$$f'b = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

- $f'b$ = Resistencia a compresión del ladrillo (daN/cm²).
- P_u = Carga de rotura aplicada por la máquina (daN).
- A = Área de contacto de la unidad de albañilería (cm²).

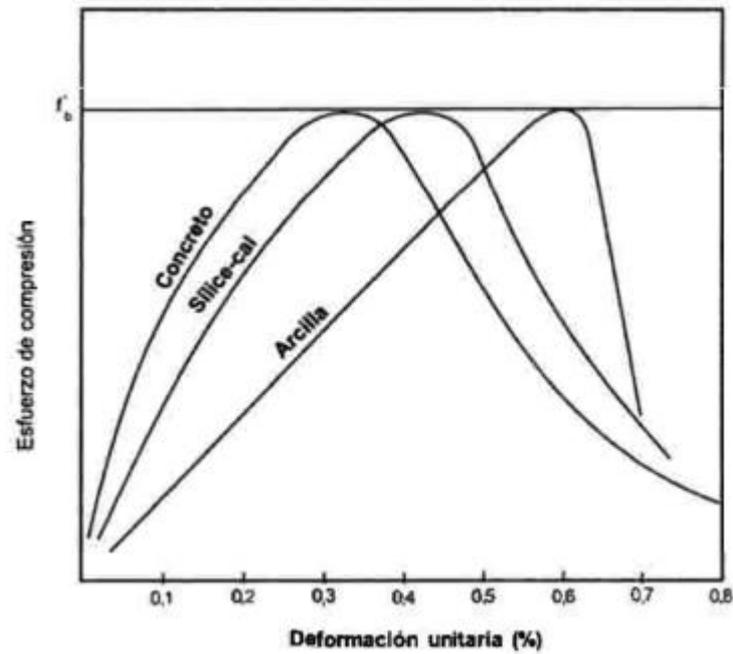


Figura 13. Curvas normalizadas esfuerzo de compresión (f'_b) vs deformación unitaria de unidades ensayadas en compresión.

Fuente: Gallegos & Casabonne, 2005.

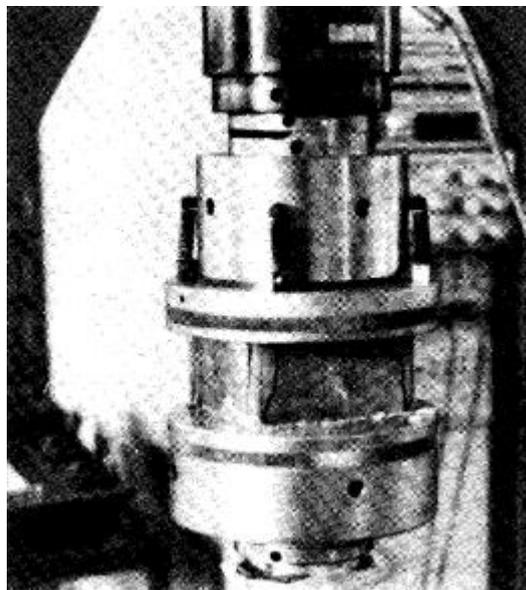


Figura 14. Ensayo de compresión en una unidad de arcilla.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

Tabla 6. *Técnicas de recolección de datos para los diferentes ensayos a realizar.*

ENSAYO	NORMA
Variación dimensional	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.604
Alabeo	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.604
Absorción	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.604
Succión	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.604
Resistencia a compresión	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.604

2.5. Procedimiento

Se identificaron los lugares donde se escogieron de manera aleatoria los ladrillos artesanales de arcilla y concreto.

- Los ladrillos artesanales de arcilla se obtuvieron de la ladrillera El Cerrillo, ubicada pasando el aeropuerto Mayor Gral. FAP Armando Revoredo Iglesias.



Figura 15. Ubicación de ladrillera El Cerrillo.

- Los ladrillos artesanales de concreto se obtuvieron de la ladrillera Inciso Pajares Hnos. S.R.L., ubicada en el Jr. Juan Beato Masías Nro. S.N, Barrio San Martín de Porres.



Figura 16. Ubicación de ladrillera Inciso Pajares Hnos. S.R.L.

2.5.1. Variación Dimensional

Para realizar este ensayo se utilizaron ladrillos enteros secos, se midieron el largo, ancho y alto, usando una regla graduada con precisión al milímetro, realizando un promedio de cuatro lecturas por cada dimensión en las que se consideró la lectura de la medida en la parte media de cada cara y luego sacando el promedio por cada una de las caras.

Luego se calcula la variación comparando el promedio obtenido en cada lado con la dimensión nominal de un ladrillo estándar, quedando como resultado la variación dimensional.



Figura 17. Medición de la variación dimensional.

2.5.2. Alabeo

Este ensayo se realizó colocando los ladrillos en una superficie plana, utilizando un par de cuñas metálicas graduadas y una regla metálica, se obtuvieron valores para concavidad y convexidad del ladrillo.

- Medición de la concavidad. Se colocó el borde recto de la regla sobre la diagonal de una de las caras mayores del ladrillo, se introduce una cuña por debajo de la regla hasta encontrar la ubicación en donde se encuentra la medida mayor y se repite lo mismo para la diagonal faltante, quedándonos con la medida mayor obtenida. Este procedimiento se realiza para ambas caras mayores.
- Medición de la convexidad. Tal como en la concavidad, la regla se coloca de la misma manera, pero ahora se usan las cuñas a los extremos, introduciéndolos por debajo de la regla hasta encontrar la medida mayor y

repitiendo con la diagonal faltante, quedándonos así con la medida mayor
obtenida. Este procedimiento se realiza para ambas caras mayores.



Figura 18. Medición del alabeo.

2.5.3. Absorción

Se deja reposar los ladrillos en el horno durante un lapso de 24 horas para mantenerlos sin algún porcentaje de agua. Luego se pesaron los ladrillos reiteradamente hasta no obtener variaciones en la lectura del peso.

Luego se sumergen los ladrillos secos en un recipiente lleno de agua y se los deja por un lapso de 24 horas. Al cabo de transcurrido esas 24 horas, se retiran del agua, se secan superficialmente y se vuelven a pesar (este proceso debe realizarse dentro de los primeros 5 minutos luego que se retiran del agua).

Con los pesos obtenidos se calculan mediante la fórmula dada para obtener el porcentaje de absorción.



Figura 19. Ladrillos sumergidos por 24 horas luego de haber sido pesados.

2.5.4. Succión

Se deja reposar los ladrillos en el horno durante un lapso de 24 horas para mantenerlos sin algún porcentaje de agua. Luego se pesaron los ladrillos reiteradamente hasta no obtener variaciones en la lectura del peso y se calculó el área de la base del ladrillo que se asentará sobre los soportes.

En otro lado se tendrá una bandeja con agua, en la que se colocaron los soportes para los ladrillos, quedando el nivel del agua unos 3 mm manteniendo el nivel constante por encima de los soportes.

Se colocó el ladrillo encima de los soportes y se calculó 1 min. Al cabo de pasado ese tiempo se retiró el ladrillo y se secó superficialmente con el paño y se volvió a pesar. De esta forma usando la formula dada se calculó la succión de los ladrillos.



Figura 20. Ladrillo usado para ensayo de succión.

2.5.5. Resistencia a compresión

Par este ensayo, primero se prepararon los ladrillos limpiándolos y refrenándolos mediante una mezcla para llenar los orificios y cubrir las irregularidades que se puedan presentar en los ladrillos.

El refrentado se realizó colocando una ligera capa de yeso con cemento previamente ya preparada en las caras donde se apoyaron los ladrillos en la máquina de compresión. Se cubrieron ambas caras de los ladrillos con esta mezcla y se dejó secar hasta que quedó endurecida, luego se procedió a preparar la máquina de compresión para su uso.

Se colocaron los ladrillos, se calibró la máquina para empezar con el ensayo, dejando el cabezal móvil en una posición en la que está en contacto con la superficie del ladrillo y luego se inició la marcha sobre el ladrillo.

Al cabo de algún tiempo de haber iniciado en ensayo se llegó a una deformación máxima y en ese mismo tiempo se anotaron las deformaciones que se registraba cuando se ejercía una carga puntual y se realizó hasta llegar a la carga máxima que resistió el ladrillo. Luego, se retiraron los ladrillos ensayados y se observó los daños que sufrió al haber recibido las cargas de compresión ejercida sobre estos.



Figura 21. Ladrillo de concreto en la máquina a compresión.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Medida de la variación dimensional

3.1.1. Unidades de arcilla

Tabla 7. *Cálculo de la variación dimensional promedio en ladrillos de arcilla.*

Descripción	Largo (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)
Dimensión nominal (mm)	240.00	90.00	130
Dimensión promedio (mm)	219.93	76.63	125.43
Coefficiente de variación (c.v.)	201.48%	89.35%	10.42%
Variación dimensional	8.36%	14.85%	3.51%

3.1.2. Unidades de concreto

Tabla 8. *Cálculo de la variación dimensional promedio en ladrillos de concreto.*

Descripción	Largo (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)
Dimensión nominal (mm)	240.00	90.00	130
Dimensión promedio (mm)	219.94	87.81	121.97
Coefficiente de variación (c.v.)	201.29%	2.39%	32.26%
Variación dimensional	8.36%	2.43%	6.18%

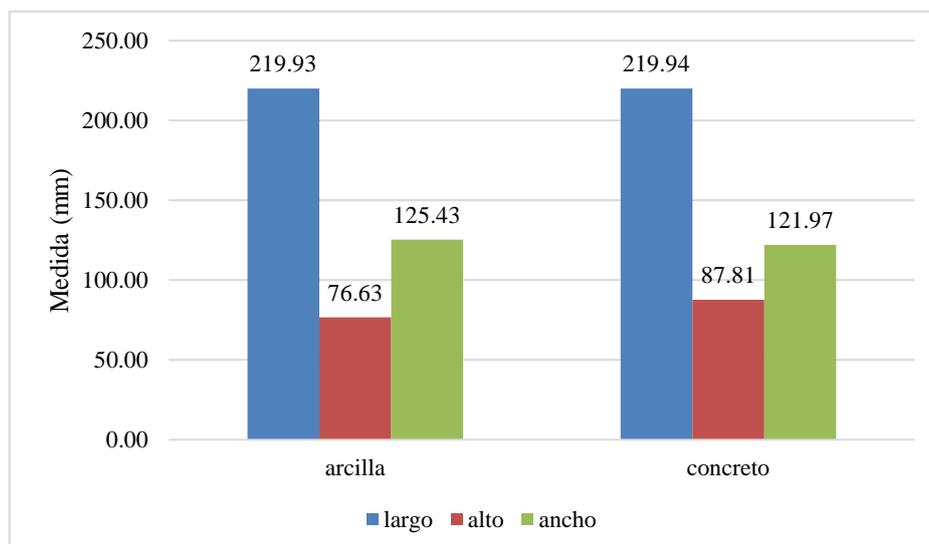


Figura 22. Valores promedio de las unidades de albañilería, según el tipo de ladrillo.

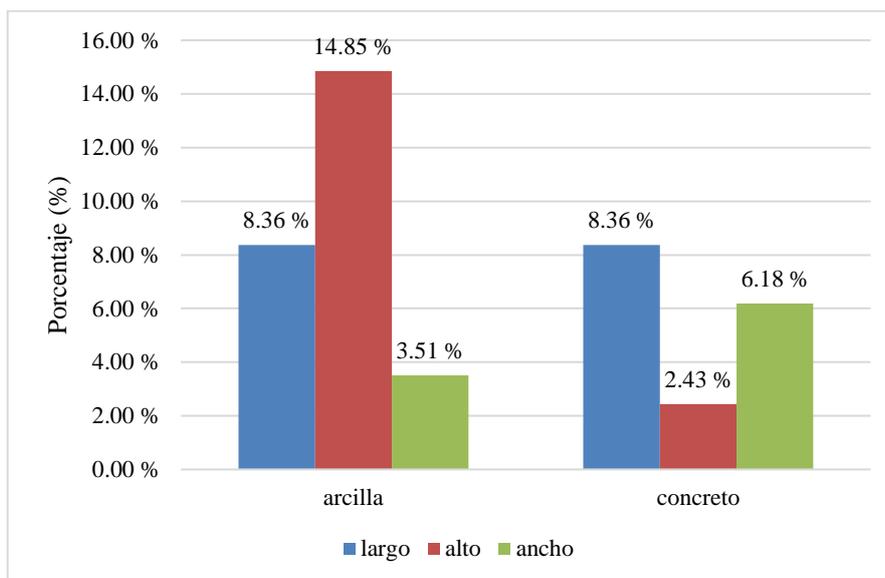


Figura 23. Valores de las variaciones dimensionales de las unidades de albañilería.

3.2. Medida del alabeo

3.2.1. Unidades de arcilla

Tabla 9. Resultados de las medidas del alabeo en ladrillos de arcilla.

Especímen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
MA1	1.3	2.4	0.5	2
MA2	2.6	2.1	0	1
MA3	0	3	0.3	1.2
MA4	0.8	1.5	0	0.4
MA5	1.4	1.3	0.1	1.5
MA6	0.5	1.5	1.1	0.2
MA7	1	3.1	1	0
MA8	2.2	2.7	2.3	0.3
MA9	2.3	3.4	2.5	1
MA10	1.3	3	1.5	1.3
Promedio	Cóncavo	1.14		
	Convexo	1.65		

3.2.2. Unidades de concreto

Tabla 10. *Resultados de las medidas del alabeo en ladrillos de concreto.*

Espécimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
MC1	0.4	0	0	0
MC2	0	0	0.1	0.1
MC3	0.6	0	0	0
MC4	0.5	0.1	0.3	0
MC5	0.3	0	0	0.2
MC6	0.2	0.2	0.3	0
MC7	0.2	0	0	0.1
MC8	0	0.2	0.4	0.1
MC9	0.1	0.1	0.5	0.1
MC10	0.1	0	0.1	0
Promedio	Cóncavo	0.21		
	Convexo	0.06		

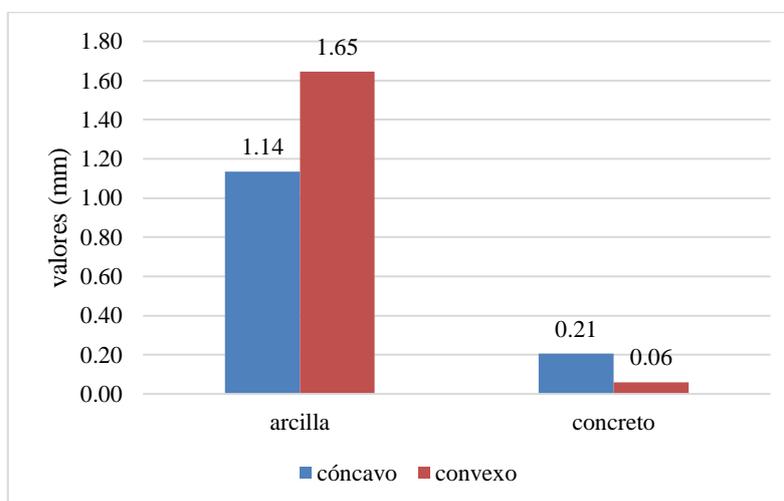


Figura 24. *Valores máximos de alabeo, según el tipo de ladrillo.*

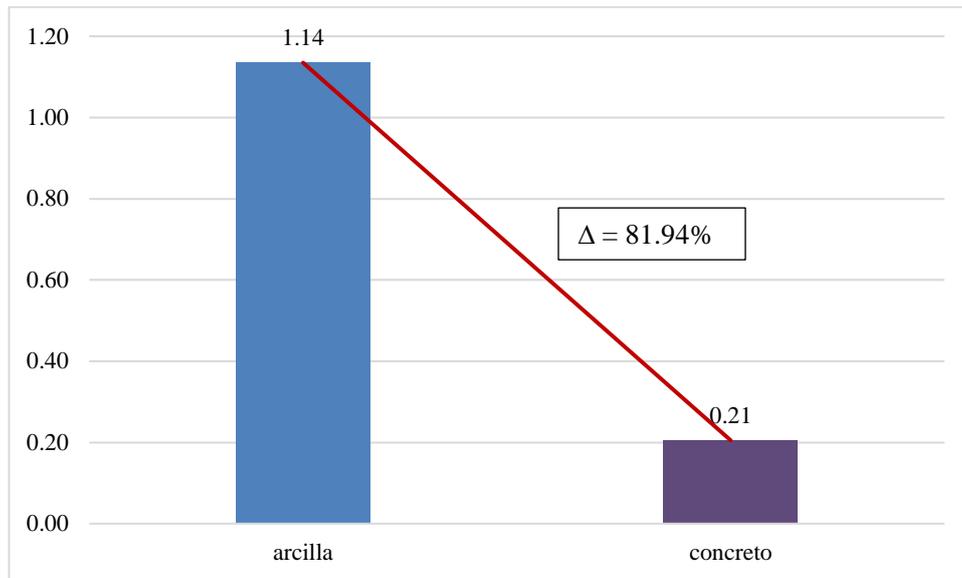


Figura 25. Variación de la concavidad entre ambos ladrillos.

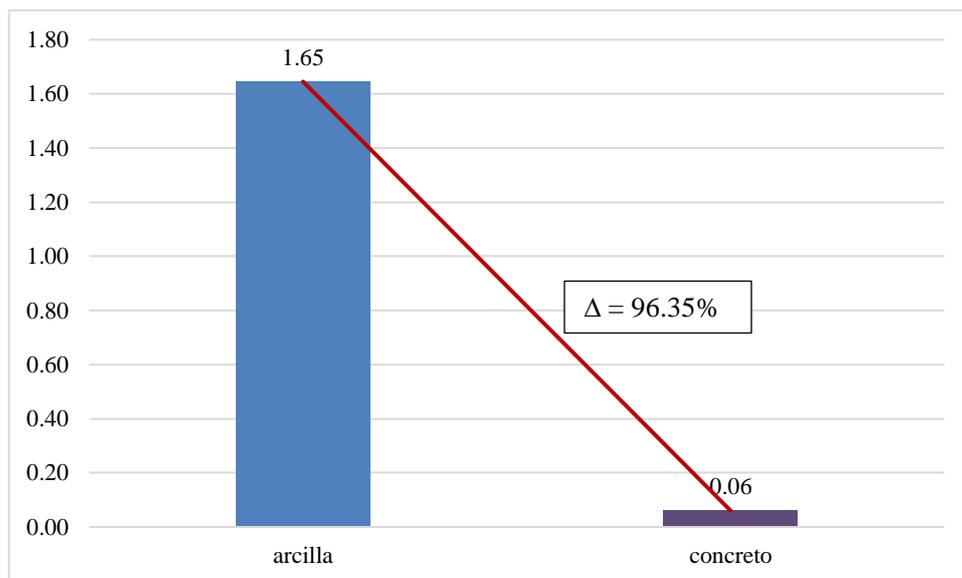


Figura 26. Variación de la convexidad entre ambos ladrillos.

3.3. Absorción

3.3.1. Unidades de arcilla

Tabla 11. *Cálculo de la absorción promedio en ladrillos de arcilla.*

Muestra	Ws (gr)	Wh (gr)	Absorción
1	3292.43	3707.37	12.60
2	3270.50	3692.63	12.91
3	3341.93	3769.47	12.79
4	3278.57	3680.77	12.27
5	3314.93	3737.47	12.75
Absorción promedio			12.66%
Desviación estándar (σ)			0.25
Coeficiente de variación (c.v.)			0.06

3.3.2. Unidades de concreto

Tabla 12. *Cálculo de la absorción promedio en ladrillos de concreto.*

Muestra	Ws (gr)	Wh (gr)	Absorción
1	3727.03	4107.40	10.21
2	3709.93	4093.10	10.33
3	3786.60	4172.00	10.18
4	3820.43	4196.40	9.84
5	3667.47	4058.30	10.66
Absorción promedio			10.24%
Desviación estándar (σ)			0.29
Coeficiente de variación (c.v.)			0.09

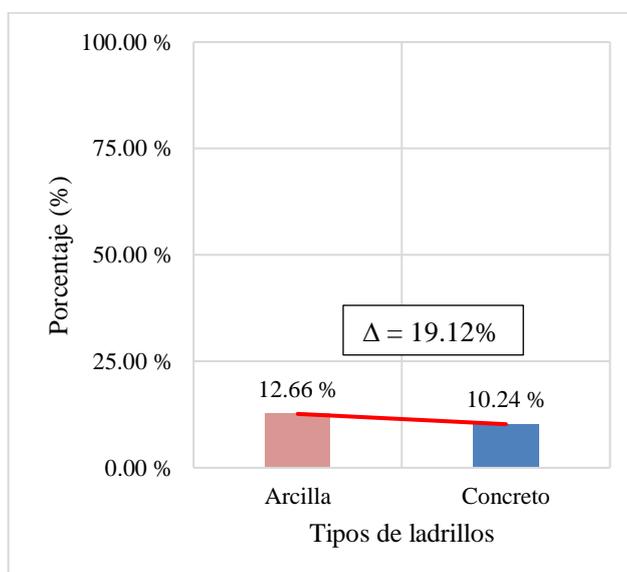


Figura 27. Valores promedio de absorción, según el tipo de ladrillo.

3.4. Succión

3.4.1. Unidades de arcilla

Tabla 13. *Cálculo de la succión promedio en ladrillos de arcilla.*

Muestra	L prom (cm)	A prom (cm)	Área (cm ²)	W seco (gr)	W húmedo (gr)	Succión
1	21.94	12.41	272.23	3318.20	3440.10	89.56
2	22.09	12.54	277.00	3315.50	3441.00	90.61
3	21.95	12.46	273.55	3285.60	3413.00	93.15
4	22.05	12.63	278.42	3368.60	3495.30	91.01
5	21.94	12.69	278.51	3372.50	3497.70	89.91
Succión promedio			90.85 gr/200cm²/min			

3.4.2. Unidades de concreto

Tabla 14. *Cálculo de la succión promedio en ladrillos de concreto.*

Muestra	L prom (cm)	A prom (cm)	Área (cm ²)	W seco (gr)	W húmedo (gr)	Succión
1	22.18	12.22	271.06	3760.00	3795.50	26.19
2	21.68	12.10	262.35	3716.20	3748.20	24.39
3	21.95	12.20	267.71	3709.80	3739.30	22.04
4	21.94	12.36	271.17	3730.20	3765.00	25.67
5	21.93	12.22	267.99	3815.70	3848.00	24.11
Succión promedio			24.48 gr/200cm²/min			

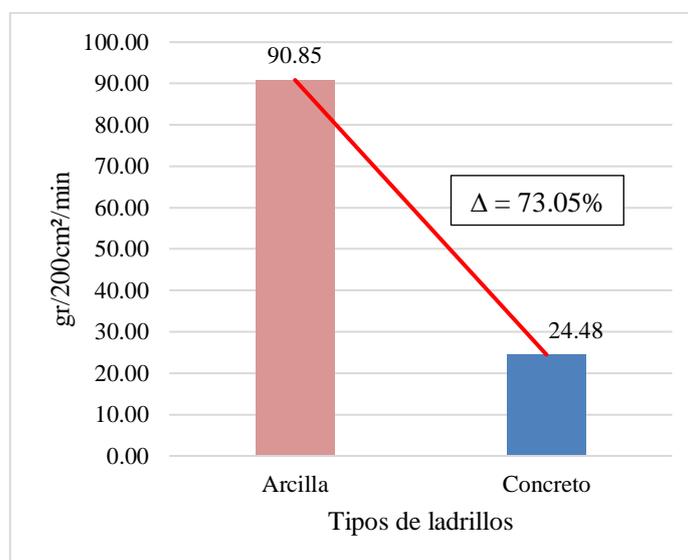


Figura 28. *Valores de succión, según el tipo de ladrillo.*

3.5. Resistencia a compresión

3.5.1. Unidades de arcilla

Tabla 15. *Cálculo de la resistencia a compresión promedio en ladrillos de arcilla.*

Muestras	Área (cm ²) A	Carga (kg) Pu	f'b (kg/cm ²)
MA 1	135.06	8721	64.57
MA 2	134.04	8355	62.33
MA 3	132.92	8470	63.72
MA 4	136.30	9222	67.66
MA 5	136.25	9067	66.55
MA 6	136.20	8630	63.36
MA 7	134.64	8757	65.04
MA 8	135.11	8485	62.80
MA 9	135.57	8822	65.07
MA 10	135.36	8978	66.33
PROMEDIO			64.74
δ			1.73
PROM - δ			63.01

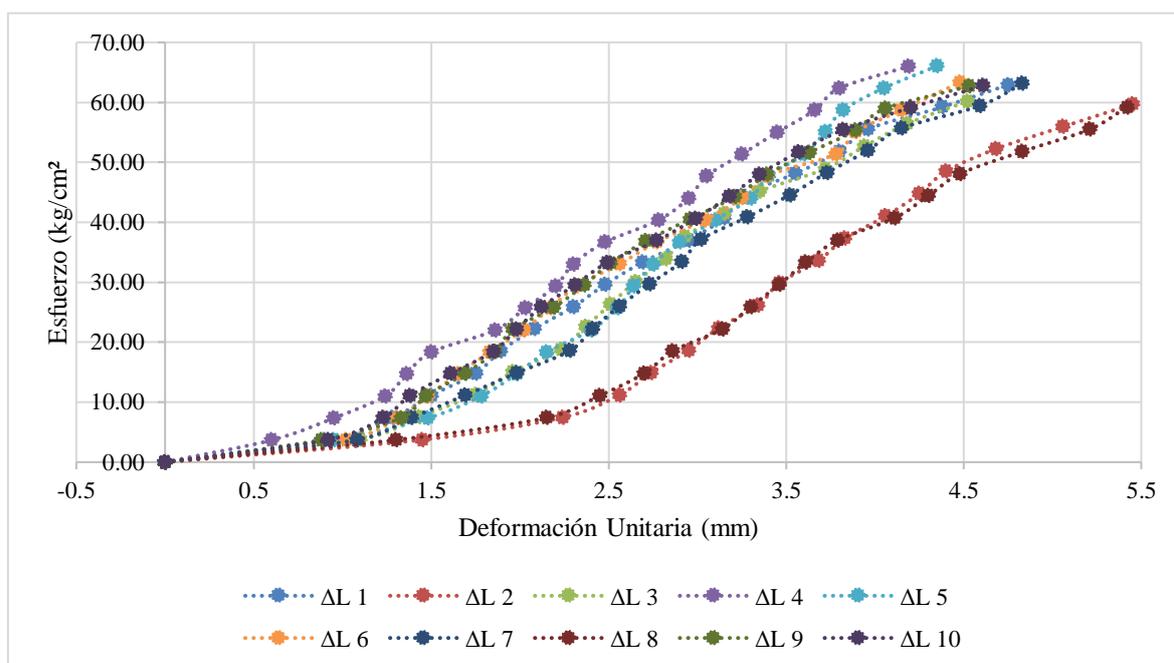


Figura 29. *Diagrama de esfuerzo-deformación del promedio de los ladrillos de arcilla.*

3.5.2. Unidades de concreto

Tabla 16. *Cálculo de la resistencia a compresión promedio en ladrillos de concreto.*

Muestras	Área (cm ²) A	Carga (kg) Pu	f'b (kg/cm ²)
MC 1	257.04	14076	54.76
MC 2	255.50	14618	57.21
MC 3	258.48	15168	58.68
MC 4	271.31	16232	59.83
MC 5	269.18	14077	52.30
MC 6	256.64	10514	40.97
MC 7	257.83	11501	44.61
MC 8	256.17	11195	43.70
MC 9	254.81	14522	56.99
MC 10	267.74	15358	57.36
PROMEDIO			52.64
δ			6.96
PROM - δ			45.68

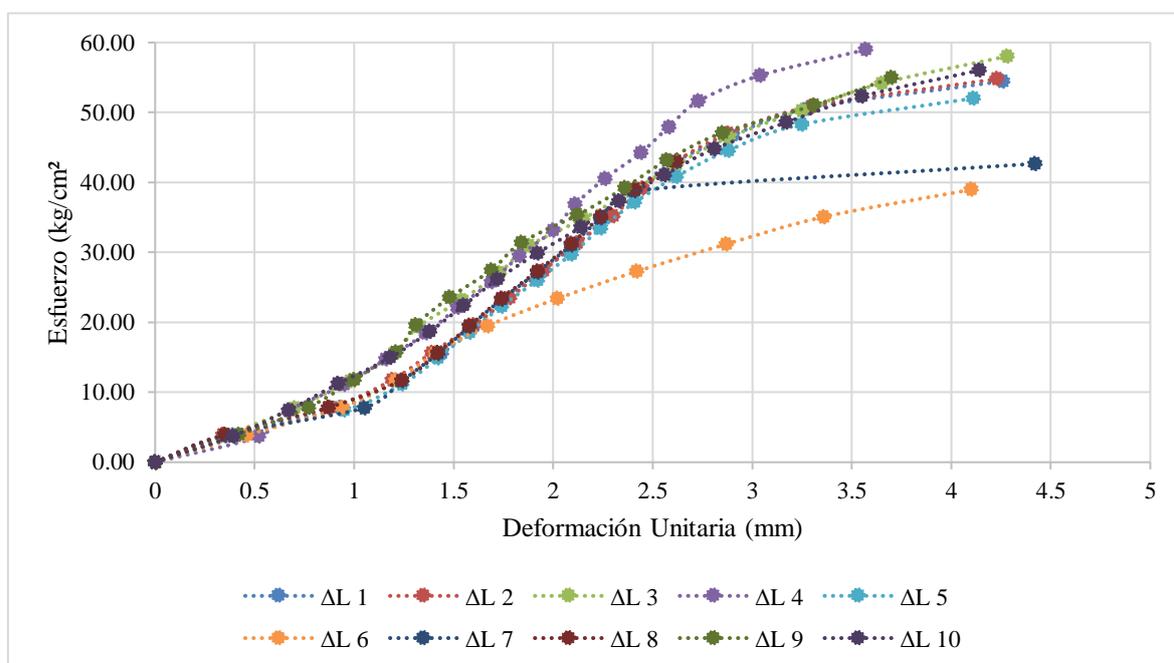


Figura 30. *Diagrama de esfuerzo-deformación del promedio de los ladrillos de concreto.*

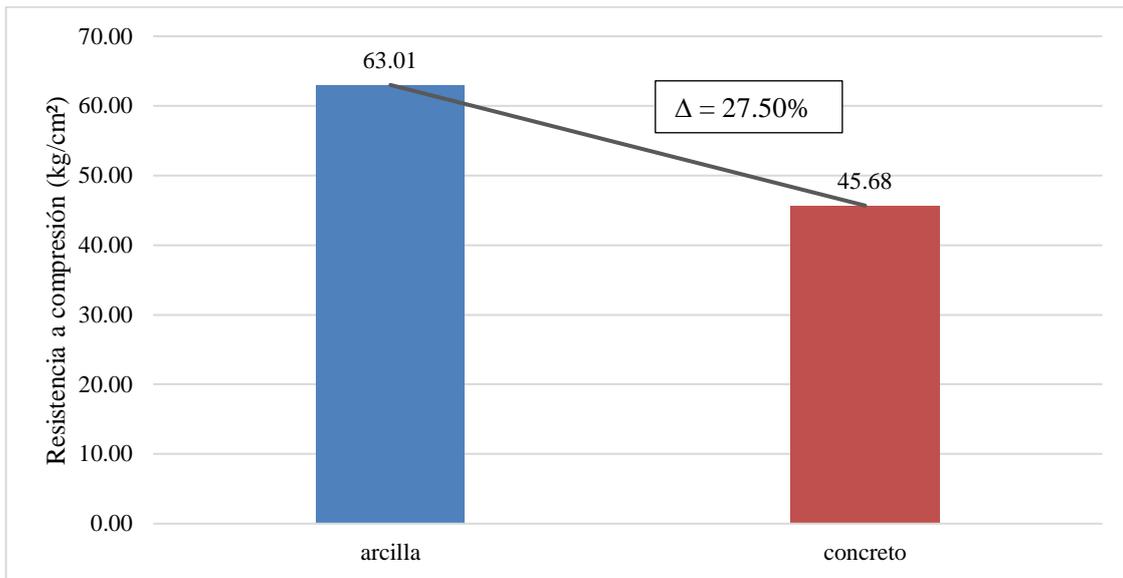


Figura 31. Valores de la resistencia a compresión de ladrillos de arcilla y concreto.

Al haber realizado estos ensayos a los diversos ladrillos, se determinó que los ensayos fueron realizados satisfactoriamente y los resultados obtenidos fueron los esperados, cumpliendo en la mayoría lo determinado en la hipótesis.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Como se puede apreciar en la Figura 22, se observa que en parte están similares, pero no en todas las dimensiones, observándose una mayor variabilidad concentrada en la dimensión de altura, que varían de un 76.63 mm para ladrillos de arcilla a unos 87.81 mm en ladrillos de concreto. Esto se debe en parte a que no hay una estandarización en la elaboración de ladrillos de arcilla artesanales.

De la misma forma al analizar los resultados de la variación dimensional expresada en la Figura 23, se observó que hay una variación elevada, por lo cual los valores obtenidos en la Tabla 7 corresponden a un ladrillo Tipo I, según la clasificación respecto a la NT E.070 y en la Tabla 8 también correspondería a un ladrillo Tipo I. Ya que son diferentes materiales que los conforman y la manera de elaborarlos dista un poco, al comparar esta propiedad entre ambos tipos de ladrillos, cumpliría lo afirmado en la hipótesis.

Los resultados obtenidos en el alabeo revelaron que se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTP 331.017, pues no superan los límites mencionados en la Tabla 1 y en la Figura 24, lo cual las consideraría según la NT E.070 como ladrillos Tipo V. A su vez en las Figuras 25 y 26, se observaron una mayor tendencia a la concavidad que a la convexidad en ambos tipos de ladrillos y supera en exceso a lo propuesto por la hipótesis. El alabeo es una consecuencia del proceso de

construcción, ya que al sacar la masa del molde se coloca directamente sobre el terreno lo que ocasionaría deformaciones.

Los resultados obtenidos en las Tablas 11, Tabla 12 y que se relacionan en la Figura 27 nos hace entender que se encuentran dentro de los parámetros que menciona la NTP 331.017 y NTP 399.601, que establece una absorción que está por debajo del rango del 22% y del 12% respectivamente con unos valores de 12.66% y 10.24% para ladrillos de arcilla y concreto respectivamente, situándonos con características de Ladrillos Tipo V y Tipo 17 respectivamente para ambas normas, de acuerdo con lo anterior referido inferimos que los valores obtenidos para los ladrillos de arcilla y concreto cumplen lo expresado en la hipótesis.

De la Figura 28, las Tablas 13 y 14, se observó que la succión obtenida en ambos tipos de ladrillos es muy alta con respecto al rango establecido en la NT E.070 la cual expresa que debería estar entre el 10 a 20 gr/200cm²/min, con unos valores de 90.85 y 24.48 gr/200cm²/min para ladrillos de arcilla y concreto respectivamente. Estos resultados obtenidos nos darían a conocer que en caso se vayan a asentar los ladrillos, cumplen con lo expresado en la hipótesis. Además, en el ladrillo de arcilla la succión es mayor porque arcillas absorben rápidamente el agua haciendo que asciendan en manera veloz en comparación al ladrillo de concreto que al ser un producto ha pasado por diferentes fases en las cuales el nivel de succión es bajo ya que las partículas se hidratan hasta el punto de que no pueden ser más hidratadas.

Según la NTP 331.017 y NTP 399.601 la resistencia a compresión es la propiedad más importante para fines estructurales, porque ésta determina la calidad de los materiales usados, también su resistencia en la intemperie u otra causa por la cual se pueda deteriorar.

Los resultados obtenidos en las Tablas 15 y 16 demuestran que los ladrillos de concreto no resistieron lo esperado que se supone deberían estar por encima de los de arcilla. En la Figura 31 se observan los valores 63.01 kg/cm^2 para ladrillos de arcilla contra un 45.68 kg/cm^2 para los ladrillos de concreto, la resistencia promedio de los ladrillos de concreto no fue la esperada como se supuso en la hipótesis con un defecto en 27.50% a favor de los ladrillos de concreto. Una razón podría ser las áreas de contacto que son muy diferentes, según la NTP 399.613 para el ensayo a compresión de unidades de arcilla se usa solo la mitad del ladrillo, otra realidad se visualiza en la NTP 339.604 que para este ensayo se usarán las unidades completas o a no ser posible debido que el ladrillo sea demasiado grande que no pueda ocupar la cavidad de la máquina a compresión se procedería a cortar a la mitad de la unidad de albañilería para su ensayo.

Como respuesta a este ensayo se procederá a decir que el ensayo no cumplió con lo mencionado en la hipótesis, sino todo, al contrario: el ladrillo de arcilla tiene un valor de resistencia a compresión (f'_b), siendo un Ladrillo tipo II y Tipo 10 para ambos casos.

4.2 Conclusiones

1. Se concluyó que los ladrillos de concreto presentaron mejores propiedades físicas y mecánicas que los ladrillos de arcilla en su mayoría, mas no en su totalidad, se validando parcialmente la hipótesis.
2. Se determinó que el ladrillo de concreto presento una menor variabilidad dimensional 2.43% en comparación al ladrillo de arcilla 14.85%, de acuerdo a lo estipulado en la hipótesis.
3. Se determinó que el ladrillo de concreto presentó una menor concavidad y convexidad en comparación al ladrillo de arcilla, con variaciones de 81.94% y 96.35% respectivamente, cumpliendo con lo estipulado en la hipótesis.
4. Se determinó que el ladrillo de arcilla obtuvo una absorción de 12.66%, el ladrillo de concreto 10.24%; con una variación entre ambos del 19.12% y cumpliendo con lo descrito en la hipótesis.
5. Se determinó que el ladrillo de arcilla obtuvo 90.85 gr/200cm²/min, el ladrillo de concreto 24.48 gr/200cm²/min; con una variación entre ambos del 73.05%, cumpliendo con la hipótesis.
6. Se determinó que el ladrillo de arcilla tuvo una resistencia a compresión de 63.01 kg/cm², el ladrillo de concreto con una resistencia de 45.68 kg/cm², una variación entre ambos de 27.5% a favor del ladrillo de arcilla y no cumple con la hipótesis.

REFERENCIAS

1. Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., & Monroy Sepúlveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43-58.
2. Altamirano, A. (2012). Control de calidad de las unidades de albañilería en la ciudad de Trujillo. Trujillo.
3. ANFALIT. (2002). Diagnóstico de la industria ladrillera nacional. Bogotá: Camargo y Asociados Ingenieros Consultores.
4. Astopilco Infante, A. J. (2015). Comparación de las propiedades físico - mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados cons residuos plásticos de PVC, Cajamarca 2015. Cajamarca.
5. Barranzuela Lescano, J. (2014). Proceso constructivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Piura.
6. Carvajalino Gentil, G. A., & Hernández Pallares, J. P. (2014). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques H-10 utilizados en el Municipio de Ocaña. Ocaña, Colombia.
7. Del Río, J. (1975). *Materiales de construcción (4ª)*. Barcelona: Juan Bruguer Editor.
8. Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Lima: Fondo Editorial PUCP.

9. Gonzales Armas, R. K. (2016). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con incorporación de PET en diferentes porcentajes. Cajamarca.
10. INACAL. (11 de 12 de 2015). NTP 331.017. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. Lima, Perú.
11. INACAL. (25 de 12 de 2015). NTP 399.601. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de concreto. Requisitos. Lima, Perú.
12. INACAL. (25 de 12 de 2015). NTP 399.604. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Lima, Perú.
13. INDECOPI. (13 de 07 de 2005). NTP 399.613. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú.
14. Lulichac Sáenz, F. C. (2015). Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la Provincia de Cajamarca. Cajamarca.
15. Moreno, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: CEAC.
16. Robusté, E. (1969). Técnica y práctica de la industria ladrillera (5ª). Barcelona: CEAC.
17. San Bartolomé, Á. (1994). Construcciones de Albañilería. Lima.
18. Somayaji, S. (2001). Civil engineering materials (2ª). New Jersey: Prentice Hall.
19. Villegas Martínez, C. A. (2008). Estudio de verificación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida de Lima Metropolitana. Lima.
20. Vivienda. (8 de Mayo de 2006). Norma Técnica E.070 - Albañilería. El Peruano, pág. 58.

ANEXOS

ANEXO 1. Panel Fotográfico

ANEXO 2. Tablas de procesamiento de datos

ANEXO 3. Protocolos de laboratorio

ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 32. Acarreo del ladrillo de concreto para ser trasladado al campus UPNC.



Figura 33. Almacén de ladrillos de concreto.



Figura 34. Acarreo del ladrillo de arcilla para ser trasladado al campus UPNC.



Figura 35. Situándonos junto a la máquina de compresión axial.



Figura 36. Anotando las lecturas medidas en el vernier.



Figura 37. Usando el vernier para sacar medidas de las caras de los ladrillos.



Figura 38. Introduciendo un ladrillo de arcilla al horno para realizar ensayos.



Figura 39. Pesando ladrillos antes de meterlos en el horno.



Figura 40. Pesando un ladrillo de concreto luego de haber sido sumergido por 24 horas.



Figura 41. Pesando un ladrillo de arcilla luego de haber sido sumergido por 24 horas.

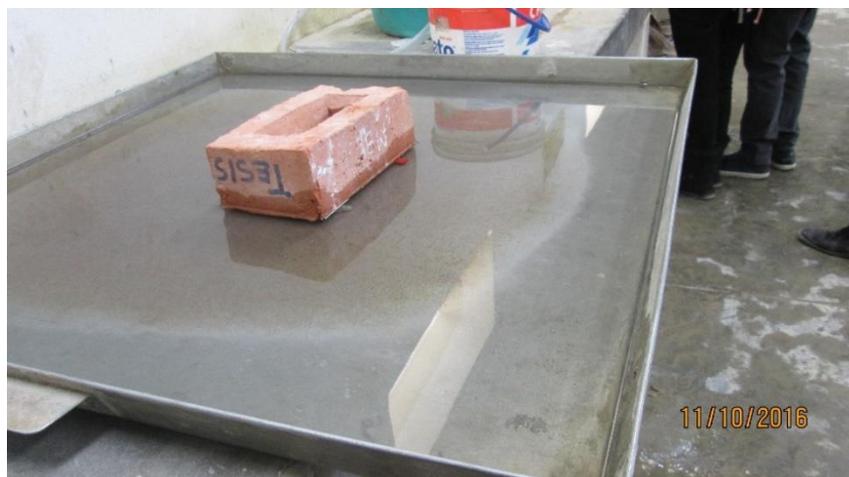


Figura 42. Ladrillo usado para ensayo de succión.



Figura 43. Refrentado de ladrillos con yeso para ser ensayados a compresión.



Figura 44. Realizando el ensayo de alabeo.



Figura 45. Ladrillos sumergidos en agua por 24 horas para el ensayo de absorción.



Figura 46. Midiendo la altura de la lámina de agua en el ensayo de succión.



Figura 47. Apuntando la deformación en el ensayo a compresión.



Figura 48. Muestra de ladrillo de concreto a ensayar.



Figura 49. Ladrillo ensayado a compresión.

ANEXO 2. TABLAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

- **VARIACIÓN DIMENSIONAL**

Tabla 17. *Datos acumulados de las muestras realizadas con ladrillos de arcilla.*

Muestra	L prom	H prom	A prom
MA1	22.08	7.74	12.64
MA2	21.75	7.60	12.42
MA3	22.09	7.67	12.53
MA4	21.93	7.70	12.49
MA5	21.92	7.60	12.74
MA6	22.15	7.74	12.55
MA7	22.20	7.61	12.62
MA8	22.02	7.59	12.52
MA9	22.20	7.70	12.54
MA10	21.60	7.68	12.38

Tabla 18. *Datos acumulados de las muestras realizadas con ladrillos de concreto.*

Muestra	L prom	H prom	A prom
MC1	22.16	8.67	12.22
MC2	21.94	8.77	12.23
MC3	21.78	8.89	12.12
MC4	21.94	8.94	12.17
MC5	21.92	8.68	12.31
MC6	22.22	8.77	12.21
MC7	22.05	8.77	12.21
MC8	21.97	8.74	12.20
MC9	21.96	8.86	12.15
MC10	22.00	8.72	12.15

- **RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

- **Ladrillos de arcilla**

Tabla 19. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA1.*

Muestra	Carga	Esfuerzo	ΔL (mm)
1	(kg)	(kg/cm ²)	
	0	0.00	0
	500	3.70	0.90
	1000	7.40	1.28
	1500	11.11	1.50
	2000	14.81	1.75
	2500	18.51	1.89
	3000	22.21	2.08
	3500	25.92	2.30
P _{máx} =	4000	29.62	2.48
8721	4500	33.32	2.69
	5000	37.02	2.95
	5500	40.72	3.15
	6000	44.43	3.25
	6500	48.13	3.55
	7000	51.83	3.80
	7500	55.53	3.96
	8000	59.23	4.38
	8500	62.94	4.75

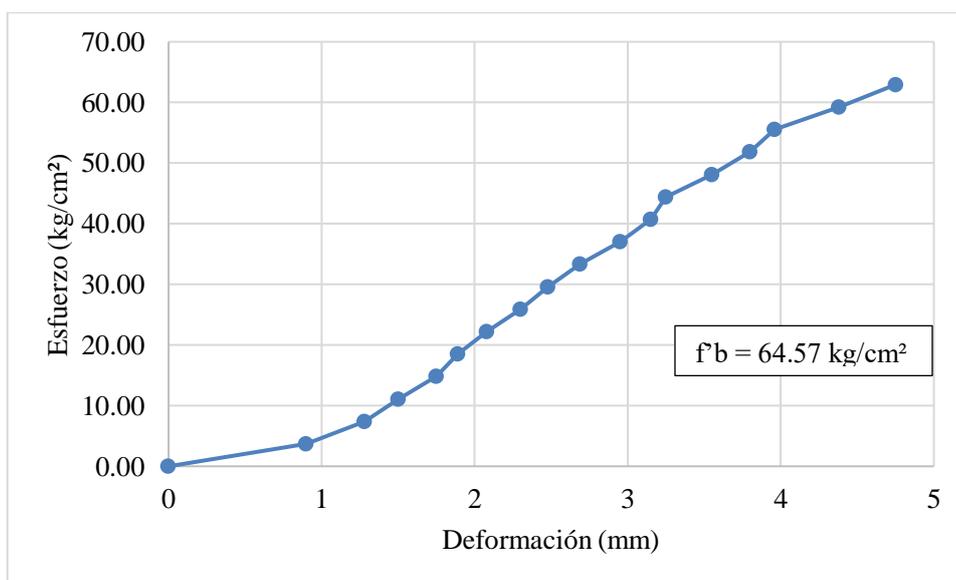


Figura 50. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA1.*

Tabla 20. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA2.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
2	0	0.00	0
	500	3.73	1.45
	1000	7.46	2.24
	1500	11.19	2.56
	2000	14.92	2.74
	2500	18.65	2.95
	3000	22.38	3.12
	3500	26.11	3.34
$P_{m\acute{a}x} =$	4000	29.84	3.46
8355	4500	33.57	3.68
	5000	37.30	3.83
	5500	41.03	4.06
	6000	44.76	4.25
	6500	48.49	4.4
	7000	52.22	4.68
	7500	55.95	5.06
	8000	59.68	5.45

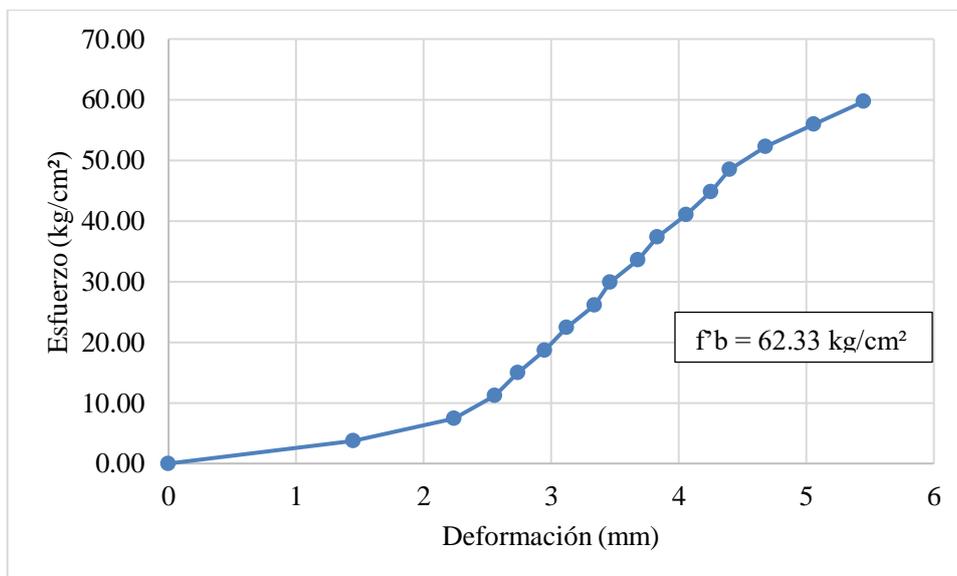


Figura 51. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA2.*

Tabla 21. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA3.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
3	0	0.00	0
	500	3.76	1.1
	1000	7.52	1.43
	1500	11.29	1.75
	2000	15.05	1.96
	2500	18.81	2.23
	3000	22.57	2.37
	3500	26.33	2.51
$P_{m\acute{a}x} =$	4000	30.09	2.65
8470	4500	33.86	2.82
	5000	37.62	2.93
	5500	41.38	3.15
	6000	45.14	3.35
	6500	48.90	3.72
	7000	52.66	3.94
	7500	56.43	4.18
	8000	60.19	4.52

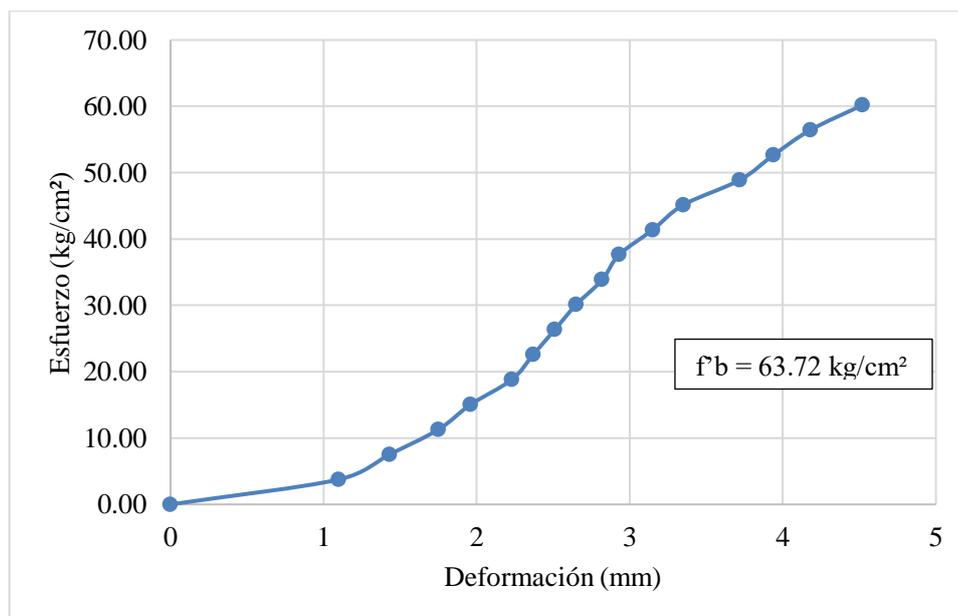


Figura 52. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA3.*

Tabla 22. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA4.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
4	0	0.00	0
	500	3.67	0.6
	1000	7.34	0.95
	1500	11.00	1.24
	2000	14.67	1.36
	2500	18.34	1.5
	3000	22.01	1.86
	3500	25.68	2.03
	4000	29.35	2.2
$P_{m\acute{a}x} =$ 9222	4500	33.01	2.3
	5000	36.68	2.48
	5500	40.35	2.78
	6000	44.02	2.95
	6500	47.69	3.05
	7000	51.36	3.25
	7500	55.02	3.45
	8000	58.69	3.66
	8500	62.36	3.8
	9000	66.03	4.19

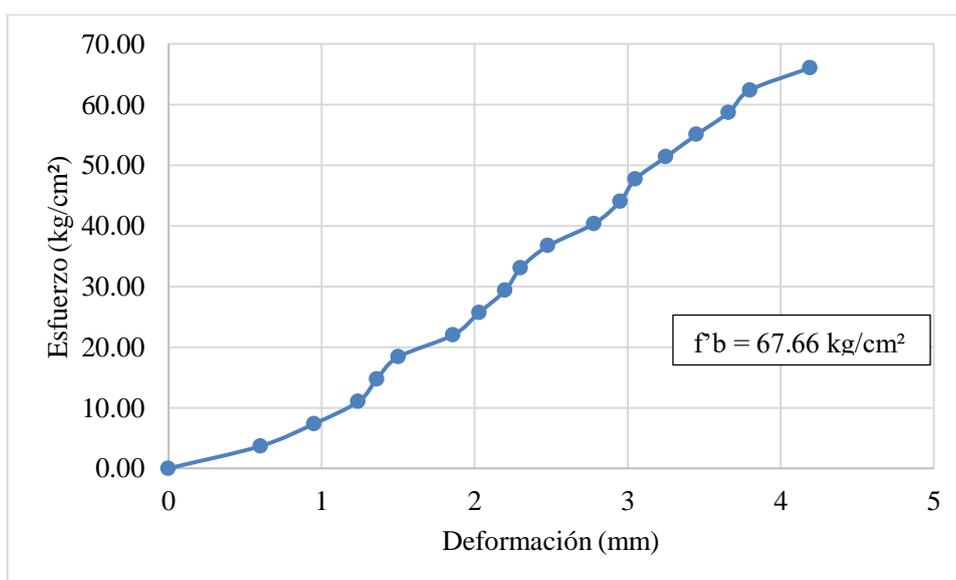


Figura 53. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA4.*

Tabla 23. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA5.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
5	0	0.00	0
	500	3.67	0.95
	1000	7.34	1.48
	1500	11.01	1.78
	2000	14.68	1.98
	2500	18.35	2.15
	3000	22.02	2.4
	3500	25.69	2.55
	4000	29.36	2.64
	4500	33.03	2.75
	5000	36.70	2.9
	5500	40.37	3.1
	6000	44.04	3.3
	6500	47.71	3.4
	7000	51.38	3.6
	7500	55.05	3.72
	8000	58.72	3.82
	8500	62.39	4.05
	9000	66.06	4.35

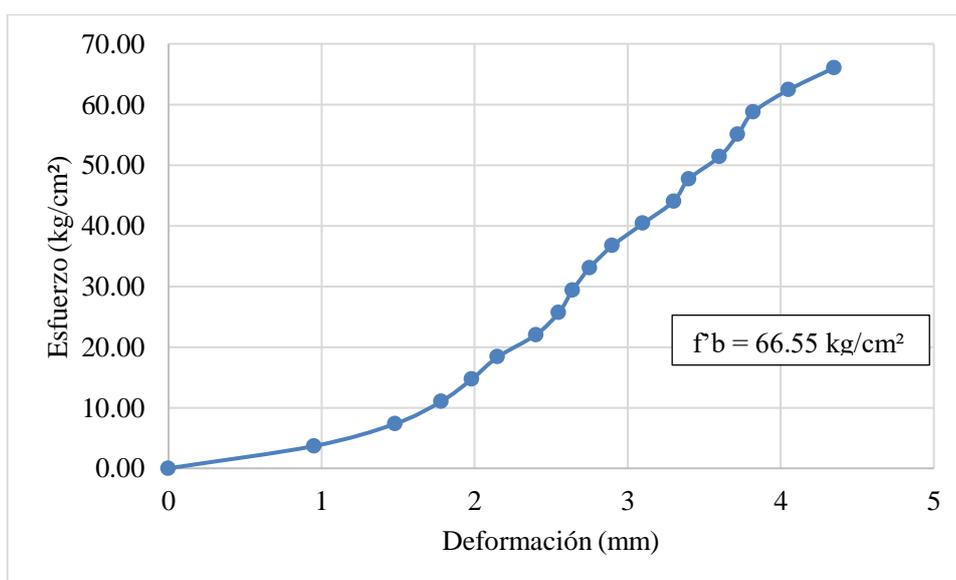


Figura 54. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA5.*

Tabla 24. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA6.*

Muestra 6	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	500	3.67	1.02
	1000	7.34	1.31
	1500	11.01	1.48
	2000	14.68	1.65
	2500	18.36	1.83
	3000	22.03	2.02
	3500	25.70	2.17
$P_{m\acute{a}x} =$ 8630	4000	29.37	2.32
	4500	33.04	2.56
	5000	36.71	2.77
	5500	40.38	3.04
	6000	44.05	3.25
	6500	47.73	3.39
	7000	51.40	3.78
	7500	55.07	3.89
	8000	58.74	4.15
	8500	62.41	4.48

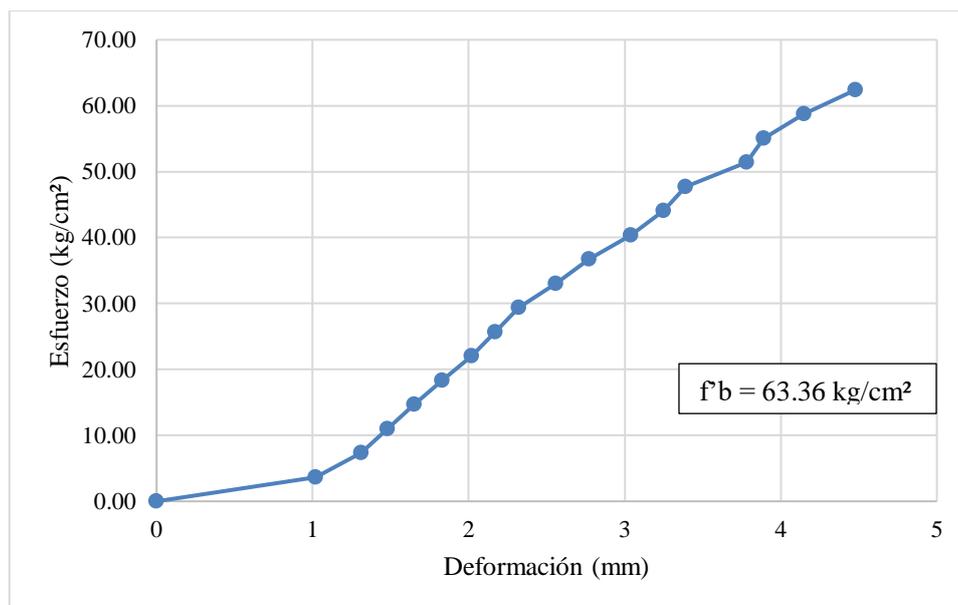


Figura 55. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA6.*

Tabla 25. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA7.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
7	0	0.00	0
	500	3.71	1.08
	1000	7.43	1.39
	1500	11.14	1.69
	2000	14.85	1.98
	2500	18.57	2.28
	3000	22.28	2.41
	3500	26.00	2.56
$P_{m\acute{a}x} =$	4000	29.71	2.73
8757	4500	33.42	2.91
	5000	37.14	3.02
	5500	40.85	3.28
	6000	44.56	3.52
	6500	48.28	3.73
	7000	51.99	3.96
	7500	55.70	4.15
	8000	59.42	4.59
	8500	63.13	4.83

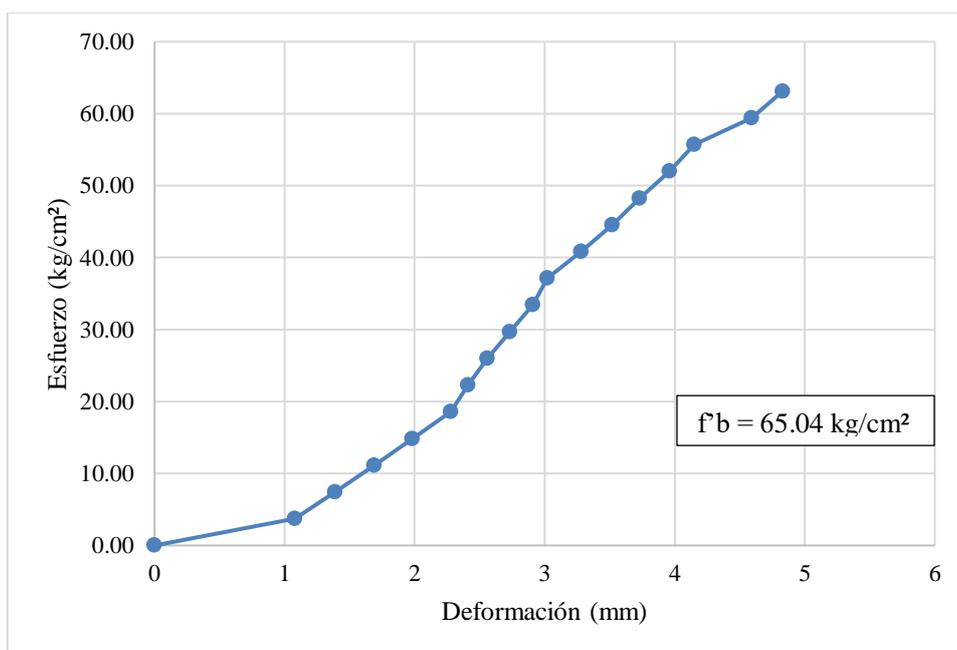


Figura 56. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA7.*

Tabla 26. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA8.*

Muestra 8	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	500	3.70	1.3
	1000	7.40	2.15
	1500	11.10	2.45
	2000	14.80	2.7
	2500	18.50	2.86
	3000	22.20	3.14
	3500	25.91	3.3
$P_{m\acute{a}x} =$ 8485	4000	29.61	3.46
	4500	33.31	3.61
	5000	37.01	3.79
	5500	40.71	4.11
	6000	44.41	4.3
	6500	48.11	4.48
	7000	51.81	4.83
	7500	55.51	5.21
	8000	59.21	5.42

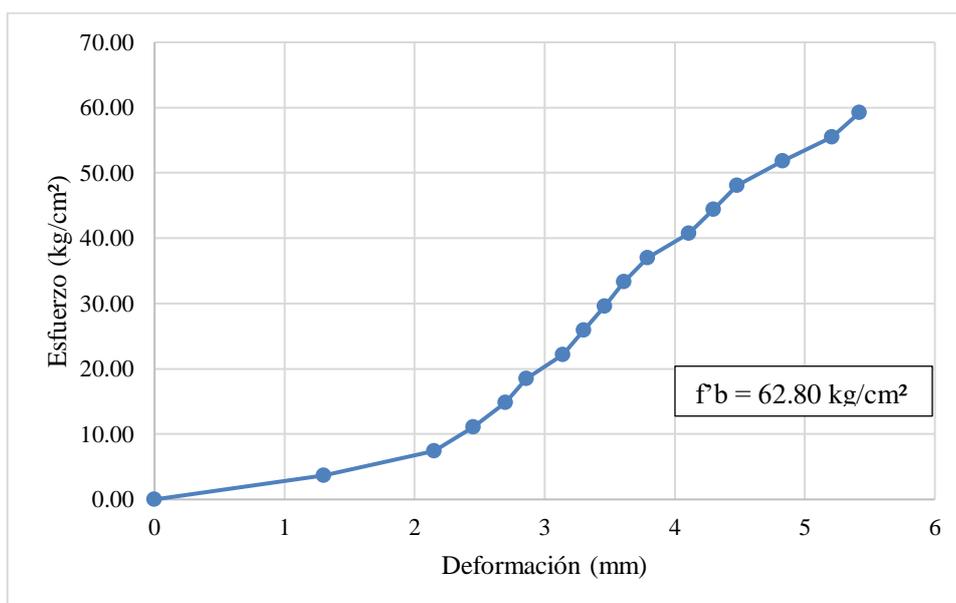


Figura 57. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA8.*

Tabla 27. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA9.*

Muestra 9	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	1000	3.90	0.35
	2000	7.81	0.87
	3000	11.71	1.24
	4000	15.61	1.42
P _{máx} = 8822	5000	19.52	1.58
	6000	23.42	1.74
	7000	27.33	1.92
	8000	31.23	2.09
	9000	35.13	2.24
	10000	39.04	2.41
	11000	42.94	2.62

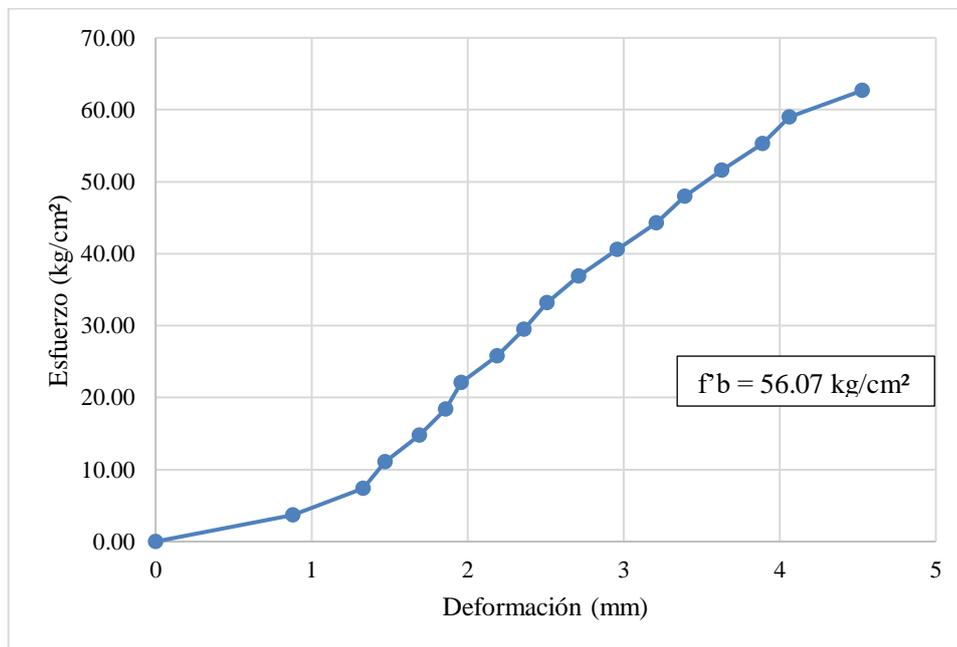


Figura 58. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA9.*

Tabla 28. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MA10.*

Muestra 10	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	1000	3.90	0.35
	2000	7.81	0.87
	3000	11.71	1.24
	4000	15.61	1.42
P _{máx} = 8978	5000	19.52	1.58
	6000	23.42	1.74
	7000	27.33	1.92
	8000	31.23	2.09
	9000	35.13	2.24
	10000	39.04	2.41
	11000	42.94	2.62

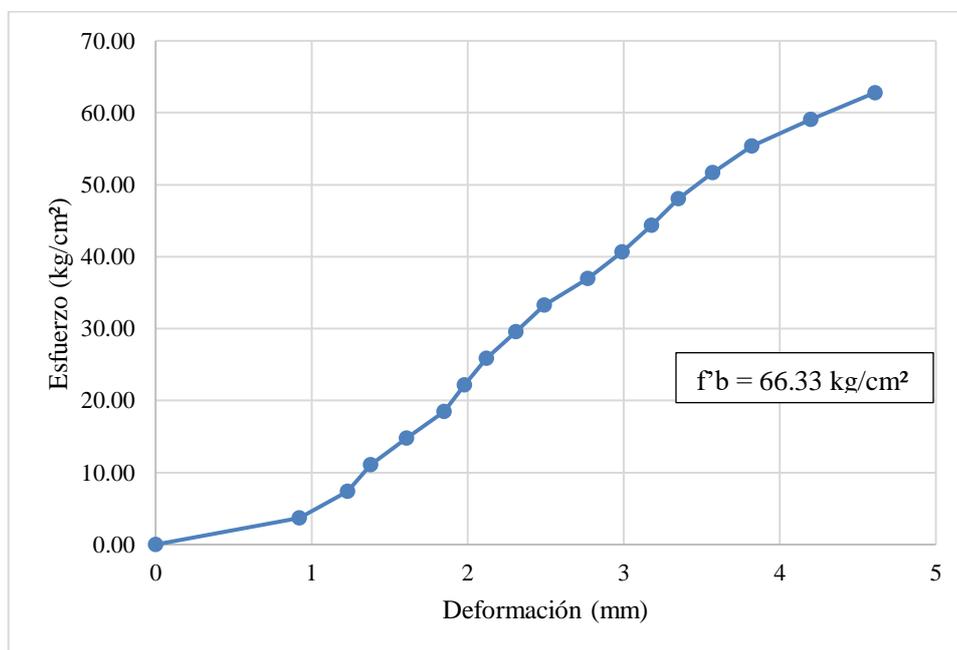


Figura 59. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MA10.*

- Ladrillos de concreto

Tabla 29. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MCI.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
1	0	0.00	0
	1000	3.89	0.39
	2000	7.78	0.93
	3000	11.67	1.21
	4000	15.56	1.44
	5000	19.45	1.60
P _{máx} = 14076	6000	23.34	1.76
	7000	27.23	1.94
	8000	31.12	2.11
	9000	35.01	2.27
	10000	38.90	2.41
	11000	42.79	2.60
	12000	46.69	2.90
	13000	50.58	3.28
	14000	54.47	4.26

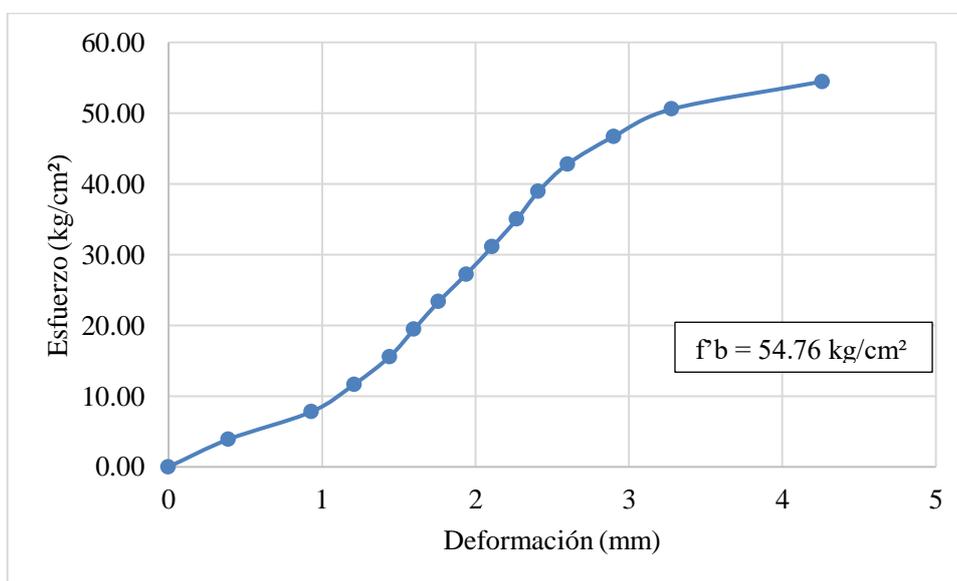


Figura 60. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MCI.*

Tabla 30. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC2.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
2	0	0.00	0
	1000	3.91	0.34
	2000	7.83	0.88
	3000	11.74	1.19
	4000	15.66	1.39
	5000	19.57	1.60
P _{máx} =	6000	23.48	1.78
14618	7000	27.40	1.95
	8000	31.31	2.12
	9000	35.23	2.30
	10000	39.14	2.45
	11000	43.05	2.62
	12000	46.97	2.88
	13000	50.88	3.30
	14000	54.79	4.23

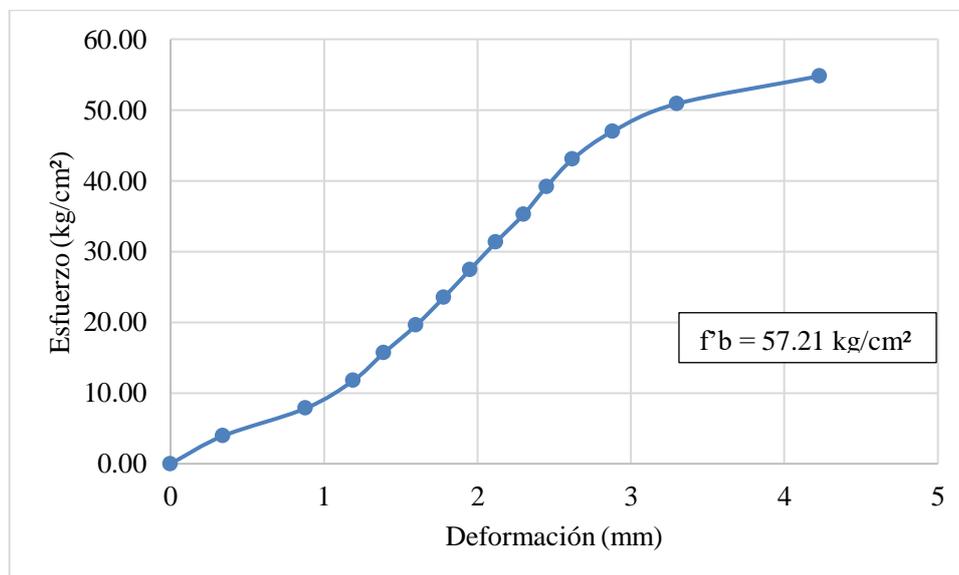


Figura 61. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC2.*

Tabla 31. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC3.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
3	0	0.00	0
	1000	3.87	0.36
	2000	7.74	0.70
	3000	11.61	0.98
	4000	15.48	1.20
	5000	19.34	1.32
	6000	23.21	1.54
$P_{m\acute{a}x} =$	7000	27.08	1.73
15168	8000	30.95	1.88
	9000	34.82	2.15
	10000	38.69	2.39
	11000	42.56	2.62
	12000	46.43	2.88
	13000	50.29	3.25
	14000	54.16	3.65
	15000	58.03	4.28

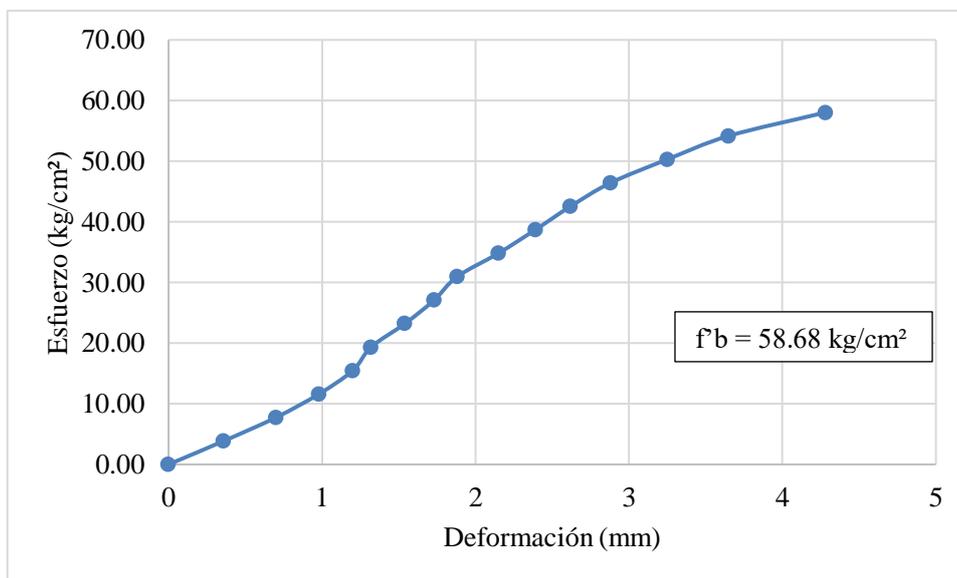


Figura 62. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC3.*

Tabla 32. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC4.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
4	0	0.00	0
	1000	3.69	0.52
	2000	7.37	0.67
	3000	11.06	0.95
	4000	14.74	1.16
	5000	18.43	1.36
	6000	22.12	1.52
$P_{m\acute{a}x} =$	7000	25.80	1.69
16232	8000	29.49	1.83
	9000	33.17	2.00
	10000	36.86	2.11
	11000	40.54	2.26
	12000	44.23	2.44
	13000	47.92	2.58
	14000	51.60	2.73
	15000	55.29	3.04
	16000	58.97	3.57

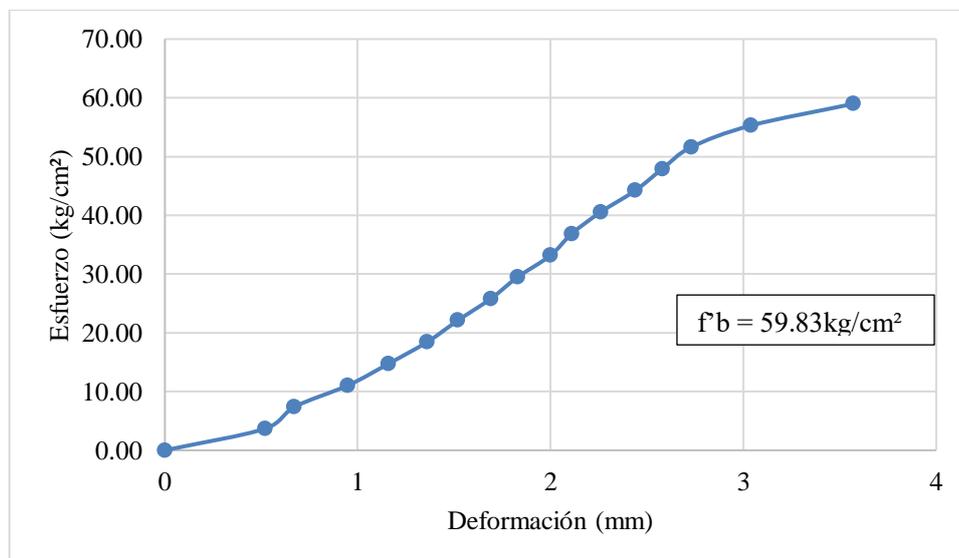


Figura 63. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC4.*

Tabla 33. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC5.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
5	0	0.00	0
	1000	3.72	0.35
	2000	7.43	0.95
	3000	11.15	1.24
	4000	14.86	1.42
	5000	18.58	1.58
	6000	22.29	1.74
	7000	26.01	1.92
	8000	29.72	2.09
	9000	33.44	2.24
	10000	37.15	2.41
	11000	40.87	2.62
	12000	44.58	2.88
	13000	48.30	3.25
	14000	52.01	4.11

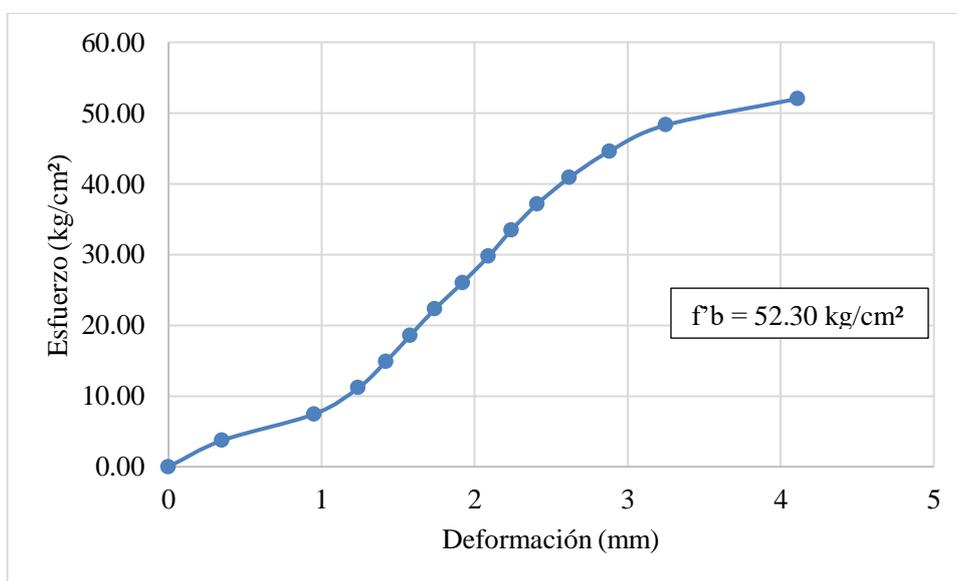


Figura 64. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC5.*

Tabla 34. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC6.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
6	0	0.00	0.00
	1000	3.90	0.46
	2000	7.79	0.94
	3000	11.69	1.21
	4000	15.59	1.41
P _{máx} = 10514	5000	19.48	1.67
	6000	23.38	2.02
	7000	27.28	2.42
	8000	31.17	2.87
	9000	35.07	3.36
	10000	38.96	4.10

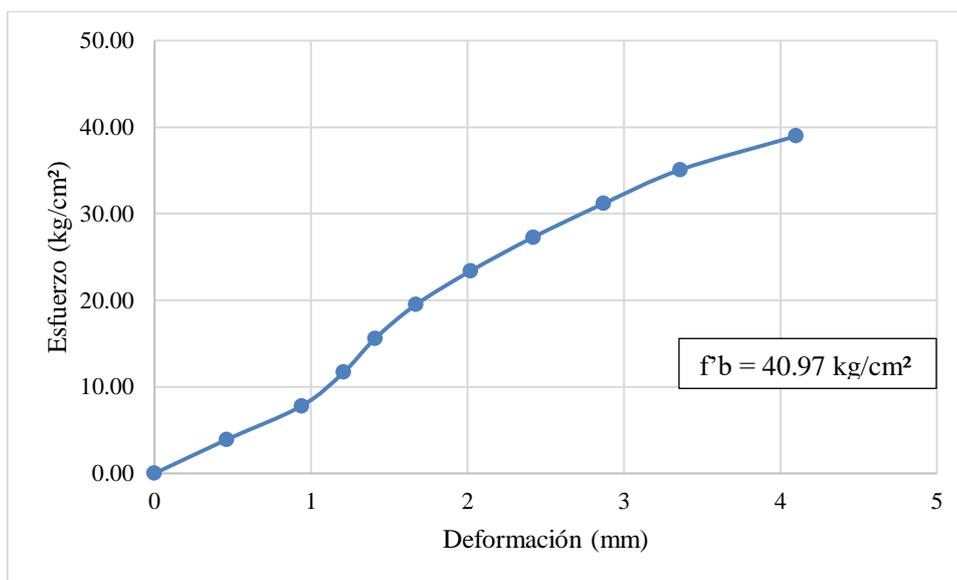


Figura 65. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC6.*

Tabla 35. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC7.*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
7	0	0.00	0
	1000	3.88	0.35
	2000	7.76	1.05
	3000	11.64	1.24
	4000	15.51	1.42
P _{máx} =	5000	19.39	1.58
11501	6000	23.27	1.74
	7000	27.15	1.92
	8000	31.03	2.09
	9000	34.91	2.24
	10000	38.78	2.41
	11000	42.66	4.42

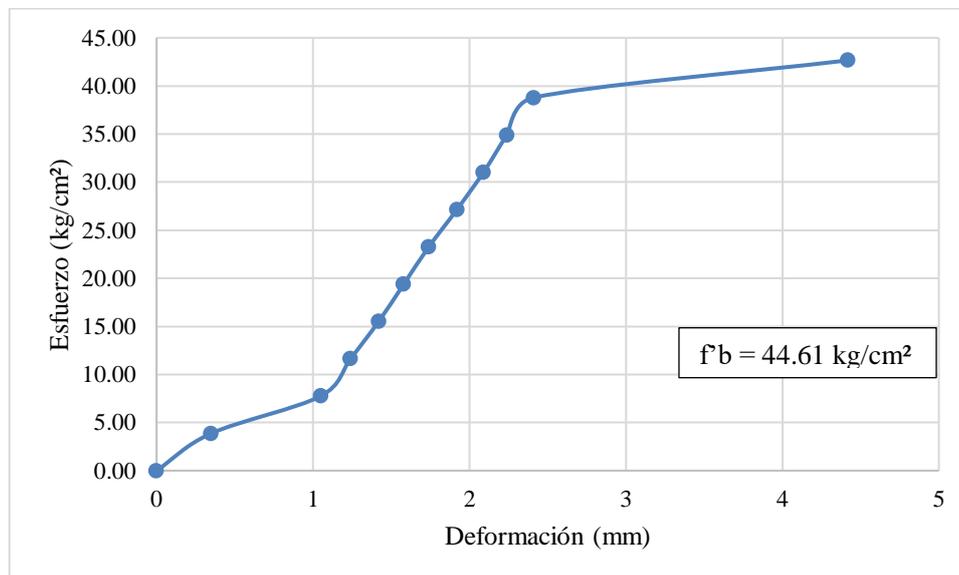


Figura 66. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC7.*

Tabla 36. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC8.*

Muestra 8	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	1000	3.90	0.35
	2000	7.81	0.87
	3000	11.71	1.24
	4000	15.61	1.42
$P_{m\acute{a}x} =$ 11195	5000	19.52	1.58
	6000	23.42	1.74
	7000	27.33	1.92
	8000	31.23	2.09
	9000	35.13	2.24
	10000	39.04	2.41
	11000	42.94	2.62

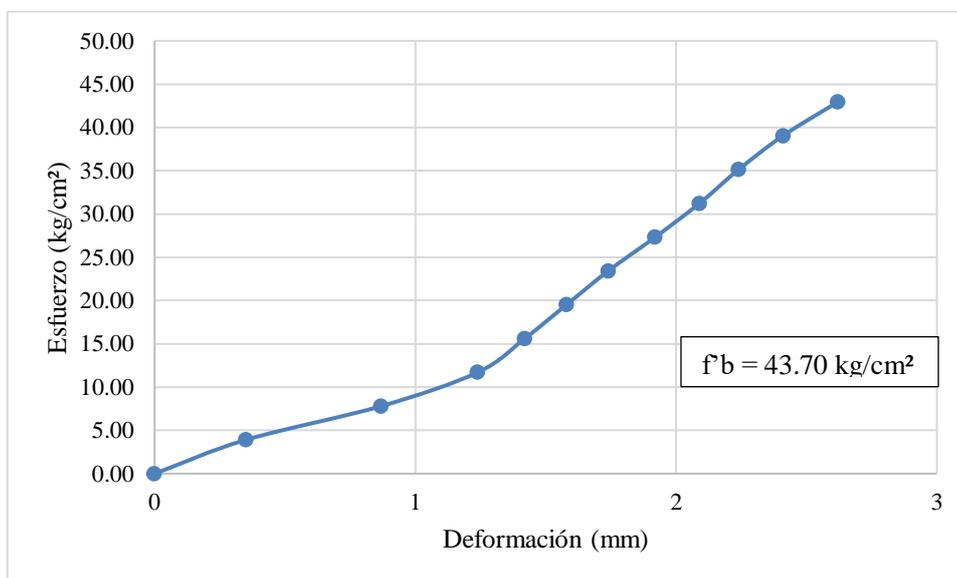


Figura 67. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC8.*

Tabla 37. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC9.*

Muestra 9	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	1000	3.90	0.35
	2000	7.81	0.87
	3000	11.71	1.24
	4000	15.61	1.42
$P_{m\acute{a}x} =$ 14522	5000	19.52	1.58
	6000	23.42	1.74
	7000	27.33	1.92
	8000	31.23	2.09
	9000	35.13	2.24
	10000	39.04	2.41
	11000	42.94	2.62

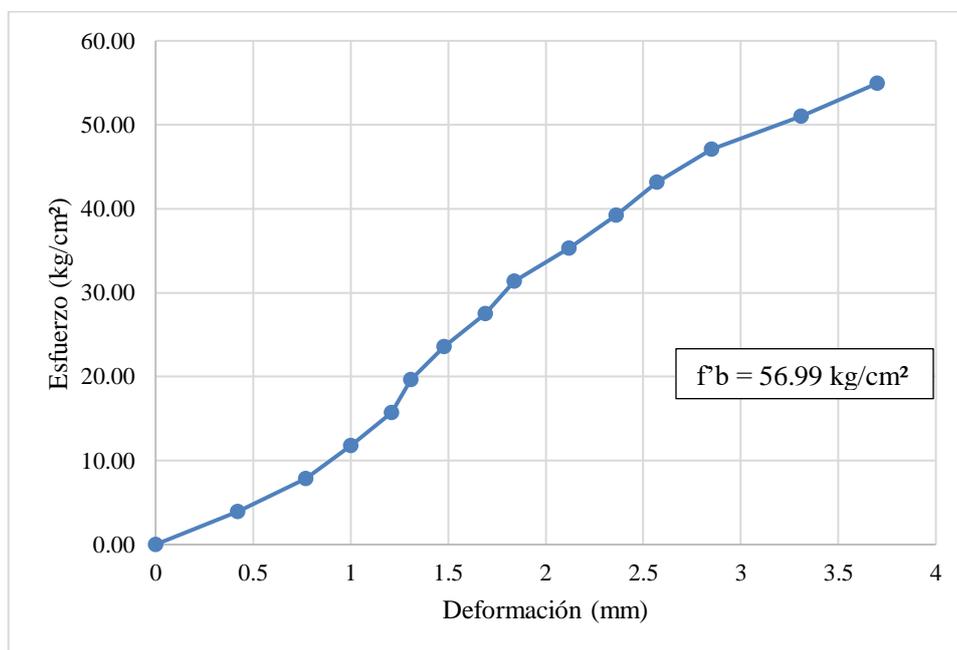


Figura 68. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC9.*

Tabla 38. *Tabla de carga máxima y deformación máxima de la muestra MC10.*

Muestra 10	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	ΔL (mm)
	0	0.00	0
	1000	3.90	0.35
	2000	7.81	0.87
	3000	11.71	1.24
	4000	15.61	1.42
$P_{m\acute{a}x} =$ 15358	5000	19.52	1.58
	6000	23.42	1.74
	7000	27.33	1.92
	8000	31.23	2.09
	9000	35.13	2.24
	10000	39.04	2.41
	11000	42.94	2.62

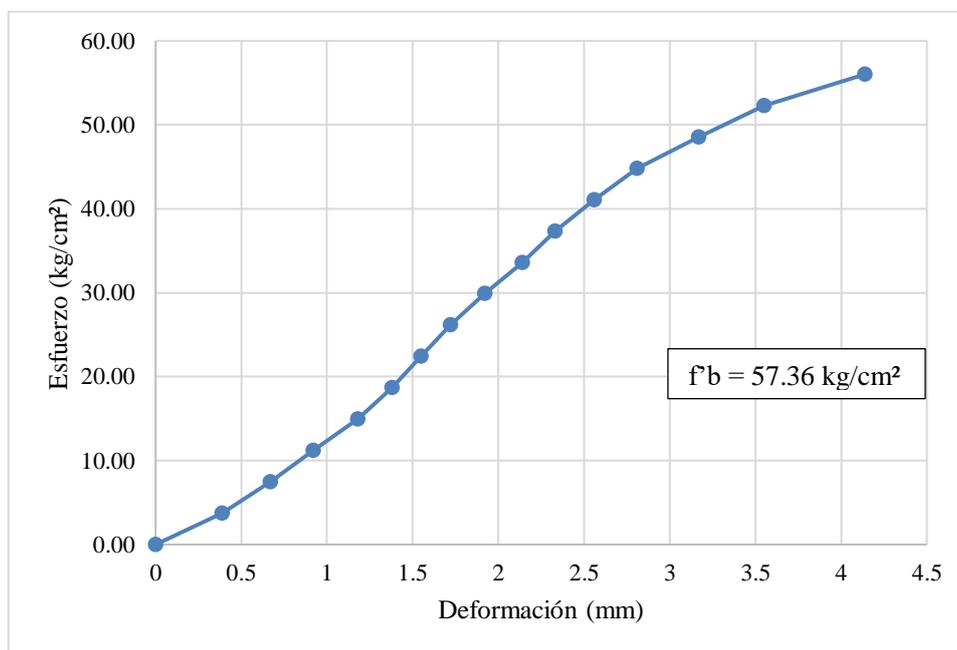


Figura 69. *Valores en Diagrama de esfuerzo – deformación de la muestra MC10.*

ANEXO 3. PROTOCOLOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	El Cerrillo	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de arcilla
UBICACIÓN:	Baños del Inca	ESPECÍMEN:	MA1 - MA5
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 hora	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

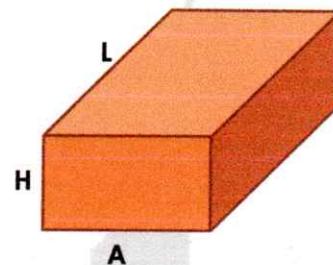
Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA1	22.050	7.762	12.552
	22.028	7.766	12.702
	22.070	7.758	12.628
	22.188	7.660	12.690
PROMEDIO	22.084	7.737	12.643

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA2	21.968	7.492	12.374
	21.982	7.822	12.440
	21.884	7.566	12.402
	21.164	7.518	12.464
PROMEDIO	21.750	7.600	12.420

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA3	21.970	7.670	12.454
	22.062	7.702	12.408
	22.232	7.604	12.760
	22.098	7.710	12.486
PROMEDIO	22.091	7.672	12.527

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA4	21.970	7.592	12.440
	21.856	7.834	12.452
	22.012	7.670	12.502
	21.870	7.718	12.572
PROMEDIO	21.927	7.704	12.492

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA5	21.930	7.592	12.746
	21.954	7.552	12.670
	21.934	7.680	12.668
	21.872	7.584	12.882
PROMEDIO	21.923	7.602	12.742



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzco Minchan COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	El Cerrillo	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de arcilla
UBICACIÓN:	Baños del Inca	ESPECÍMEN:	MA6 - MA10
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 hora	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

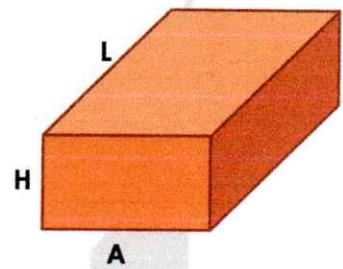
Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA6	22.072	7.726	12.504
	22.160	7.950	12.538
	22.342	7.672	12.452
	22.006	7.610	12.708
PROMEDIO	22.145	7.740	12.551

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA7	22.420	7.726	12.520
	22.116	7.738	12.688
	22.130	7.668	12.530
	22.122	7.326	12.760
PROMEDIO	22.197	7.615	12.625

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA8	22.052	7.420	12.532
	21.930	7.660	12.522
	22.148	7.648	12.446
	21.942	7.620	12.566
PROMEDIO	22.018	7.587	12.517

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA9	22.256	7.598	12.474
	22.172	7.738	12.618
	22.332	7.792	12.512
	22.030	7.668	12.550
PROMEDIO	22.198	7.699	12.539

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MA10	22.604	7.612	12.250
	21.896	7.594	12.400
	21.002	7.760	12.528
	21.878	7.750	12.346
PROMEDIO	21.595	7.679	12.381



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzco Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	Inciso Pajares Hnos S.R.L.	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de concreto
UBICACIÓN:	Cajamarca	ESPECÍMEN:	MC1 – MC5
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 hora	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

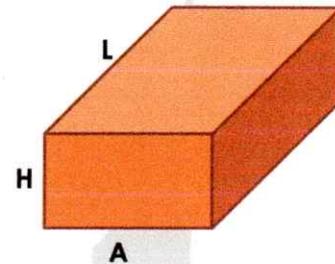
Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC1	22.292	8.700	12.082
	22.002	8.522	12.380
	22.240	8.710	12.204
	22.100	8.732	12.210
PROMEDIO	22.159	8.666	12.219

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC2	21.828	8.862	12.190
	21.978	8.656	12.254
	21.988	8.776	12.214
	21.952	8.804	12.248
PROMEDIO	21.937	8.775	12.227

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC3	21.968	8.990	12.092
	21.158	8.860	12.060
	21.916	8.888	12.150
	22.070	8.826	12.168
PROMEDIO	21.778	8.891	12.118

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC4	22.028	9.062	12.188
	21.892	8.834	12.186
	21.928	9.042	12.216
	21.898	8.822	12.108
PROMEDIO	21.937	8.940	12.175

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC5	21.982	8.700	12.430
	21.856	8.502	12.216
	21.984	8.748	12.432
	21.864	8.776	12.158
PROMEDIO	21.922	8.682	12.309



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Victor Cuzco Minchan	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	Inciso Pajares Hnos S.R.L.	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de concreto
UBICACIÓN:	Cajamarca	ESPECÍMEN:	MC6 - MC10
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 hora	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

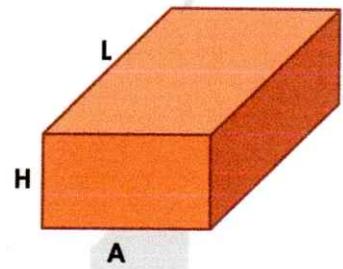
Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC6	22.078	8.806	12.178
	22.828	8.736	12.070
	22.114	8.788	12.228
	21.864	8.744	12.358
PROMEDIO	22.221	8.769	12.209

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC7	22.092	8.788	12.262
	21.980	8.586	12.162
	22.104	8.756	12.296
	22.024	8.962	12.116
PROMEDIO	22.050	8.773	12.209

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC8	22.010	8.816	12.206
	22.064	8.758	12.168
	21.964	8.704	12.212
	21.858	8.662	12.226
PROMEDIO	21.974	8.735	12.203

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC9	21.978	8.946	12.222
	21.972	8.872	12.082
	21.920	8.808	12.220
	21.954	8.806	12.072
PROMEDIO	21.956	8.858	12.149

Muestra	L (cm)	H (cm)	A (cm)
MC10	22.190	8.866	12.158
	21.836	8.602	12.038
	22.136	8.724	12.188
	21.852	8.704	12.220
PROMEDIO	22.004	8.724	12.151



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzeo Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016	FECHA: 06/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO		
ENSAYO	ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	El Cerrillo	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de arcilla
UBICACIÓN:	Baños del Inca	ESPECÍMEN:	MA1 - MA10
FECHA DE ENSAYO:	13/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	30 min	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Espécimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
MA1	1.3	2.4	0.5	2
MA2	2.6	2.1	0	1
MA3	0	3	0.3	1.2
MA4	0.8	1.5	0	0.4
MA5	1.4	1.3	0.1	1.5
MA6	0.5	1.5	1.1	0.2
MA7	1	3.1	1	0
MA8	2.2	2.7	2.3	0.3
MA9	2.3	3.4	2.5	1
MA10	1.3	3	1.5	1.3
Promedio	Cóncavo	1.14		
	convexo	1.65		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Victor Cuzco Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 13/10/2016	FECHA: 13/10/2016	FECHA: 13/10/2016



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	Inciso Pajares Hnos S.R.L.	TAMAÑO DE MUESTRA:	10 ladrillos artesanales de concreto
UBICACIÓN:	Cajamarca	ESPECÍMEN:	MC1 - MC10
FECHA DE ENSAYO:	13/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	30 min	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Espécimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
MC1	0.4	0	0	0
MC2	0	0	0.1	0.1
MC3	0.6	0	0	0
MC4	0.5	0.1	0.3	0
MC5	0.3	0	0	0.2
MC6	0.2	0.2	0.3	0
MC7	0.2	0	0	0.1
MC8	0	0.2	0.4	0.1
MC9	0.1	0.1	0.5	0.1
MC10	0.1	0	0.1	0
Promedio	Cóncavo	0.21		
	convexo	0.06		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzco Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 13 / 10 / 2016	FECHA: 13 / 10 / 2016	FECHA: 13 / 10 / 2016



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	El Cerrillo	TAMAÑO DE MUESTRA:	5 ladrillos artesanales de arcilla
UBICACIÓN:	Baños del Inca	ESPECÍMEN:	MA1 – MA5
FECHA DE ENSAYO:	12/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	24 horas	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

MUESTRA 1			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3292.6	3293.43	3707.6	3707.37
3292.4		3707.4	
3292.3		3707.1	

MUESTRA 2			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3270.4	3270.50	3692.9	3692.63
3270.8		3692.6	
3270.3		3692.4	

MUESTRA 3			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3342.0	3341.93	3769.7	3769.47
3341.7		3769.4	
3342.1		3769.3	

MUESTRA 4			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3278.6	3278.57	3681.2	3680.77
3279.0		3680.8	
3278.1		3680.3	

MUESTRA 5			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3315.0	3314.93	3737.8	3737.47
3314.7		3737.5	
3315.1		3737.1	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Victor Cuzco Mingán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 12/10/2016	FECHA: 12/10/2016	FECHA: 12/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	Inciso Pajares Hnos S.R.L.	TAMAÑO DE MUESTRA:	5 ladrillos artesanales de concreto
UBICACIÓN:	Cajamarca	ESPECÍMEN:	MC1 – MC5
FECHA DE ENSAYO:	12/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	24 horas	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

MUESTRA 1			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3727.1	3727.03	4108.0	4107.40
3727.4		4107.3	
3726.6		4106.9	

MUESTRA 2			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3709.8	3709.93	4093.6	4093.10
3710.3		4093.2	
3709.7		4092.5	

MUESTRA 3			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3786.5	3786.60	4172.2	4172.00
3786.6		4172.0	
3786.7		4171.8	

MUESTRA 4			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3820.5	3820.43	4196.8	4196.40
3820.7		4196.4	
3820.1		4196.0	

MUESTRA 5			
W seco (gr)	PROMEDIO	W húmedo (gr)	PROMEDIO
3667.3	3667.47	4058.9	4058.30
3667.5		4058.5	
3667.6		4057.5	

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzco Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 12 / 10 / 2016	FECHA: 12 / 10 / 2016	FECHA: 12 / 10 / 2016



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO	SUCCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	El Cerrillo	TAMAÑO DE MUESTRA:	5 ladrillos artesanales de arcilla
UBICACIÓN:	Baños del Inca	ESPECÍMEN:	MA1 – MA5
FECHA DE ENSAYO:	11/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 min/ladrillo	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

MUESTRA 1			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.97	12.37	3318.2	3440.1
21.98	12.44		
21.88	12.40		

MUESTRA 2			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.97	12.45	3315.5	3441.0
22.06	12.41		
22.23	12.76		

MUESTRA 3			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.97	12.44	3285.6	3413.0
21.86	12.45		
22.01	12.50		

MUESTRA 4			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
22.05	12.55	3368.6	3495.3
22.03	12.70		
22.07	12.63		

MUESTRA 5			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.93	12.75	3372.5	3497.7
21.95	12.67		
21.93	12.67		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Víctor Cuzco Minchán COORDINADOR LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 11/10/2016	FECHA: 11/10/2016	FECHA: 11/10/2016



LABORATORIO DE CONCRETO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO		
ENSAYO	SUCCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CMF-LC-UPNC:
NORMAS	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
PROYECTO	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ARTESANALES FABRICADOS CON ARCILLA Y CONCRETO	

LADRILLERA:	Inciso Pajares Hnos S.R.L.	TAMAÑO DE MUESTRA:	5 ladrillos artesanales de concreto
UBICACIÓN:	Cajamarca	ESPECÍMEN:	MC1 – MC5
FECHA DE ENSAYO:	11/10/2016	RESPONSABLE:	Kevin Alberto Nuñez Ruiz
TIEMPO DE ENSAYO:	1 min/ladrillo	REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

MUESTRA 1			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
22.29	12.08	3760.0	3795.5
22.00	12.38		
22.24	12.20		

MUESTRA 2			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.97	12.09	3716.2	3748.2
21.16	12.06		
21.92	12.15		

MUESTRA 3			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
22.03	12.19	3709.8	3739.3
21.89	12.19		
21.93	12.22		

MUESTRA 4			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.98	12.43	3730.2	3765.0
21.86	12.22		
21.98	12.43		

MUESTRA 5			
LARGO (cm)	ANCHO (cm)	W seco (gr)	W húmedo (gr)
21.83	12.19	3815.7	3848.0
21.98	12.25		
21.99	12.21		

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
Kevin Alberto Nuñez Ruiz	Victor Cuzco Minchán	Ing. Miguel Mosqueira Moreno
FECHA: 11 / 10 / 2016	FECHA: 11 / 10 / 2016	FECHA: 11 / 10 / 2016

