

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO
PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA,
MOTUPE.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: ROBERT GUEVARA DÁVILA.

Asesor: CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

Chota, Perú

2022



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: **ROBERT GUEVARA DÁVILA**

Código del alumno: **2014052173**

Correo electrónico: **rguevaradavila@gmail.com**

Teléfono: **901 202 857**

DNI: **44747262**

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: **CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ**

Teléfono: **959 008 297**

Correo electrónico: **Cebenavidez@unach.edu.pe**

D.N.I: **70609688**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Robert Guevara Dávila
DNI. 44747262

Fecha, 01 de agosto de 2022.

**Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente
arena por residuos de diatomita, Motupe.**

POR:

ROBERT GUEVARA DÁVILA.

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Mg. Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos
Ing. Civil Jane Álvarez Llanos
PRESIDENTE

Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
SECRETARIO

Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo
VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría para alcanzar esta meta y por bendecirme con una familia sin igual; también agradezco infinitamente a mis padres y hermanos por ser los pilares generadores de valores en los que se fundó mi formación y a mi esposa por ser la fuente inagotable de amor y comprensión a lo largo de todo este tramo de nuestras vidas y por ayudarme en cumplir con el último desafío que todo hombre debe realizar en su paso por la tierra, tener un hijo, a quien espero haberle abierto un modesto sendero por el que pueda recorrer; Jarly Jhordin, éste esfuerzo es por ti.

Finalmente, y sin ser menos importantes, agradezco infinitamente todos los docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota y en especial a la Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez, por el asesoramiento brindado para poder realizar este trabajo.

El autor.

DEDICATORIA

Dedico este humilde trabajo a mis queridos padres, hermanos y familiares por su apoyo incondicional y en especial a mi esposa Zulema y mi hijo Jarly Jhordin por convertirse en los puntos claves de la recta de mi formación y ser las fuentes inagotables de amor y comprensión.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I.....	23
INTRODUCCIÓN.....	23
Planteamiento del problema.....	23
Formulación del problema.....	30
Justificación e importancia.....	30
Delimitación de la investigación.....	31
Limitaciones.....	31
Objetivos.....	32
Objetivo general.....	32
Objetivos específicos.....	32
CAPÍTULO II.....	33
MARCO TEÓRICO.....	33
2.1. Antecedentes de la investigación.....	33

2.1.1. Antecedentes internacionales	33
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	36
2.1.3. Antecedentes locales	39
2.2. Bases teóricas	42
2.2.1. El ladrillo.....	42
2.2.1.1. Definición	42
2.2.1.2. Historia y evolución	43
2.2.1.3. Industria del ladrillo en el Perú	44
2.2.1.4. Características	45
2.2.1.5. Restricciones para el uso del ladrillo.....	46
2.2.1.6. Medidas y áreas.....	47
2.2.1.7. Propiedades.....	47
2.2.1.7.1. Propiedades físicas concurrentes a lo decorativo.....	47
2.2.1.7.2. Propiedade relacionadas a la ingeniería	48
2.2.1.8. Clasificación del ladrillo.....	49
2.2.1.8.1. Según su resistencia	49
2.2.1.8.2. Según su uso.....	50
2.2.1.8.3. Según su estructura.....	51
2.2.1.8.4. Según el método de fabricación.....	51
2.2.1.8.5. Por la materia prima.....	52
2.2.1.9. Componentes del ladrillo.....	53
2.2.1.9.1. Arcilla.....	53
2.2.1.9.2. Arena.....	57
2.2.1.10. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal.....	58

2.2.1.10.1. Extracción y selección de la materia prima.....	58
2.2.1.10.2. Preparación del fango o mezcla.....	59
2.2.1.10.3. Moldeado.....	60
2.2.1.10.4. Secado.....	60
2.2.1.10.5. Cocción.....	61
2.2.1.10.6. Distribución y/o entrega.....	62
2.2.1.11. El aparejo en ladrillos.....	63
2.2.1.11.1. Aparejo de sogá.....	63
2.2.1.11.2. Aparejo de cabeza.....	63
2.2.1.11.3. Aparejo sardinel.....	64
2.2.1.11.4. Aparejo inglés.....	64
2.2.1.11.5. Aparejo pandereta.....	64
2.2.1.11.6. Aparejo palomero.....	65
2.2.2. Diatomita.....	65
2.2.2.1. Definición.....	65
2.2.2.2. Tipos.....	66
2.2.2.3. Aplicaciones.....	66
2.2.2.4. Propiedades físicas y química.....	68
2.2.2.5. Proceso de producción.....	69
2.2.2.6. Diatomita en el Perú:.....	72
2.3. Definición de términos.....	74
2.3.1. Arcilla.....	74
2.3.2. Arena.....	74

2.3.3. Diatomita	74
2.3.4. Ladrillo	74
2.3.5. Ladrillo artesanal	74
2.3.6. Ladrillo convencional	75
2.3.7. Propiedades físico mecánicas	75
2.3.8. Residuos sólidos	75
CAPÍTULO III.....	76
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	76
3.1. Hipótesis.....	76
3.2. Variables	76
3.2.1. Variable independiente.....	76
3.2.2. Variable dependiente	76
CAPÍTULO IV	78
MARCO METODOLÓGICO	78
4.1. Ubicación geográfica del estudio.....	78
4.2. Unidad de análisis, población y muestra.....	80
4.2.1. Población	80
4.2.2. Muestra	80
4.2.3. Unidad de análisis	81
4.2.4. Unidad de observación.....	81
4.2.5. Tipo y descripción del diseño de investigación	81
4.2.5.1. Tipo de investigación	81

4.2.6. Diseño de investigación	83
4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos	85
4.3.1. Técnicas	85
4.3.2. Instrumentos	85
4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de información	86
4.4.1. Muestreo de las unidades de albañilería.....	86
4.4.2. Pruebas o ensayos practicados a los ladrillos	87
4.4.3. Técnicas utilizadas para el procesamiento de la información	1011
4.4.4. Técnicas para el análisis de la información.....	101
CAPÍTULO V	102
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	102
5.1. Presentación de resultados	102
5.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arcilla y arena.	102
5.1.2. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal elaborado con residuos de diatomita.	113
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	126
5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arcilla y arena.	126
5.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal elaborado con residuos de diatomita.....	127
5.3. Contrastación de hipótesis	147

CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales. ...	46
Tabla 2. Clase de unidades de albañilería para fines estructurales.....	50
Tabla 3. Arcillas comunes para ladrillos.	54
Tabla 4. Composición química de la arcilla para ladrillos.....	54
Tabla 5. Clasificación del suelo según su plasticidad.....	55
Tabla 6. Composición química de la diatomita.	69
Tabla 7. Matriz de operacionalización de las variables en estudio.....	77
Tabla 8. Tamaño de muestra por cada ensayo de laboratorio.....	80
Tabla 9. Tipo de investigación según los principales criterios	83
Tabla 10. Cuadro de técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	86
Tabla 11. Variación de la dimensión máxima en %	88
Tabla 12. Alabeo máximo en ladrillos en mm.....	89
Tabla 13. Absorción máxima en porcentaje.	91
Tabla 14. Resistencia a la compresión mínima en Kg/cm ²	97
Tabla 15. Factores de corrección por esbeltez.....	99
Tabla 16. Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería.	100
Tabla 17. Granulometría por hidrometría de los residuos de diatomita y arena.....	106
Tabla 18. Peso unitario suelto y compactado de los residuos de diatomita, arena y arcilla.	108

Tabla 19. Peso específico de los residuos de diatomita, arena y arcilla.	108
Tabla 20. Porcentaje de absorción de los residuos de diatomita, arena y arcilla.....	109
Tabla 21. Contenido de humedad o humedad natural de los residuos de diatomita, arena y arcilla.	109
Tabla 22. Contenido de sales solubles de los residuos de diatomita, arena y arcilla. .	110
Tabla 23. Proporción de arena y arcilla en número de carretillas para la producción de ladrillo artesanal.	111
Tabla 24. Cantidad de residuos de diatomita sustituyentes de arena utilizados para la producción de ladrillo artesanal según las proporciones propuestas.....	111
Tabla 25. Valores de las dimensiones y variación dimensional de los ladrillos con respecto al nominal.....	114
Tabla 26. Valores de alabeo promedio y máximo de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.....	115
Tabla 27. Absorción (%) de los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.....	116
Tabla 28. Valores de promedio de la succión en los ladrillos artesanales según la sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.....	117
Tabla 29. Presencia de eflorescencia en los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.	119
Tabla 30. Peso específico de los ladrillos elaborados artesanalmente sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.....	119
Tabla 31. Resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.....	122

Tabla 32. Resistencia a la compresión en pila de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.	123
Tabla 33. Resistencia a la compresión diagonal de los muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.	125
Tabla 34. Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arena y arcilla utilizados para la fabricación de ladrillos artesanales.	127
Tabla 35. Dimensiones y variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, respecto a un ladrillo nominal.....	129
Tabla 36. Valores de la variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo base o con 0% de sustitución.....	130
Tabla 37. Alabeo de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, comparados con los valores establecidos por la norma E.070 según el tipo de ladrillo.....	132
Tabla 38. Valores del alabeo de los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución comparados con el ladrillo base o con 0% de sustitución.....	133
Tabla 39. Valores de la absorción de los ladrillos según su porcentaje de sustitución y según el tipo de ladrillo estipulado en la norma NTP 331.017.....	134
Tabla 40. Valores de la absorción de los ladrillos con diferentes porcentajes de sustitución respecto al valor de absorción de un ladrillo base.....	135
Tabla 41. Peso de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.	136
Tabla 42. Valores de la succión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita comparados con lo estipulado en la NTP 331.017.	138

Tabla 43. Valores de la succión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita comparados con el valor promedio de succión de un ladrillo base.....	139
Tabla 44. Promedio del peso específico seco y saturado superficialmente seco.....	140
Tabla 45. Resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe y su clasificación según su resistencia característica y fin estructural.	142
Tabla 46. Valores de la resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, respecto a los ladrillos base.	144
Tabla 47. Comparación de la resistencia	146
Tabla 48. Prueba de hipótesis Ho: resistencia similar a lo especificado en la norma.	148
Tabla 49. Prueba de hipótesis Ho: el peso disminuye en 10% con respecto a un ladrillo base.	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de Productoras de Ladrillo por Región en el Perú.	23
Figura 2. Mayores Productores Mundiales de Diatomita en el 2016.	25
Figura 3. Exportación de diatomita en el Perú por países de destino.....	27
Figura 4. Importación de diatomita en el Perú por países de origen.	27
Figura 5. Clasificación general del consumo de diatomitas de acuerdo a sus usos en el Perú.	28
Figura 6. Ladrillo y su nomenclatura de caras y lados.	47
Figura 7. Propiedades del ladrillo.....	49
Figura 8. Tipos de ladrillos.....	50
Figura 9. Fabricación de ladrillo artesanal.	52
Figura 10. Proceso de extracción de la materia prima para el ladrillo.	59
Figura 11. Proceso de preparación del fango del ladrillo.	59
Figura 12. Proceso de moldeado de los ladrillos artesanales.	60
Figura 13. Proceso de secado de los ladrillos artesanales.	61
Figura 14. Proceso de quemado de los ladrillos artesanales.	62
Figura 15. Proceso de elaboración de los ladrillos artesanales.	62
Figura 16. Muro con aparejo de soga.	63
Figura 17. Muro con aparejo de cabeza.....	63
Figura 18. Muro con aparejo de sardinel.....	64
Figura 19. Muro con aparejo inglés.....	64
Figura 20. Muro con aparejo de panderete.....	65

Figura 21. Muro con aparejo palomero.	65
Figura 22. Diagrama general del proceso de producción de la diatomita.	71
Figura 23. Principales yacimientos de diatomita en el Perú.....	73
Figura 24. Ubicación geográfica del distrito de Motupe.	78
Figura 25. Ubicación geográfica del distrito de Bambamarca.	79
Figura 26. Esquematización del diseño de investigación.	84
Figura 27. Cuña para medir el alabeo de ladrillos.....	88
Figura 28. Disposición de la muestra para el ensayo de succión.	92
Figura 29. Diagrama del ensayo de murete.	98
Figura 30. Prisma estándar para el ensayo de compresión.....	100
Figura 31. Análisis granulométrico y módulo de finura de los residuos de diatomita.	103
Figura 32. Curva granulométrica de los residuos de diatomita.....	103
Figura 33. Análisis granulométrico y módulo de finura de la arena.	104
Figura 34. Curva granulométrica de la arena fina.	104
Figura 35. Análisis granulométrico de la arcilla.	105
Figura 36. Curva granulométrica de la arcilla.	105
Figura 37. Clasificación de la arena y los residuos de diatomita según su textura en el triángulo de Winkler.....	106105
Figura 38. Cantidad de residuos de diatomita utilizados por porcentaje de sustitución de arena.....	112
Figura 39. Variación dimensional de los ladrillos artesanales (con respecto al nominal) según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.....	114

Figura 40. Valores de alabeo máximo de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.	116
Figura 41. Resultado de la absorción en los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.	117
Figura 42. Succión promedio, máxima y mínima (gr/200cm ² /min.) de los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.	118
Figura 43. Peso específico seco y sss de los ladrillos elaborados artesanalmente sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.	121
Figura 44. Resistencia máxima a la compresión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.	122
Figura 45. Resistencia promedio a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.	124
Figura 46. Resistencia a la compresión diagonal de los muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.	126
Figura 47. Valores de la variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo nominal y a los valores de la norma E.070.	129
Figura 48. Variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo base o con 0% de sustitución.	131
Figura 49. Alabeo de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, comparados con los valores establecidos por la norma E.070 según el tipo de ladrillo.	132

Figura 50. Valores del alabeo de los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución comparados con el ladrillo base o con 0% de sustitución.	133
Figura 51. Valores de la absorción de los ladrillos según su porcentaje de sustitución y según el tipo de ladrillo estipulado en la norma NTP 331.017.....	134
Figura 52. Valores de la absorción de los ladrillos con diferentes porcentajes de sustitución respecto al valor de absorción de un ladrillo base.....	135
Figura 53. Peso de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe	136
Figura 54. Disminución del peso de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe	137
Figura 55. Valores de la succión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita comparados con lo estipulado en la NTP 331.017.	138
Figura 56. Valores de la succión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita comparados con el valor promedio de succión de un ladrillo base.....	139
Figura 57. Promedio del peso específico seco y saturado superficialmente seco.	140
Figura 58. Resistencia a la compresión final de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, con respecto al ladrillo King Kong Artesanal de la norma E.070.	142
Figura 59. Resistencia a la compresión final de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con los ladrillos base.	143

Figura 60. Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe, comparado con la resistencia especificada en la norma E.070.	144
Figura 61. Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe, comparado con la resistencia de los ladrillos base con 0% de sustitución.	145
Figura 62. Resistencia a la compresión en muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con la resistencia propuesta en la norma E.070.	146
Figura 63. Resistencia a la compresión en muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con la resistencia del ladrillo base.	147
Figura 64. Resumen de los parámetros estadísticos de la variable resistencia.	149
Figura 65. Resumen de los parámetros estadísticos de la variable peso.	149

RESUMEN

El ladrillo desde su invención se ha convertido en uno de los materiales de construcción más utilizados por las diferentes culturas que han cursado por la tierra, éstos pueden ser elaborados de manera industrial, semi industrial y artesanalmente, siendo esta última la más común en nuestro medio; en tal sentido en el presente trabajo de investigación se planteó como objetivo evaluar ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena, en porcentajes de 0, 20, 40, 60 y 80, por residuos de diatomita obtenidos de la Cervecería Backus y Johnston, Planta ubicada en el distrito de Motupe, provincia de Lambayeque, región Lambayeque, con la finalidad de determinar si cumplen con los requerimientos estipulados en la Norma E.07 Albañilería y de ellos escoger el porcentaje más óptimo. La muestra estuvo conformada por 470 ladrillos fabricados artesanalmente (94 ladrillos por cada porcentaje de sustitución), los cuales fueron ensayados después de ser quemados, teniendo en cuenta las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 399.613. De los ensayos practicados se obtuvo que los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución presentan una variación dimensional de 4.370, 3.696, 3.739, 3.750 y 4.130%, respectivamente en lo que respecta a su longitud, -0.740, -0.288, -0.519, -0.558 y -0.654 % en ancho y 17.500, 18.306, 17.208, 19.389 y 19.056% en altura; de los ensayos de alabeo se determinó que las unidades con porcentaje de sustitución del 0, 20, 40, 60 y 80% presentan un alabeo máximo de 3.71, 2.86, 3.48, 4.00 y 3.93 mm respectivamente; por parte del ensayo de eflorescencia se concluyó que las unidades con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución no presentan eflorescencia; del ensayo de compresión simple se obtuvo que los ladrillos con porcentaje de sustitución del 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución presentan una resistencia promedio de 56.944, 61.060, 68,545, 74,883 y 79,341 kg/cm²; del ensayo de peso específico se determinó que las unidades 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución presentan un peso específico máximo de 1.97, 1.92, 1.88, 1.84 y

1.83 g/cm³; del ensayo de absorción se constató que los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución presentan un porcentaje de absorción de 11.62, 12.49, 13.98, 15.56 y 16.69 %, respectivamente.

De los ensayos y resultados obtenidos se puede observar que el porcentaje más óptimo de sustitución es del 80%, porque hace que dichas unidades de albañilería se clasifiquen como Tipo I según la Norma E.070 Albañilería y presente mejores características físicas que los ladrillos base o sin porcentaje de sustitución.

PALABRAS CLAVE: Diatomita, arcilla, residuos, arena, ladrillo, dimensión, alabeo, compresión, absorción, succión, eflorescencia.

ABSTRACT

The brick, since its invention, has become one of the most used materials in building by the different cultures that have lived in the earth, it can be made in an industrial, semi-industrial and handmade way, the last one is the most common in our country; In this sense, the objective of the present research work was to assess the handmade bricks substituting the sand partially, in percentages of 0%, 20%, 40%, 60% and 80% respectively for diatomite residues obtained from the Backus and Johnston brewery, a factory placed in the district of Motupe, province of Lambayeque, Region of Lambayeque, in order to determine if they have the requirements stipulated in Technical Standard of Masonry E.07 and from them select the most optimal percentage. The sample was conformed of 470 handmade bricks (94 bricks for each substitution percentage), which were tested after being burned, taking into account the specifications of the Peruvian Technical Standard 399.613. From the tests carried out, it was obtained that the bricks with 0%, 20%, 40%, 60% and 80% substitution present a dimensional variation of 4.370%, 3.696%, 3.739%, 3.750% and 4.130% respectively, in regards to its length, -0.740%, -0.288%, -0.519%, -0.558% and -0.654% in width 17.500%, 18.306%, 17.208%, 19.389% and 19.056% in height; From the warping tests it was determined that the units with a substitution percentage of 0%, 20%, 40%, 60% and 80% have a maximum warping of 3.71mm, 2.86mm, 3.48mm, 4.00mm and 3.93 mm, respectively; from the efflorescence test it was concluded that the units with 0%, 20%, 40%, 60% and 80% substitution do not present efflorescence; From the simple compression test it was obtained that the bricks with a substitution percentage of 0%, 20%, 40%, 60% and 80% substitution have an average resistance of 56,944 kg/cm², 61,060 kg/cm², 68,545 kg/cm², 74,883 kg/cm² and 79,341 kg/cm²; From the specific weight test it was determined that the 0%, 20%, 40%, 60% and 80% substitution units have a maximum specific weight of

1.97 g/cm³, 1.92 g/cm³, 1.88 g/cm³, 1.84 g/cm³ and 1.83 g/cm³; From the absorption test, it was found that the bricks with 0%, 20%, 40%, 60% and 80% substitution have an absorption percentage of 11.62%, 12.49, 13.98%, 15.56% and 16.69%, respectively.

From the tests and outcomes obtained, it can be seen that the most optimal percentage of substitution is 80%, because it means that these masonry units are classified as Type I according to Standard of Masonry E.070 and has better physical characteristics than base bricks or bricks no substitution rate.

Keywords: Diatomite, clay, waste, sand, brick, dimension, warping, compression, absorption, suction, efflorescence.

CAPÍTULO I

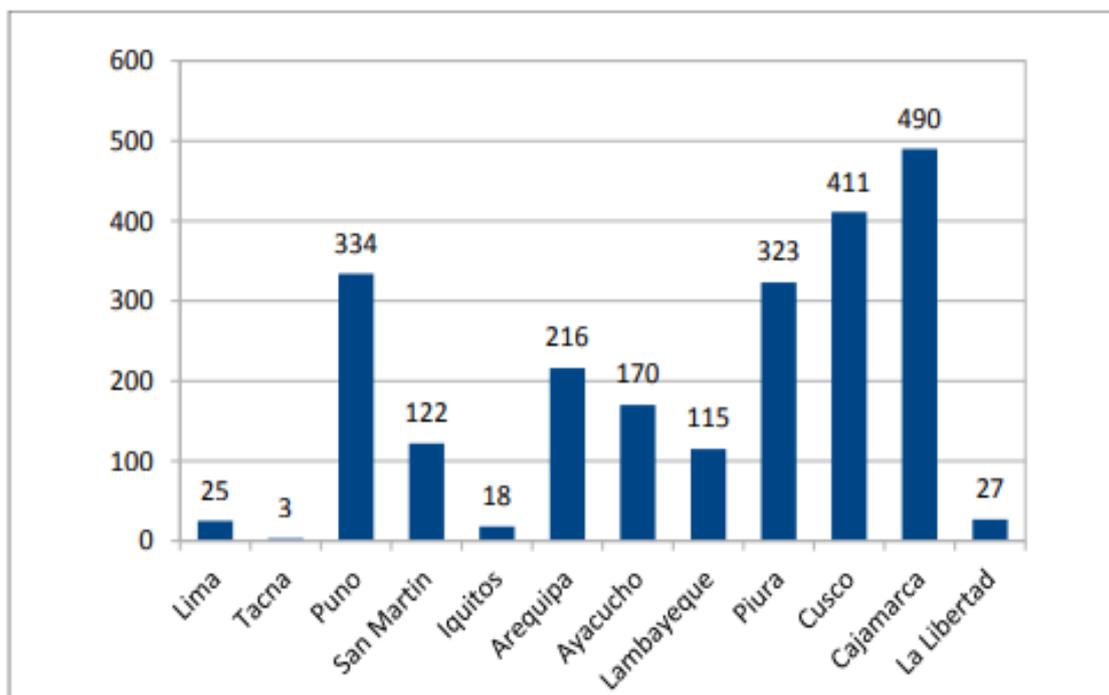
INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La trascendencia que ha logrado el ladrillo a lo largo de su historia lo ha catalogado como un material imprescindible en la industria de la construcción a nivel mundial (Lescano, 2014). En tanto el apogeo del sector construcción de los últimos años ha impulsado considerablemente el crecimiento de su industria, logrando una producción muy variada, y a la vez, propicia la búsqueda de materiales que aporten mejores características físicas y mecánicas a dichas unidades de albañilería. En tal sentido, según estudios realizados en nuestro país, en el año 2016, existían alrededor de 2254 ladrilleras entre formales e informales y que de éstas la mayor cantidad eran informales las que, por lo general, producen ladrillos de manera artesanal y se ubican en las regiones de Cajamarca, Cusco, Puno y Piura (Ayala et al., 2016, p. 47-48).

Figura 1.

Número de Productoras de Ladrillo por Región en el Perú.



Nota: (Ayala et al., 2016, p. 47)

Por otro lado, investigaciones tanto básicas como experimentales han concluido que para lograr ladrillos más resistentes es necesario adicionar ciertos minerales, entre los que destacan residuos de sedimentos y diatomeas.

El hombre, como producto de su quehacer diario, produce diferentes tipos de residuos y a medida que ha ido apropiándose de nuevas técnicas y tecnologías para optimizar el uso de las materias primas sigue generando, indistintamente grandes cantidades de residuos, razón por la cual es indispensable hacer uso de una correcta gestión medioambiental. El sector cervecero es uno de los que hace uso de gran cantidad de materia prima y por consiguiente igual cantidad de residuos sólidos, pero es menester también remarcar que el sector de la construcción admite hacer uso de materiales de diferentes calidades, lo que permite la producción de una vasta variedad en cuanto a calidad se refiere. El proceso productivo de ladrillos permite hacer uso de varios tipos de residuos sólidos siempre y cuando las características técnicas y ambientales sean las adecuadas, lo que admite reciclarlos, valorizarlos y reutilizarlos bajo esos criterios.

Actualmente en el sector cervecero, la correcta gestión de los residuos sólidos se ha convertido en un agobio medular a solucionar, lo que está induciendo a la búsqueda de nuevas alternativas de reciclado o reutilización de los subproductos como los lodos de filtro (diatomitas):

En tanto al referirnos a la diatomita, ésta se puede definir como:

Un mineral de paso vivo cuyas propiedades físicas como abyecta densidad, abyecta conductividad térmica, elevada extensión superficial y elevada porosidad lo hacen magnánimo para variadas aplicaciones que van desde su uso como filtrante, el más utilizado, hasta su aportación en la manufactura de materiales de construcción, empleándose como aislante térmico, en ladrillos, losetas, en la metalurgia, fábrica del cristal, en hornos y varios componentes de cerámica, etc.

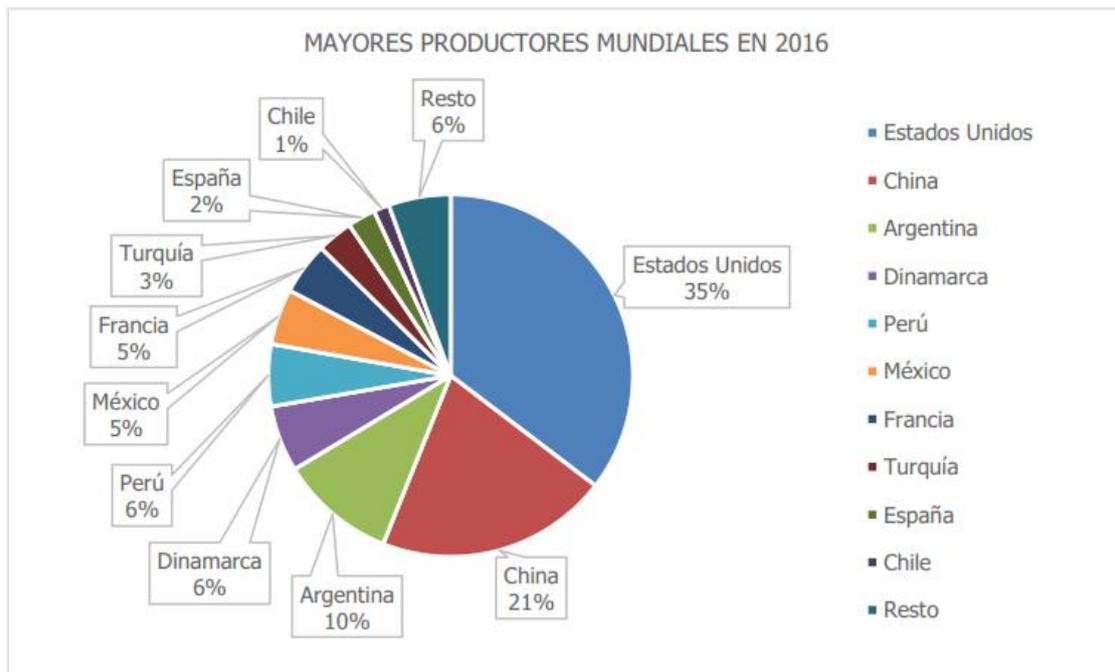
(Saldarriaga, 2009).

La diatomita con fines industriales ha sido muy explotada desde años atrás en el mundo entero, pues los griegos usaron diatomita por primera vez hace más de 2000 años en cerámica y ladrillo:

En el 2016, en todo el planeta, se extrajeron 1 937 953 toneladas de diatomita. Los principales productores fueron: Estados Unidos (35%) principal productor y consumidor mundial de diatomita, China (20%), Dinamarca (10%), Japón (5%), México y Reino Unido (4%), Francia (3%), Perú, España y Alemania (2%), República Checa (1%). Montos menores de diatomita fueron extraídos por otros países con el 12% restante (Ministerio Federal para la Sostenibilidad y Turismo [MFST], 2018, p.158). Lo expuesto anteriormente lo podemos resumir en la figura 2.

Figura 2.

Mayores Productores Mundiales de Diatomita en el 2016.



Nota: En el gráfico se muestran los diez países con mayor producción de diatomita en el mundo. Adaptada de Datos Mineros Mundiales 2018 (MFST, 2018) (www.world-mining-data.info). CC BY 2.0

La diatomita, a nivel mundial, tiene una vasta utilización en las diferentes industrias, según la Secretaría de Economía de los Estados Unidos Mexicanos (SE,

2016,p. 3) el 61% de la producción mundial de diatomita es usada como filtro, principalmente en las bebidas como cervezas, vinos, alcohol, y otros en los que se desee una claridad excelente. El 39% restante como materia prima de productos de limpieza, como materiales estructurales en la fabricación de losetas, mayólicas, tejas, baldosas, ladrillos y como aditivo de concretos con ciertas características y en diferentes industrias como de pintura, plástico, metales preciosos y como desparasitante externo de animales.

Nuestro país no es ajeno a la explotación y utilización de la diatomita:

El Perú produce más de 30 tipos de minerales no metálicos, como caliza, fosfato, grava, arena, calcita, sal, arcilla, argamasa, cuarzo, estela, talco, entre otros y que el subsector minero no metálico abastece de materias primas a un vasto mercado, fundamentalmente vinculado a la industria de la construcción y la fabricación de cemento; así como sales, nitratos y carbón relacionados a actividades productivas industriales y a lo largo del 2018, el Perú se consolidó, en Latinoamérica, como el país guía en la extracción de diversos tipo no metálicos como boratos, diatomitas, selenio y andalucita. Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2019, p. 19)

Los principales yacimientos de diatomita en nuestro país están localizados en las siguientes regiones: El 90% (aproximadamente 35000 toneladas) en la región Arequipa y el 10% restante en las regiones de Tacna, Ayacucho, Piura e Ica; como materia prima en bruto es exportada a Chile (76.83%), en este país es procesada y luego importada para ser usada en la industria nacional, principalmente, la cervecera, donde es utilizada como material filtrante (Ramirez, 2012).

En la figura 3 y figura 4 se muestran las exportaciones e importaciones de diatomita en nuestro país en el año 2009.

Figura 3.

Exportación de diatomita en el Perú por países de destino.

EXPORTACIÓN DE DIATOMITA EN EL PERÚ POR PAISES DE DESTINO (AÑO 2009)

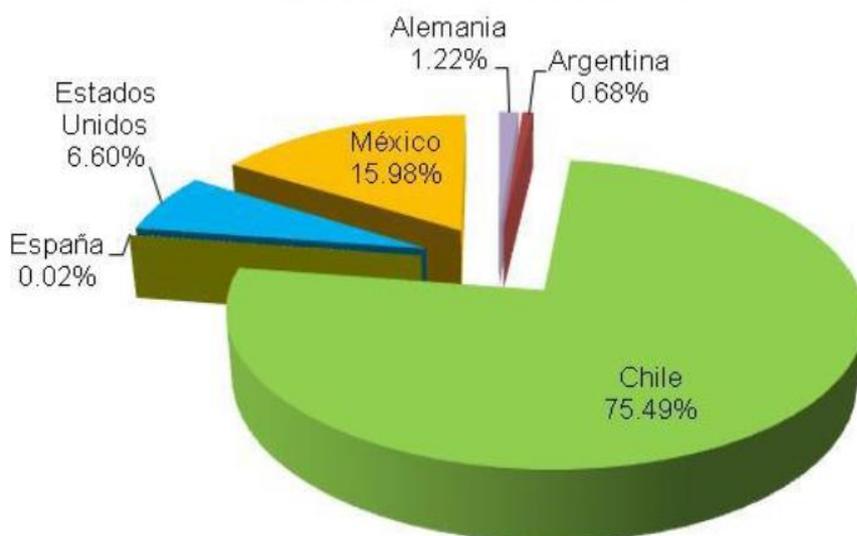


Nota: Tomada de Diatomitas en el Perú. Características y aplicaciones, presentado por Ramírez (2012) (<http://www.ingemmet.com.pe>).

Figura 4.

Importación de diatomita en el Perú por países de origen.

IMPORTACIÓN DE DIATOMITAS EN EL PERÚ POR PAISES DE ORIGEN (AÑO 2009)

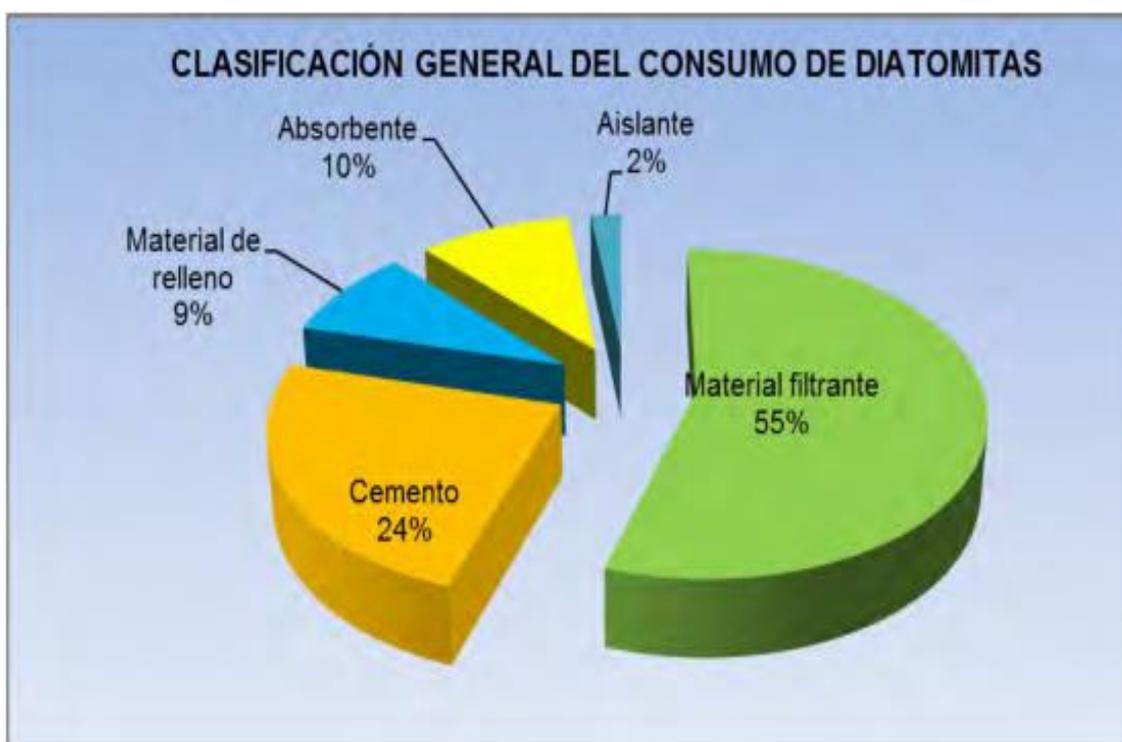


Nota: Tomada de Diatomitas en el Perú. Características y aplicaciones, presentado por Ramírez (2012) (<http://www.ingemmet.com.pe>).

El sector cervecero en nuestro país es uno de los que es su proceso productivo hace uso de gran cantidad de diatomita como filtro, por lo que la producción de residuos de ésta está en relación directa a la cantidad de cerveza producida, tal es el caso que, en el 2018, la Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A. produjo 14162 millones de hectolitros en sus 5 plantas de producción de cerveza las que se encuentra en Lima, Pucallpa, Lambayeque, Arequipa y Cusco; la Planta de Motupe (Lambayeque) produjo ese mismo año 3.6 millones de hectolitros en las marcas Cristal, Pilsen Callao, Cusqueña, etcétera (Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A., 2018, p. 11).

Figura 5.

Clasificación general del consumo de diatomitas de acuerdo a sus usos en el Perú.



Nota: Tomada de Diatomitas en el Perú. Características y aplicaciones, presentado por Ramírez (2012) (<http://www.ingemmet.com.pe>).

De los residuos sólidos de diatomita producidos por la Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A. en su planta de Motupe el 90% de los residuos, son reutilizados en la producción de alimento balanceado para aves y ganado, manufactura

papelera, factoría de vidrio y fabricación de compostaje; y el otro 10% es vertido en terrenos utilizados como botaderos. La totalidad de subproductos generados por la elaboración de la cerveza como: afrecho, levadura y lodos de filtro (diatomita), son entregados a la empresa MASD SAC, dedicada al procesamiento de residuos sólidos, un total de 26 toneladas diarias de lodos de filtro (diatomitas), los que son depositados en su terreno ubicado a 20 minutos de Motupe, en el caserío denominado Pueblo Nuevo San Martín, cuya extensión es de 27 hectáreas, cerca de la zona donde está ubicado el relleno sanitario actual de Motupe; dichos residuos de diatomita se colocan a través de un camión cisterna en las pozas para que sedimenten y luego ser extraído por una mini-excavadora colocándolos en el terreno para el proceso de secado natural; cada día se obtiene alrededor de 3 toneladas de producto seco. Este subproducto está en pruebas para su reuso (Ruiz, 2016, pp. 5-6).

En tal sentido teniendo la necesidad de fabricar ladrillos y teniendo la oportunidad de reutilizar los residuos de diatomita en la elaboración de ellos nos encontramos ante los principales retos para optimizar la técnica constructiva amigable con el medio ambiente, tal como lo dice Eco Inventos, los principales retos a los que tienen que osar los profesionales de la construcción son la optimización técnica-económica, y la búsqueda de nuevos materiales que brinden un mejor beneficio a los consumidores y sean amigables con el medio ambiente (Eco inventos, 2019); bajo esta perspectiva el uso de los residuos de la diatomita producidos en la cervecería Backus y Johnston para fabricar ladrillos sería una oportunidad de poner en evidencia que lo dicho es factible, y una muestra de ello es que actualmente se fabrica un tipo de ladrillo llamado “ladrillo negro” o “ladrillo del futuro” a partir residuos de papel y cartón (celulosa), hidróxido de sodio, extracto de lima, y un mínimo porcentaje de arcilla, recibe ese nombre debido a que no necesita ser

quemado, ya que adquiere su dureza a temperatura ambiente debido al proceso químico que producen los insumos que lo constituyen (Eco Inventos, 2019, p. 6)

En respuesta a lo planteado, la presente investigación pretende reutilizar los residuos de diatomitas en la producción de ladrillo artesanal; razón por la cual es necesario conocer sí *¿Los resultados de la evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita son equivalentes a los de la norma E.070 permitiéndonos proponer una proporción de sustitución?*

Formulación del problema

¿Los resultados de la evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita son equivalentes a los de la norma E.070 permitiéndonos proponer una proporción de sustitución?

Justificación e importancia

El ladrillo como material de construcción siempre ha sido y seguirá siendo objeto de estudio por su versatilidad ante los ojos de los productores, constructores, usuarios y la Norma E.070. En el Perú existen alrededor de 2254 ladrilleras entre formales e informales y que de éstas la mayor cantidad eran informales las que, por lo general, producen ladrillos de manera artesanal (Ayala et al., 2016, pp. 47-48). Paralelo a ello se sabe que las empresas cerveceras de nuestro país producen grandes cantidades de residuos de diatomita, que en gran parte no son reutilizados. Ruiz (2016) afirma que existen diversos estudios de usos de la diatomita extraída directamente de las canteras para ser utilizada como adición en la fabricación de ladrillos, pero ante esta afirmación podemos referir que aún no se han realizado investigaciones sobre la reutilización de los residuos de diatomita producidos por una cervecería, como aditivo, para la elaboración de ladrillo artesanal y al evaluar sus propiedades físicas y mecánicas a la luz de lo estipulado en la norma E.070, se determinó una proporción de sustitución de arena por residuos de

diatomita óptima que nos sirve de referente para la fabricación de unidades de albañilería con mejores características físicas y mecánicas. Visto de tal manera, el presente estudio también ha coadyuvado a darle valor a los residuos de diatomita y los ladrillos artesanales y por extensión del mismo espero que se pueda calar en el interés de los productores, constructores y usuarios para que éstos residuos sean utilizados en la producción de ladrillos industriales y artesanales a nivel nacional y de esta manera se pueda contribuir con el cuidado del medio ambiente ya que los residuos de diatomita que no pueden ser reutilizados son colocados en botaderos a la intemperie.

Delimitación de la investigación

El presente trabajo se ejecutó en un periodo de 12 meses contabilizados desde agosto de 2020 hasta agosto de 2021, se realizaron los estudios a los ladrillos producidos artesanalmente en la “Ladrillera Pérez” del Centro Poblado de El Frutillo del distrito de Bambamarca, los cuales fueron elaborados haciendo la sustitución de arena por residuos de diatomita producidos por la cervecería Backus y Johnston planta Motupe de la provincia y región Motupe, con la finalidad de determinar sus propiedades físicas y mecánicas a la luz de lo estipulado en la norma E.070 y determinar la proporción de sustitución más óptima. Cabe recalcar que en esta investigación no se abordarán los cambios físico químicos, de los materiales intervinientes, que se presenten durante las diferentes etapas de producción de los ladrillos.

Limitaciones

Dada la coyuntura a la que hemos estado sujetos por motivo de la Covid-19, para poder ejecutar y terminar la investigación se solicitó a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil la autorización para el cambio de laboratorio de mecánica de materiales, la cual aceptó que los ensayos respectivos se realizaran en “GSE Laboratorio, Ingeniería y Construcción SAC” de la provincia de Chota.

Objetivos

Objetivo general.

Evaluar el ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con la finalidad de conocer si cumple con la norma E.070 Albañilería y proponer una proporción de sustitución óptima.

Objetivos específicos.

Determinar la variación dimensional, alabeo, eflorescencia, peso específico, absorción, succión y resistencia a la compresión simple, en pila y murete de los ladrillos artesanales con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80%, así como, los ladrillos base con 0% de sustitución.

Comparar los parámetros físicos y mecánicos de los ladrillos artesanales con los porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80% con los valores propuestos en la Norma E.070 y los ladrillos base con 0% sustitución.

Determinar el porcentaje de sustitución más óptimo para la elaboración de ladrillo artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Camargo y Yambay (2020) en su trabajo de titulación como Ingenieros Civiles “Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe”, en su investigación tienen como propósito principal fabricar ladrillos artesanales utilizando como material principal los lodos residuales resultantes del proceso de depuración de la PTAR-Q para su uso en la construcción; propusieron tres porcentajes del (10%, 15% y 20%) y (5%, 10% y 15%) para lodo húmedo y seco, respectivamente; cuando realizaron los ensayos de compresión y absorción de agua, estipulados en la NTE INEN 3049-5 observaron que los ladrillos con adición de 5% de lodo residual húmedo en comparación de los ladrillos comunes, poseen un aumento del 23% en la resistencia a la compresión. Determinando de esa manera que los lodos residuales son aptos para la construcción y deben ser considerados como nuevos materiales de construcción.

Zúñiga (2018) en su tesis doctoral “Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente”, tuvo el propósito de perfeccionar los procesos tecnológicos en la elaboración de ladrillo común, haciendo uso para ello de materiales alternativos como las tierras diatomeas, lodos de relaves de mina de oro y aserrín). La tesis fue desarrollada en la provincia de Loja en los sectores de Catamayo y Malacatos. En dicho trabajo el investigador practicó ensayos de resistencia a la compresión; llegando a determinar que los ladrillos elaborados con incorporación de tierras diatomeas del Sector Santa Elena (MD2) y arcilla de la Mina Ceibopamba (MCB), en proporción de 60/40, alcanzaron una resistencia a la compresión de 21,95MPa/kg,

clasificándose como ladrillo macizo tipo C, dicho valor representa un incremento de 117% en su resistencia y por otro lado se notó una baja en peso del 21% con respecto de los ladrillos artesanales. Concluyendo que, la greda con adhesión de diatomita es una buena decisión constructiva ya que disminuye el deterioro de la atmósfera.

Alonso y Damelio (2018) en su tesis de licenciatura en Administración de Negocios Agropecuarios “Caracterización de la producción artesanal de ladrillo en la provincia de La Pampa”, se plantearon como objetivo principal explicar la manera en que se producen los ladrillos artesanales en la provincia de La Pampa – Argentina. Para ello identificaron las condiciones socio-económicas de los productores, identificaron los métodos de producción utilizados, sus niveles tecnológicos y los costos de producción, averiguaron los canales comerciales y las dificultades de acceso al mercado, reconocieron los principales obstáculos que dificultan perfeccionar la competitividad del sector. Llegando a concluir que, de acuerdo al sistema de producción, existen dos sectores: los tradicionales y/o artesanales y los semi-artesanal y que una de las dificultades con las que se topan los productores es la disponibilidad de materiales de buena calidad que determinan la calidad del producto terminado y a ello se agrega las malas técnicas de quemado que hace que se generen muchos ladrillos de segunda y tercera calidad.

Guerrero, Espinel y Sánchez (2017) en su estudio de caso “Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales” determinaron que las propiedades finales del bloque cerámico y las temperaturas a las que fue cocido guardan una estrecha relación. Para ello registraron, mediante el software Labview, las temperaturas en el horno, teniendo en cuenta la velocidad de aumento de temperatura según la curva ideal para la cocción de bloques, se tomaron muestras de producto para determinar las propiedades siguiendo las normas NTC 4017 y NTC 4205. Se obtuvo la tasa de absorción inicial de agua (TIA), absorción a las 24 horas de

inmersión, resistencia a la compresión y módulo de rotura (MR). Mediante un análisis de regresión lineal múltiple se encontró relación existente entre la TIA, la velocidad de incremento de temperatura y el MR. Concluyendo que, los bloques que fueron quemados a temperaturas superiores a los 1000 °C tienen mejor módulo de rotura (con valor de 1,54 MPa). Sin embargo, se encontró la mayor tasa de absorción inicial (0,37 g/cm² /min) y la mejor resistencia a la compresión (7,28 Mpa) en los bloques que fueron cocidos a menor temperatura.

Lozano y Gonzales (2016), en investigación, denominada “Uso de residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos del sector alfarero de Candelaria”, llegó a concluir que adicionando a la mezcla residuos cerámicos en un 10% se tiene un aumento del 11% en la resistencia a la compresión comparado con las resistencias de los ladrillos si adición.

Del Ángel (2015) en su tesis de licenciatura de Ingeniero Químico “Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas”, se planteó como objetivo general obtener material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas. Para ello realizó la caracterización residuo industrial sólido granular, luego se sometió las muestras a un proceso de lixiviación, nuevamente se sometió a un proceso de caracterización, se elaboraron probetas de material de construcción y finalmente se sometieron éstas a ensayos de resistencias a la compresión, absorción y composición química. Concluyendo que si la resistencia a la compresión es mayor el porcentaje de absorción disminuye. Como en el caso de la probeta 1 que contiene 20% de diatomáceas y 80% de conglomerante (cemento) que obtuvo el valor más bajo de absorción (33%), en contraposición de la probeta con 90% de diatomáceas y 10% de conglomerante que obtuvo más absorción (182%); estos valores se obtuvieron debido a que las tierras

diatomáceas posee la propiedad de absorber grandes cantidades de fluidos, debido a su estructura porosa.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Chicchón y Rivasplata (2020) en su tesis de Ingeniero Civil “Características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla king kong del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, región de Lambayeque”, se propusieron como propósito principal estudiar los ladrillos artesanales de arcilla producidos en el distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, región de Lambayeque y determinar sus características físicas y mecánicas. Se tomaron muestras de las principales ladrilleras artesanales del distrito de Monsefú y se sometieron a las diferentes pruebas físicas y mecánicas, concluyendo que, de acuerdo a la variación dimensional se clasifican como ladrillos de tipo IV y V según la clasificación de la norma E.070, mientras que según su alabeo se clasifican como tipo V. En lo referente a su resistencia a la compresión y succión no logran clasificación alguna por tener valores menores a 50 kg/cm^2 y $20 \text{ gr/200cm}^2/\text{min}$, respectivamente, requeridos por la norma.

Torres (2020) en su trabajo de investigación “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de Iquitos-2020” se propuso determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de Iquitos. Llegando a concluir que la capital de Loreto afronta un problema medular en lo referente a los materiales de construcción ya que se ofrecen ladrillos de construcción sin cumplir los estándares de resistencia contemplados en la normatividad peruana.

Guadalupe (2019) en su tesis “Diseño de Ladrillo Artesanal con Vidrio Triturado y Puzolana para Mejorar sus Propiedades Físico – Mecánicas” tuvo como propósito medular identificar de qué manera al agregar vidrio triturado y puzolana a los ladrillos

artesanales, estos mejoran sus propiedades físicas y mecánicas. Para el desarrollo de dicha investigación se trabajó con una población de 420 unidades, 105 por cada uno de los 4 tipos de ladrillo. Llegando a la conclusión que las propiedades físico - mecánicas de resistencia a la compresión simple, en pila y en murete tuvieron mejoras con valores de 92.11 kg/cm² y 44.08 kg/cm² y 5.92 kg/cm², respectivamente, en comparación a los ladrillos de Saños que poseen resistencias muy inferiores a lo estipulado en la norma E.070.

Suquilanda (2019) en su tesis “Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según reglamento E- 070 de albañilería - Lima 2018” se fijó el propósito de identificar y clasificar estructuralmente según la norma E.070 de Albañilería los ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanal, semindustrial e industrialmente. La muestra estuvo conformada por 45 ladrillos de cada tipo de fabricación (135 en total). Al término de la investigación se observó que los ladrillos artesanales clasifican como Tipo I, la ladrillera Semindustrial “Los Ángeles”, clasifica como Tipo III y la ladrillera industrial Lark clasifica como IV. Finalmente, se concluyó que los ladrillos artesanales no alcanzan los valores mínimos establecidos en la Norma, mientras los ladrillos semindustriales e industriales si lo hacen.

Espillico (2019) en su tesis de licenciatura de Ingeniero Químico “Elaboración de ladrillos a partir de lodos generados por plantas de tratamiento de agua potable y el uso en la construcción”, tiene el propósito de fabricar ladrillos haciendo uso de lodos generados por las unidades compactas de la PTAP para evaluar si se pueden utilizar en la construcción. Para ello, después de hacer la caracterización físico – química y microbiológica del lodo y determinar sus propiedades físicas, se manufacturaron las unidades con distintas proporciones de lodo. Llegando a la conclusión que, la temperatura ideal para obtener una absorción de agua del 9.16% es de 941.42°C con un porcentaje de lodo del 45%, mientras que para lograr una resistencia a la compresión óptima de 54.16

kg/cm² se debe tener una temperatura del 941.42°C y una proporción de lodo similar a la anterior.

Gálvez (2015) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, denominada “Elaboración de unidades de albañilería con diatomita para la construcción de muros de tabiquería y muros portantes en el distrito de Lambayeque”, se propuso como objetivo diseñar y elaborar unidades de albañilería aplicando la diatomita para la construcción de Muros de Tabiquería y Muros Portantes en el distrito de Lambayeque. En ésta investigación se elaboró ladrillos artesanales (macizo y pandereta) utilizando diatomita pulverizada extraída directamente de la cantera ubicada en Sechura – Piura, e hizo adiciones proporcionales de diatomita a la mezcla en porcentajes de 10, 20, 30, 40,50, 60, 70, 80 y 90, obteniendo resultados como: disminución del peso por unidad de albañilería a razón que crece la cantidad de diatomita en la mezcla, alabeo en factores aceptables, efluorescencia casi nula, etc.

Díaz (2015) en su investigación de nombre “Capacidad máxima de la albañilería confinada con unidades de arcilla calcinada” se propuso como objetivo identificar la calidad de los ladrillos artesanales de una ladrillera del distrito de Mariano Melgar y comprobar su resistencia en una construcción común. Concluyendo que al ser sometidas las unidades a un ensayo de compresión de prismas, éstos alcanzaron 5.77 MPa valor que esta por encima de los 3.4 MPa estipulado por la E.070, además, en cuanto al ensayo de compresión diagonal en muretes se obtuvo 0.8 MPa, valor superior a los 0.5 MPa propuesto por la norma E-070.

Barranzuela (2014) en su investigación “Procesos productivos de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Pura” la investigación consistió en realizar un muestreo exploratorio, donde se constató los pasos seguidos para la elaboración de los ladrillos dese la obtención de los materiales hasta la obtención del producto terminado, de ellas se

tomaron muestras y se practicaron los ensayos establecidos en la norma peruana. De las observaciones hechas y los ensayos practicados se concluyó que el secado y la cocción guardan estrecha relación a las características de la materia prima, por tanto no se puede uniformizar el proceso si no se conoce bien los elementos que conforman la materia prima, lo que determina la calidad de los ladrillos y la diversidad de resultados.

2.1.3. Antecedentes locales

Núñez (2019) en su tesis de Ingeniero Civil denominada “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto” para realizar su investigación realizó ensayos de laboratorio obteniendo los siguientes resultados: en cuanto a las dimensiones obtuvo variaciones en longitud, altura y ancho de +8.36%, +14.85% +3.51%, para los ladrillos de arcilla y para los de concreto de +8.36%, +2.43% y +6.18% respectivamente; en lo que respecta al alabeo obtuvo valores de convexidad y concavidad inferiores a 2mm; para la absorción obtuvo resultados de 12.66% y 10.24% en las unidades de arcilla y concreto, respectivamente; en tanto para la succión encontró valores de 90.85 y 24.48 gr/200cm²/min en las unidades de arcilla y concreto, respectivamente; para la resistencia a compresión 63.01 y 45.68 kg/cm² en las unidades de arcilla y concreto, respectivamente.

Blanco (2018) en su tesis “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018” se planteó determinar las propiedades y clasificar las unidades de albañilería artesanales según la Norma Técnica E.070 albañilería, para tal fin realizó ensayos teniendo en cuenta las NTP 399.604 y 399.613 a las unidades de 4 productoras del área de influencia de la investigación, realizando, inicialmente, un estudio del tipo de suelo con las que se fabrican, luego el seguimiento a todos los procesos para la obtención del producto terminado y finalmente escogió una muestra 10 unidades de cada productora

para practicar los ensayos de variación dimensional, albeo, absorción y resistencia a la compresión.

Fernández (2018) en su tesis de grado de Ingeniero Civil “Influencia de la variación de la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal del caserío de Agomarca, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018” se planteó como propósitos reconocer los constituyentes y propiedades del material usado para manufacturar ladrillo artesanal, producir mezclas con diferentes proporciones de arcilla y ensayar las unidades para conocer la resistencia a la compresión máxima. Los porcentajes propuestos fueron de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% y 55% y de cada uno de ellos se escogió una muestra fue de 5 ladrillos, los cuales al ser ensayados arrojaron valores de 33.18, 58.02, 73.35, 94.92 y 117.27 kg/cm² para las mezclas con porcentajes de 15, 25, 35, 45 y 55 de arcilla. Del estudio se concluyó que la mezcla con 40% de arcilla, obtuvo la mejor resistencia a la compresión con un valor de 78.28 kg/cm²; además que, se deben considerar otros ensayos para obtener mejores condiciones de resistencia a la compresión tales como: absorción, peso específico y resistencia mínima.

Cubas, (2017) en su trabajo “Determinación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo” tuvo el propósito principal de identificar las propiedades físico - mecánicas del ladrillo de concreto manufacturado de manera artesanal en Cutervo, para ello realizó pruebas de variación dimensional, albeo, absorción, saturación, densidad, resistencia a la compresión y succión, siguiendo lo señalado en la Norma E.070 del RNE y la NTP 331.017, escogió 3 productoras las que fueron identificadas como L-01, L-02 y L-03, obteniéndose resultados en la variación de sus dimensiones del 0.07%, 0.07% y 0.16% en la longitud, 0.11%, 0.18% y 0.13% en anchura y 5.05%, 4.69% y 5.15% en el altura; 0.80mm, 0.79mm y 0.79mm en albeo, 9.77%, 9.47% y 9.28% en absorción; 0.67, 0.65 y

0.65 en coeficiente de saturación; 1.93, 1.94 y 1.94 g/cm³ en peso específico; 52.44, 48.25 y 51.59 kg/cm² en resistencia a la compresión y 26.19, 28.31 y 26.65g en la succión de cada ladrillera respectivamente. En el estudio se concluyó que las unidades de las productoras L-01 y L-03 según la resistencia a la compresión (f^b) clasifican como de tipo I y la productora L-02 no logró clasificación alguna ante la Norma E.070 del RNE.

Vásquez (2016) en su investigación denominada “Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016” tuvo como fin diseñar un ladrillo artesanal de arcilla, inédito, el cual posea la resistencia a la compresión que la norma E.070 exige. Para ello, por conveniencia, escogió la fábrica de ladrillos Lucano, donde presencié la forma de producción desde la extracción de los materiales hasta obtener el producto terminado, eligió 50 unidades las que sometió a los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión. De los ensayo concluyó que las unidades manufacturadas artesanalmente en la ladrillera Lucano clasifican como tipo II para fines estructurales según la Norma E.070.

Lulichac (2015) en su investigación “Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca”, se planteó identificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos producidos en la provincia de Cajamarca. Para ello eligió las ladrilleras Rumipampa y Cerrillo, de las que escogió las muestras y realizó los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, peso específico, absorción, succión, resistencia a la compresión en pilas y resistencia a la compresión del mortero; de los que determinó que la manufacturera de Rumipampa obtuvo una variación dimensional de 0.65%, 1.44% 2.37%, siendo estos valores superiores a los de la manufacturera de Cerrillo que obtuvo variaciones del 0.48%, 0.43% y 1.12% en largo, ancho y alto, respectivamente; además

que, las manufactureras en cuestión obtuvieron resistencias a compresión de 41.50 kg/cm² y 34.71 kg/cm² valores que están por debajo del mínimo fijado en la norma E.070 (50 kg/cm²), por tanto ninguna de ellas logra clasificación.

Tapia (2015) en su trabajo “Evaluación de las características físicas-mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Mazanamayo y San José del distrito de Baños del Inca - Cajamarca” se planteó como objetivo catalogar e identificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados de manera artesanal en el ámbito de su estudio; para lo que se guió de las normas técnicas nacionales 331.019, 331.017, 331.018, 399.604, 399.613 y 399.621 para seleccionar las muestras, ensayarlas y clasificarlas según sus características y lo estipulado en la Norma E.070. De lo que concluyó que, en la referente a los ensayos clasificatorios, los ladrillos manufacturados en San José tuvieron valores de variación de sus dimensiones del -0.19%, 2.08% y -0.63% en largo, ancho y alto, respectivamente; en cuanto al alabeo se tuvo una concavidad de 0.55mm y convexidad de 1.30mm y en compresión simple se obtuvo 52.48 kg/cm²; mientras que en lo referente a las pruebas no clasificatorias como succión arrojaron valores de 63.37g/200cm²/min y absorción 20.11%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El ladrillo

2.2.1.1. Definición. El ladrillo o unidad de albañilería es un componente cerámico artificial de construcción (Chicchón & Rivasplata, 2020, p. 27). Pueden estar elaborados de arcilla, cemento o de sílice-cal y pueden ser sólidos, huecos, alveolares o tubulares (Ministerio de Construcción y Saneamiento [MVCS], 2006).

Los ladrillos son piezas pequeñas de cerámica con forma de paralelepípedo, hechas de tierras arcillosas, moldeadas y cocidas. Se pueden usar

edificaciones de todo tipo por poseer una forma regular y ser de fácil manejo (Moreno, 1981).

Según la NTP 331.017 (2003) el ladrillo es la unidad de albañilería manufacturada de arcilla la cual es moldeada en forma de prisma rectangular y quemada en un horno.

2.2.1.2. Historia y evolución. Los ladrillos están junto a la humanidad por alrededor de 10 000 años, por tal motivo se dice que son los materiales de construcción más antiguos y comunes. Los restos más arcaicos se hallaron en las riberas del Río Jordán con dimensiones que oscilaban en 26 x 10 x 10 cm (Chicchón & Rivasplata, 2020). El primer ladrillo era una amalgama amorfa de lodo secado, partes de éste se localizaron en las ruinas de Jericó, 7350 años a.C. (Serra, 2019). En sus inicios las unidades no tenían una forma bien definida, ya que se hallaron unidades cónicas en diferentes lugares y épocas, Mesopotamia 7000 años y Huaca Prieta, Perú 5000 años de antigüedad. (Gálvez 2015). En Sumeria (4000 a.C.) fue donde se creó el primer molde utilizado para fabricar los ladrillos de barro, los que hoy se conocen como “adobe”, es así, que en las civilizaciones primigenias se empiezan a hacer populares las edificaciones con este material. Posteriormente hacia los 3000 a.C. en la urbe de Ur, tercera ciudad más remota de la humanidad, el adobe fue cocido por primera vez, siendo éste acontecimiento el que definió a lo que hoy conocemos como “ladrillo de arcilla o cerámico”. Desde ese momento, se erigieron grandes edificaciones de ladrillos asentados con betún o alquitrán, como la Torre de Babel y en la época del Rey Nabucodonosor II que se hicieron construcciones de hasta cuatro niveles (Bianucci, 2009). En esas épocas, en otras culturas, se construyeron edificaciones haciendo uso de los materiales que estaban a su alcance, tal es el caso de las

pirámides de Giza (Egipto) que fueron construidas a base de rocas asentadas con un mortero de yeso y arena. En similares circunstancias en Grecia se utilizó mortero de cal para unir las piedras y luego fueron revestidas con mármol, siendo una muestra de ello el templo a la diosa Atenea, “Partenón” (440 a.C.). Vitruvio (arquitecto romano, 25 a.C.) creó el mortero al mezclar con agua y cal la “arena volcánica” del volcán Vesubio; éste hecho marcó una época de innovación estructural, ya que se erigieron formidables edificaciones con arcos, bóvedas y lucernarios, tal como el Panteón en Roma. La estructura primigenia de albañilería reforzada se construyó en Inglaterra en el año 1825, a la que colocaron como refuerzos verticales pernos de hierro forjado y a los refuerzos horizontales zunchos metálicos. Ingenieros italianos crearon la albañilería confinada, después que, en Messina, Sicilia, en 1908 un terremoto devastara con las edificaciones sin refuerzo. Las unidades de arcilla arribaron a nuestra nación con el establecimiento de la colonia, siendo instalada en la capital la primera manufactura en 1856, la albañilería confinada llegó luego del sismo de 1940, en tanto la armada lo hizo en los años 60; es preciso mencionar que los estudios a la albañilería tuvieron sus inicios en la década de los 70, teniendo como referencia los ensayos realizados en Estados Unidos (1913) y la India (1920) y los limitados datos obtenidos hasta el año 1982 fueron las bases para redactar nuestro primer reglamento específico de albañilería: Norma E.070. (San Bartolomé & Quiun, 2010, p. 22).

2.2.1.3. Industria del ladrillo en el Perú. La construcción nacional, ya sea pública o privada, por años ha tenido como base a los ladrillos. Actualmente, según la Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú (ALACEP, 2017) la manufactura peruana está conformada alrededor de 2,000 ladrilleras, de las que escasamente el 20% se encuentran formalizadas y el 80% son informales, siendo

éstas últimas las que ofrecen el producto con limitadas características y a costos más bajos, trayendo como consigo su mayor uso y en consecuencia la exposición de mayor población que construye sus viviendas con estos materiales. Ante esta problemática la ALACEP vela por que las manufactura que pertenecen a su gremio elaboren unidades que cumplan con los requerimientos y características exigidos por las normas peruanas. En nuestro país la manufactura del ladrillo, produce anualmente alrededor de 9.5 millones de toneladas (Sólo en nuestra capital se hace uso de 10,000 toneladas por día), lo que en soles representa aproximadamente S/. 1,600 millones. Así mismo, se calcula que la mitad se encuentra repartida en Lima, en tanto que la otra mitad está distribuida en las regiones que conforman nuestro país, sobresaliendo de ellas Trujillo, Chiclayo, Arequipa, Cusco, Cajamarca y Tacna. (Perú Construye, 2019).

2.2.1.4. Características. La principal utilidad de los ladrillos es la edificación de muros, tabiques, suelos, etc., razón por la que deben ser invulnerables al ser expuestos al medio ambiente, y tener la resistencia a la compresión necesaria. La unidad de albañilería considerada apta para edificaciones tiene que tener cualidades como: buen moldeado, es decir, tengan caras planas, lados paralelos, así como bordes y ángulos agudos; tener una buena porosidad, con la finalidad de adherirse correctamente con el mortero, estar exentas de sales disueltas para evitar la aparición de la eflorescencia, emitir un sonido metálico al ser tocado con un martillo u objeto similar, ya que al escucharse este sonido es señal que el quemado es adecuado y no presenta fisuras; de igual manera, no debe ser quemado con demasía ya que esto lo hará adquirir un color violáceo o negruzco lo que indica que se encuentra vitrificado lo que hará que la unidad presente deformaciones y grietas, la unidad de albañilería muy cocida será demasiado dura pero con

resistencia nula por las rajaduras; así mismo, no debe estar poco quemada ya que puede que se deforme con facilidad y además tendría un sonido sordo. (Barranzuela, 2015).

La Norma E.070 Albañilería dice que las unidades deben estar exentas de vitrificaciones y materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como piedras u otros; así mismo, estar adecuadamente cocidas, presentar color homogéneo, no presentar fisuras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos que disminuyan su durabilidad y/o resistencia; finalmente, no presentar eflorescencia (MVCS, 2006).

La NTP 331.017 recalca que las unidades no deben presentar fallas, imperfecciones y procesos superficiales, como recubrimientos, que ocasionen interferencias al momento de la colocación o degraden la resistencia o la performance de la edificación (SENCICO, 2015).

2.2.1.5. Restricciones para el uso del ladrillo. En la tabla 1 se muestran las restricciones según la norma E.070 para el uso o aplicación de los ladrillos.

Tabla 1.

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES									
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3						ZONA SÍSMICA 1		
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio	Muro portante en todo edificio	Muro portante en todo edificio	
Sólido Artesanal*	No	Sí, hasta dos pisos	Sí	Sí	Sí				
Sólido Industrial Alveolar	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Hueca	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	
Tubular	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí, hasta 2 pisos	

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Nota: Norma E.070 - Albañilería.

2.2.1.6. Medidas y áreas. Las medidas que conforman el ladrillo en concordancia a su denominación son:

- ✓ Largo. – Conocido así a la medida más amplia de la superficie de asiento.
- ✓ Ancho. – Llamamos así a la medida menor de la superficie de asiento.
- ✓ Alto. – Considerada así a la medida perpendicular del largo y ancho.
- ✓ Área bruta. – Medida total de la superficie de asiento, es el producto del largo por el ancho.
- ✓ Área neta. – Resulta de la diferencia entre el área bruta y el área de los vacíos.
(INDECOPI, 2005).

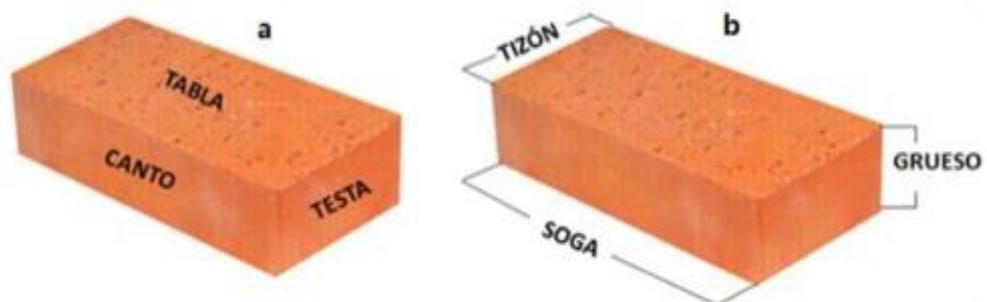
2.2.1.7. Propiedades. Las principales propiedades de las unidades se dividen en dos categorías, las que están sujetas a los ladrillos terminados y son:

2.2.1.7.1. Propiedades físicas concurrentes a lo decorativo.

- ✓ **Color.** Esta propiedad está relacionada directamente a la composición química de los materiales con los que se elaboró el ladrillo y a la magnitud de la cocción. El óxido de hierro es el que posee mayor preponderancia sobre el color de los ladrillos y le otorga el color rojizo.
- ✓ **Geometría.** Las medidas de largo, ancho y alto, se conocen como: sogá, grueso y tizón respectivamente; las caras de mayor a menor área son: tabla, canto y testa. En la siguiente imagen se describe dicha geometría:

Figura 6.

Ladrillo y su nomenclatura de caras y lados.



Nota: Ladrillos.es

✓ **Textura.** Es el aspecto en su superficie que adopta el ladrillo a consecuencia del proceso de su fabricación (Somayaji, 2001).

2.2.1.7.2. Propiedades relacionadas a la ingeniería. Están dadas por las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla (Gallegos, 2005) y están íntimamente ligadas a la resistencia estructural y relacionadas con su durabilidad.

✓ **Resistencia a la compresión.** Es la propiedad mecánica que hace que la unidad aguante fuerzas que tienden a comprimirlo.

✓ **Variación de las dimensiones.** Es la comparación de las medidas de un ladrillo con respecto a las medidas de una unidad nominal.

✓ **Alabeo.** Es la medida de las deformaciones en las caras de asiento que sufren los ladrillos y estas pueden ser de concavidad o convexidad.

✓ **Succión.** Es la rapidez a la que el agua es absorbida por la cara de asiento.

✓ **Absorción.** Determinada por la característica de retener agua en estado líquido por una sustancia.

✓ **Resistencia a la congelación.** Dada por la idoneidad de las unidades de albañilería para soportar bajas temperaturas sin alterar sus propiedades ni sufrir fracturas.

✓ **Resistencia al fuego.** Capacidad de las unidades de albañilería de aguantar elevadas temperaturas sin sufrir daños.

✓ **Aislamiento térmico.** Capacidad que permite a los ladrillos no transferir el calor que recibe, por poseer una baja conductividad térmica. La figura N° 7 ilustra las propiedades de los ladrillos.

Figura 7.

Propiedades del ladrillo.



Nota: Zúñiga 2018.

2.2.1.8. Clasificación del ladrillo. Existen diversas formas de clasificar los ladrillos, entre las más destacadas tenemos:

2.2.1.8.1. Según su resistencia. El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), en la Norma E.070 Albañilería, propone cinco tipos de ladrillos (MVCS, 2006):

- ✓ **Tipo I.** Posee resistencia y durabilidad muy bajas. Se usan en edificaciones de albañilería con mínimas exigencias de servicio.
- ✓ **Tipo II.** Con resistencia y durabilidad bajas. Se usan en edificaciones de albañilería con moderadas exigencias de servicio.
- ✓ **Tipo III.** Presentan resistencia y durabilidad media. Son aptos para edificaciones de albañilería de uso general.
- ✓ **Tipo IV.** Son de resistencia y durabilidad altas. Apto para edificaciones de albañilería que presenten rigurosas exigencias de servicio.
- ✓ **Tipo V.** Poseen resistencia y durabilidad muy altas. Apto para edificaciones de albañilería con especiales exigencias de servicio.

La clasificación antes mencionada, se detalla en la tabla 2, según la norma E.070.

Tabla 2.

Clase de unidades de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1 CLASE DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES						
CLASES	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)				ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_c^b mínimo en MPa (hg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más 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)	
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)	
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)	

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

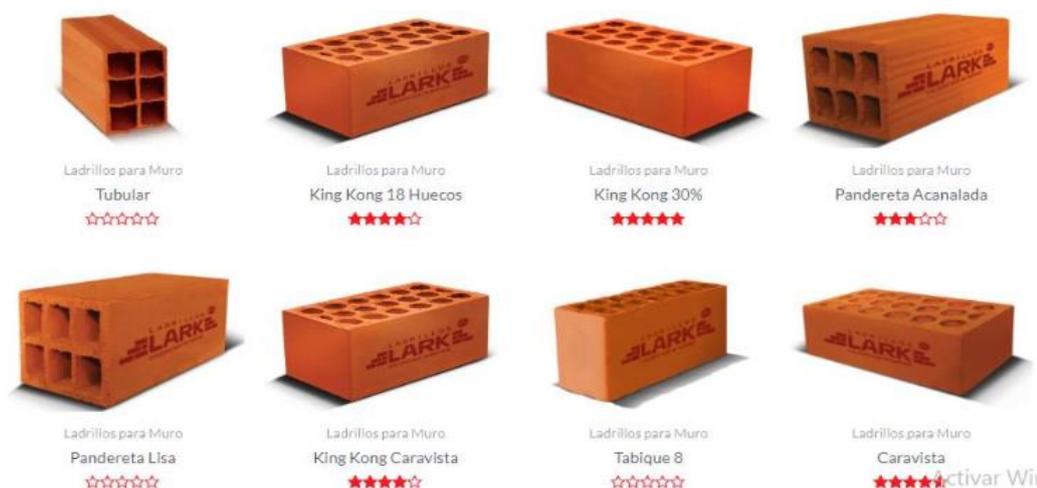
Nota: Norma E.070 - Albañilería.

2.2.1.8.2. Según su Uso

✓ **Ladrillos para muro.** Estos ladrillos son utilizados en muros de viviendas y/u otros servicios. En la figura 8 se muestran los diferentes ladrillos de ésta clasificación:

Figura 8.

Tipos de ladrillos.



Nota: <https://ladrilloslark.com.pe/>

- ✓ **Ladrillos para techo.** Son los ladrillos que se utilizan exclusivamente en techos.

2.2.1.8.3. *Según su estructura*

- ✓ **Ladrillo perforado.** Presentan perforaciones en la tabla y éstas cubren más del 10% de dicha área.
- ✓ **Ladrillo macizo.** Son los que no poseen perforaciones en la tabla y si lo tienen no cubren más del 10% de su área. Pueden poseer rebajes en las caras.
- ✓ **Ladrillo tejar o manual.** Son de aspecto tosco con caras rugosas.
- ✓ **Ladrillo hueco.** Presentan perforaciones en el canto o en la testa lo que les hace menos pesados. Por lo general se utilizan en tabiquería con cargas ínfimas. (Chicchón & Rivasplata, 2020).

2.2.1.8.4. *Según el método de fabricación.* Los ladrillos pueden ser:

- ✓ **Artesanales:** Son elaborados mediante métodos manuales, donde la colocación de la masa en el molde y el enrazado es a mano, éstos ladrillos presentan variaciones de una unidad a la otra. (Barranzuela, 2014, p. 26). Esta forma de fabricación es practicada principalmente por productores locales y la micro y pequeña empresa cuyo denominador común es la informalidad, por lo general tienen un horno cerca, se ubican en las afueras de las ciudades o pueblos pequeños, utilizan combustibles de bajo costo y muy contaminantes como el carbón, pajilla de arroz, llantas, plásticos y hasta aceite de vehículos quemado. En casos aislados los estándares de calidad y buenas prácticas son la filosofía de las manufacturas de éste tipo, además, es evidente que la “calidad” que ellos han alcanzado se debe gracias a la experiencia de los empleados o propietarios (Chicchón & Rivasplata, 2020). En la figura 9 se visualiza a un peón realizando el proceso de moldeado artesanal.

Figura 9.

Fabricación de ladrillo artesanal.



Nota: Elaboración propia.

- ✓ **Semi-industriales.** Las unidades de albañilería elaboradas bajo éste modelo se caracterizan porque el moldeado se hace con equipos sencillos que extruye la masa de arcilla a baja presión. Una unidad producida con este método tiene la particularidad de tener sus superficies lisas (Guadalupe, 2019).
- ✓ **Industriales.** Las unidades de albañilería producidas bajo esta modalidad tienen la particularidad de ser uniformes al ser comparadas una con otra y ello se debe a que el proceso de fabricación se realiza por medio de máquinas que amasan, moldean y extruyen la masa de arcilla. (Barranzuela, 2014, p. 26).

2.2.1.8.5. Según la materia prima.

- ✓ **De arcilla.** Por lo general la arcilla es el material principal para la elaboración de los ladrillos, éstas pueden ser calcáreas y no calcáreas; las calcáreas tienen un 15% de carbono de calcio, componente que le otorga el aspecto amarillento a las unidades; y las no calcáreas contienen silicato de alúmina con 5% de óxido de hierro, compuesto que les da el color rojizo a los ladrillos.

Las arcillas más adecuadas para elaborar ladrillos deben tener arena para mitigar la contracción en el secado de la arcilla. (Gálvez, 2015, p. 34).

- ✓ **De sílice-cal.** El ladrillo sílico calcáreo es una unidad de albañilería formado por la mezcla de un árido y un aglomerante, componentes que son unidos con equipos adecuados y endurecidos con vapor de agua a presión. Gracias a los materiales que lo constituyen estos ladrillos son resistentes a la acción de los sulfatos (Peralta & Quispe, 2019).
- ✓ **De concreto.** El material principal para la elaboración de las unidades es el cemento, combinado con arena y/o confitillo y agua. las unidades de éste material son incluidas dentro de los materiales de construcción pre fabricados (Arrieta & Peñaherrera, 2001).

2.2.1.9. Componentes del ladrillo.

2.2.1.9.1. Arcilla. Están conformadas por silicatos de aluminio hidratados que tienen su origen en rocas sedimentarias degradadas de manera natural durante miles de años que presentan feldespatos como el granito; son incitadas por procesos sísmicos, erosiones, presiones tectónicas, etc. (Gallegos, 2005).

Según la NTP 331.017 (2006) la arcilla “es un conglomerado mineral gredoso que contiene principalmente silicatos de aluminio hidratados. El gres es plástico al ser pulverizado y mojado, es rígido al secarse y vidrioso cuando se cocc a temperatura del orden de 1 000 °C” (pag.15)

- ✓ **Composición.** Mineralógicamente las arcillas están compuestas principalmente de cuarzo, material no plástico, componente esencial cuando se funde en el horno asumiendo un rol fundamental al momento de la transición, y materiales no plásticos como el caolín y la arcilla. En la tabla 3 se especifican los minerales constituyentes de las arcillas.

Tabla 3.*Arcillas comunes para ladrillos.*

Caolinita	0 – 15%
Sericita + Illita	10 – 20%
Esmectita	0 – 5%
Clorita	0 – 5%
Cuarzo	30 – 55%
Feldespato	0 – 13%
Calcita	0 – 10%
Dolomita + Ankerita	< 1%
Goethita	< 1%
Hematita	< 1%
Siderita	< 1%
Pirita	< 1%
Yeso	< 1%
Hornblenda	< 1%
Resto, amorfo bajo rayos X	1 – 10%

Nota: Caracterización de las arcillas en el Perú, 2006.

Por otro lado, la composición química de las arcillas, está basado en la sílice (SiO_2), como componente principal, y en razón de la cuantía de éste se podrá clasificar a sus componentes; Zea (2005) afirma que: debido a la constitución química de la cubierta de la tierra y la mayoría de las arcillas, la sílice y alúmina son los componentes que más destacan en la conformación de los minerales. En la tabla 4 observamos la composición química de las arcillas utilizadas para ladrillos.

Tabla 4.*Composición química de la arcilla para ladrillos*

Si O_2	49.20 – 68.00 %
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	10.20 – 19.40%
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	2.70 – 8.00%
Mg O	0.50 – 2.90%
Ca O	0.30 – 9.40%
$\text{Na}_2 \text{O}$	0.30 – 1.20%
$\text{K}_2 \text{O}$	1.30 – 4.90 %
Ti O_2	0.30 – 1.70%
Ca C O_3	0.00 – 18.00%
Material orgánico	0.40 – 0.56%
Azufre total	0.80 – 0.16%
PPR	5.80 – 9.90%

Nota: Caracterización de las arcillas en el Perú, 2006.

- ✓ **Características físicas.** Las arcillas están constituidas por cristales muy pequeños, los que poseen característica como: canjear iones, modificar su estructura química interna, albergar moléculas en el espacio inter laminar, un área laminar con actividad química importante y poseer reversibilidad en las mutaciones físicas de la estructura laminar como en el aumento de volumen.
- ✓ **Propiedades.** Para entender de manera más clara la actuación de la arcilla que se usa para elaborar los ladrillos, se procede a precisar las propiedades más recalables de la arcilla (Guadalupe, 2019):
 - **Plasticidad:** La arcilla posee esta propiedad porque se le puede dar forma. Ésta propiedad es cuantificada por medio de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad). Para obtener información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla es necesario conocer la relación que hay entre el límite líquido y el índice de plasticidad. A ello Del Rio (1975, p. 175) argumenta que: las arcillas pueden tener diferentes plasticidades pues, la configuración interna no se asemeja entre todas las tierras, asimismo, las materias extrañas combinadas con la materia arcillosa cambian la plasticidad según su estado físico y su composición.

Tabla 5.

Clasificación del suelo según su plasticidad

CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU PLASTICIDAD		
Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018)

- **Contracción.** La contracción se observa en la disminución del tamaño de las unidades moldeadas y puestas a secar. Se pueden identificar dos tipos de contracciones: por aire, la que se da luego que ha moldeado el ladrillo hasta antes de ser cocido; y por fuego, que se presenta en el proceso de cocción. En relación a ello Schneider (1980) y Dickey (1980), concuerdan al afirmar que: para uno u otro caso de contracción, si es desmedido, puede causar fisuras y alteraciones en la forma de los ladrillos.
- **Refractariedad.** Capacidad de resistir los incrementos de temperatura. La totalidad de arcillas poseen esta característica, sólo que unas se caracterizan por poseer más grado que otras, lo que se debe por el contenido químico de alúmina y sílice; si posee porcentajes más altos de estos constituyentes la refractariedad será superior.
- **Porosidad.** Esta propiedad está íntimamente ligada al tamaño de las partículas de la arcilla, si las partículas son grandes la porosidad es más alta que si las partículas son más pequeñas, pues las partículas más pequeñas se unen más entre sí impidiendo que el agua ingrese entre ellas.
- **Color.** Para Ríos (1975, p.52) Las arcillas tienen diversos matices, las blancas son las más puras; pero, por lo general son grisáceas y a veces azules o negras, y a menudo las hallamos amarillas, rojas o pardas. La variedad de colores se debe a su composición química, determinada por las impurezas de procedencia mineral u orgánica.

Según Gallegos (2005) las arcillas dependiendo de las condiciones y factores que determinaron su aparición poseen diversos caracteres únicos para cada tipo, que influyen en las propiedades que se mostrarán en la aleación final. Ante ello

afirma que las arcillas comunes son las más eficaces para elaborar ladrillos, ya que son una conjugación de diversos minerales arcillosos como la ilita y esmectita.

✓ ***Proceso de cocción de las arcillas.***

Las arcillas al estar en contacto con fuentes de calor experimentan cambios como la pérdida del agua, fase inicial, hasta la aparición de una fase vítrea, fase final. Entre ambas fases se presentan cambios intermedios como: deshidroxilación, destrucción de la estructura cristalina y formación de nuevas fases cristalinas. De manera unánime, las investigaciones desarrolladas, demuestran que las arcillas se fusionan entre los 1.000°C y 1.500°C, siendo la fusión a 1000°C de los materiales con más presencia de hierro, alcalinos y alcalinotérreos; y la fusión a 1.500°C de los que no tienen estos elementos. En tanto, el grado de vitrificación se encuentra condicionado por la composición mineralógica y el tamaño de las partículas, así pues, al tener calcio en la masa, este ocasionará que el grado de vitrificación baje y causará un efecto brusco por la formación de un vidrio fluido (García, Flores y Medina, 2018).

Los granos de las arcillas comunes son muy heterogéneos, y éstos son <0.002 mm.

2.2.1.9.2. Arena. Es la denominación de los materiales de granos finos que proceden de la meteorización química y mecánica de las rocas, el tamaño de sus partículas están entre los 2.0 mm y 0.05 mm de diámetro. La aparición y presencia de las arenas es afín al de los guijarros; por lo general, están juntos en el mismo depósito. Que un grano de arena sea redondeado y liso o angular depende de cómo se desplazó río abajo. (Zúñiga 2018).

✓ ***Estructura.*** Por lo general está conformada de cuarzo (sílice) con una pequeña proporción de mica, feldespato, magnetita y otros minerales resistentes.

- ✓ **Composición química.** La composición química de la arena es principalmente SiO₂ o sílice. La sílice, que también se denomina cuarzo, es un tipo de mineral que constituye la mayoría de los tipos de arena. El cuarzo, que no se rompe fácilmente, se puede encontrar en varios tipos de rocas. El granito, que es una roca plutónica, y la arenisca, que es una roca sedimentaria, tienen un alto contenido de cuarzo.
- ✓ **Formación u origen.** Las arenas se forman a partir de la meteorización y abrasión de las rocas; al finalizar este proceso sus partículas tienden a ser angulosas y puntiagudas, pero a medida que van friccionando entre sí por acción del viento y el agua o son rodadas en cantos las partículas se van haciendo más pequeñas y redondeadas.
- ✓ **Propiedades.** Entre las principales propiedades de la arena podemos mencionar: químicamente es inerte, sus granos son afilados, angulares, gruesos y duraderos, no debe contener sales que atraigan la humedad de la atmósfera, contiene partículas de varios tamaños en proporciones adecuadas y su módulo de finura debe estar entre 2 y 3.
- ✓ **Usos de la arena.** El principal uso se da al mezclarse con materiales arcillosos, desde los inicios de nuestra civilización se usó la arena para fabricar tejas, ladrillos, tubos, baldosas, cerámicos, losas, azulejos y gres. (Hernández, 2018).

2.2.1.10. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal.

2.2.1.10.1. Extracción y selección de la materia prima. Éste proceso se realiza de manera artesanal y comienza con la excavación realizada de manera manual haciendo uso de picos, palas y carretillas (Bahena, et al., 2019). En la selección de las materias primas juega un papel fundamental en la fabricación de ladrillos.

Así, por ejemplo, al elegir arcillas muy grasas, éstas tendrán que ser mezcladas con arena para desgrasarla (Barranzuela, 2015).

Figura 10.

Proceso de extracción de la materia prima para el ladrillo.



Nota: Elaboración propia.

2.2.1.10.2. Preparación del fango o mezcla. Este proceso consiste en disgregar los trozos de arcilla de mayor tamaño para luego ser mezclada con arena y agua, se amasa por apisonado con la finalidad de homogenizar la mezcla hasta lograr una masa plástica (Bahena, et al., 2019). Se usa el 25% del volumen total, en agua, para hacer el fango (Shadow & Rodriguez, 1992).

Figura 11.

Proceso de preparación del fango del ladrillo.



Nota: Elaboración propia

2.2.1.10.3. Moldeado. Este proceso se hace con la ayuda de un molde o gavera de plástico de tres piezas y con fondo, en el que se coloca papel recortado con la finalidad de asegurar que en el secado no se rajen, en él se coloca la masa hasta llenarlo distribuyéndolo uniformemente, luego se enrasa con las manos para finalmente desmoldarlos volteando el molde en el piso destinado para el secado, cada artesano elabora alrededor de 1000 ladrillos por jornada de trabajo de 8 horas.

Figura 12.

Proceso de moldeado de los ladrillos artesanales.



Nota: Elaboración propia.

2.2.1.10.4. Secado. Se realiza a cielo abierto, sobre una superficie horizontal y bien compacta, permaneciendo allí por el lapso de 48 a 72 horas en la posición de desmolde, luego es levantado y colocado de canto por un periodo de 24 horas, finalmente son apilados en rumas dejando entre cada unidad espacios para asegurar la ventilación y el secado, estas rumas son por lo general hechas hasta una altura aproximada de 1.50m donde se deja que las unidades completen el periodo de secado, además que éstas facilitan la cobertura con plásticos cuando existe presencia de lluvias.

Figura 13.

Proceso de secado de los ladrillos artesanales.



Nota: Elaboración propia.

2.2.1.10.5. Cocción. En este proceso las unidades de albañilería secas son colocadas en un horno donde son sometidas a elevadas temperaturas por un periodo de tiempo determinado, para generar el calor necesario se usa como combustibles la leña de eucalipto y/o carbón mineral; empíricamente, por versión de los productores, se sabe que el proceso de cocción debe durar por lo menos 72 horas, tiempo suficiente para alcanzar productos de buena calidad. Éste proceso tiene tres fases bien marcadas, las cuales son:

- ✓ **Prealentamiento.** Es la fase inicial del proceso de cocimiento de los ladrillos, en ésta se quita el agua alojada en la arcilla y culmina cuando se bordean los 100°C.
- ✓ **Cocción.** En esta fase se logra expeler el agua que se encuentra químicamente ligada a la masa y se alcanzan los 700°C.
- ✓ **Enfriamiento.** Es la fase en la que la temperatura va descendiendo desde los niveles de cocción 700 °C hasta valores ambientales; en esta fase se imprime el color y la dureza de las unidades de albañilería (Guadalupe, 2019).

Figura 14.

Proceso de quemado de los ladrillos artesanales.



Nota: Elaboración propia.

2.2.1.10.6. Distribución y/o entrega. Este proceso inicia con la descarga del horno cuando ha logrado enfriarse, parte del producto, en ocasiones, es adquirido y recogido directamente del horno y otra parte es transportada y vendida por los productores hasta los lugares donde son pedidos y cuando no se logra realizar la venta in situ, se descarga el horno colocando los ladrillos en almacenes para su posterior venta al público. La figura 15 plasma el proceso de productivo de los ladrillos.

Figura 15.

Proceso de elaboración de los ladrillos artesanales.



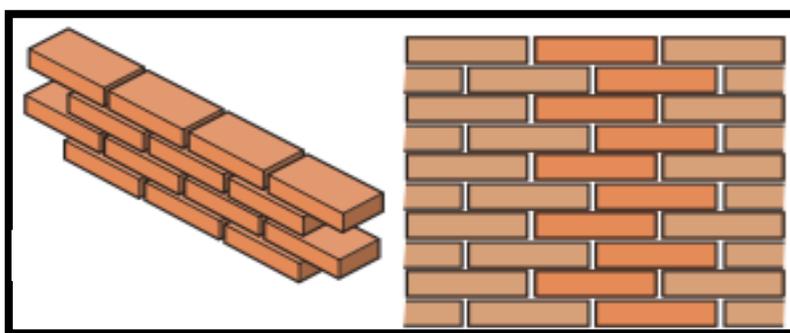
Nota: Elaboración propia.

2.2.1.11. El aparejo en ladrillos. Se conoce así a la manera en la que se colocan las unidades de albañilería para formar el muro, cuidando que éste se eleve uniformemente hasta alcanzar la altura deseada. El aparejo utilizado determina el espesor que tendrá el muro.

2.2.1.11.1. Aparejo de sogá. En este tipo de aparejo un observador puede percibir los cantos del ladrillo, el espesor del muro está dado por la medida del tizón. Es más usado en fachadas de cara vista.

Figura 16.

Muro con aparejo de sogá.

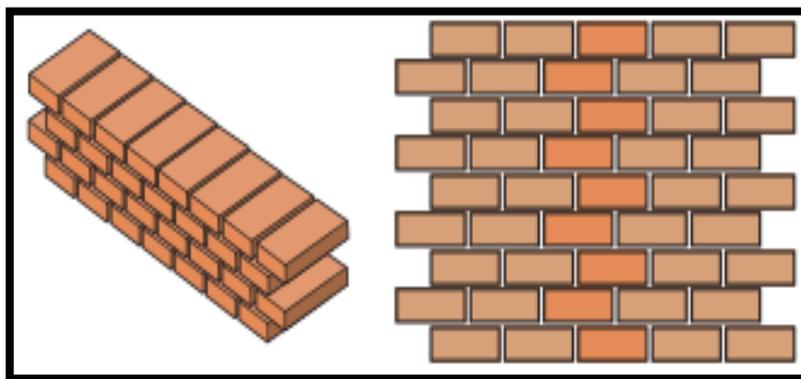


Nota: www.acerosarequipa.com

2.2.1.11.2. Aparejo de cabeza. También es conocido como aparejo de tizones o a la española, en este tipo los ladrillos son colocados de tabla y un observador puede visualizar los tizones de los ladrillos y el espesor del muro está dado por la medida de la sogá. Este aparejo se usa en muros portantes.

Figura 17.

Muro con aparejo de cabeza.



Nota: www.acerosarequipa.com

2.2.1.11.3. Aparejo de sardinel. Los ladrillos son colocados de canto, permitiéndonos observar los tizones.

Figura 18.

Muro con aparejo de sardinel.

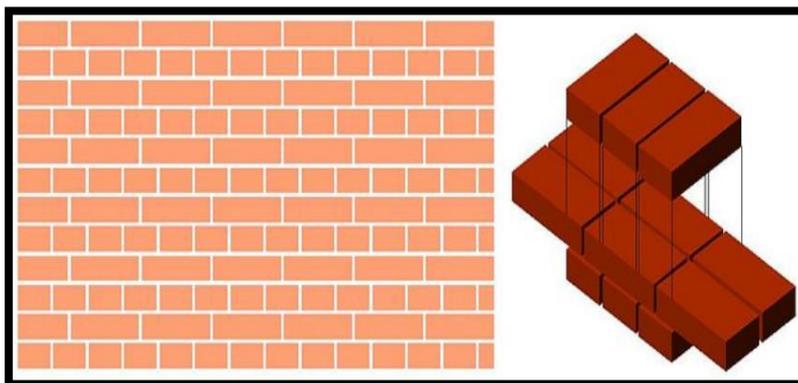


Nota: Ladrillos.es.

2.2.1.11.4. Aparejo inglés. Este tipo de aparejo se realiza haciendo alteraciones en las hiladas, una de soga y la siguiente de cabeza, el espesor del muro está dado por la medida de la soga. Se usa en muros que soportan cargas estructurales ya que su traba es mejor, pero demanda de mano de obra calificada.

Figura 19.

Muro con aparejo inglés.

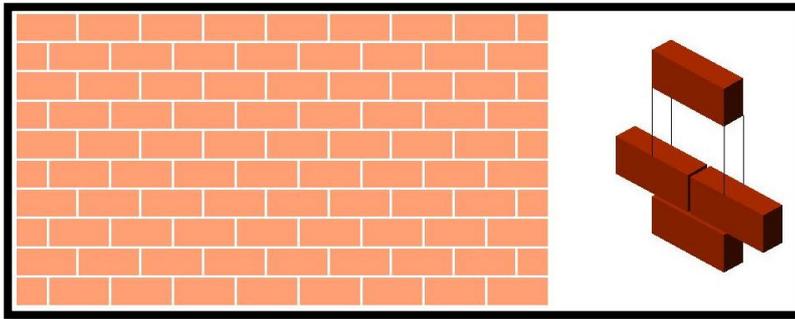


Nota: Ladrillos.es.

2.2.1.11.5. Aparejo pandereta. En este aparejo los ladrillos son colocados de canto y el espesor del muro está dado por la medida del grueso del ladrillo. Se usa sólo para muros de tabiquería ya que no puede soportar más cargas que su peso propio.

Figura 20.

Muro con aparejo de pandereta.

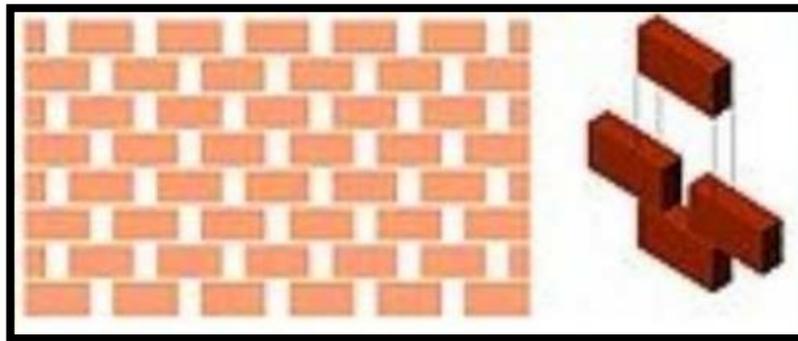


Nota: Ladrillos.es.

2.2.1.11.6. Aparejo palomero. Tipo de disposición de los ladrillos idéntico al estilo pandereta, con la salvedad que horizontalmente, entre unidades, se dejan espacios. Es usado en la fabricación muros temporales.

Figura 21.

Muro con aparejo palomero.



Nota: Ladrillos.es.

2.2.2. Diatomita

2.2.2.1. Definición. Cabrera (1963) “la diatomita o también tierra diatomea es un tipo de mineral no metálico conformado generalmente por las paredes celulares u osamentas microscópicas de diatomeas”. Es una roca sílicea de procedencia natural, organogénica y formada por sedimentación, constituida principalmente por residuos petrificados de micro algas acuáticas y unicelulares conocidas como diatomeas. La Diatomita pura está compuesta en su mayor parte por Sílice amorfo de allí su formulación SiO₂. (Ramirez, 2019).

Las diatomeas son algas microscópicas, del género de las bacilariaceas que poseen la capacidad de vivir en agua salada y dulce. Están formadas por dos valvas silíceas cuyo tamaño cambia se acuerdo a la especie, con diámetros que varían de 5 a 150 μm (Cabrera, 1963).

El origen de toda diatomita es un ser vivo llamado diatomea, éstas poseen la habilidad de sacra la sílice de su hábitat natural acuoso. Al momento de morir se hunden y conforman los depósitos de sedimento orgánico. La desintegración de las partes orgánicas permite que se acumulen los caparazones silíceos, los que van compactándose y convirtiéndose en depósitos de diatomita. (Gálvez, 2015).

En los mares u océanos las diatomeas se multiplican en zonas fóticas con profundidades que van de 0m a 200m, cerca de los lugares donde las aguas frías del fondo afloran (fenómeno de upwelling) (Ramírez 2019). La diatomita es conocida comúnmente como: celaton, celite (diatomita pura color blanca), dicalite, microsíl, kenite, moronitas o tierra moler y diactiv (Gonzaga, 2019).

2.2.2.2. Tipos. Teniendo en cuenta la coloración, la que está estrechamente vinculada a su composición, y fines comerciales las diatomitas pueden ser de 3 tipos: extra de color blanco y con apariencia limpia, de primera con colores muy blanquecinos y de segunda con colores grisáceos o amarillentos blanquecinos (Saldarriaga, 2009).

2.2.2.3. Aplicaciones. La diatomita tiene las siguientes aplicaciones:

2.2.2.3.1. Elemento filtrante. La diatomita es utilizada principalmente como ayudante de filtración en la clarificación y purificación de una gama de líquidos como: cerveza, vino, licores azucarados, zumos, aceites comestibles y otras industrias (Gálvez, 2015). Según la Dirección General de Desarrollo Minero (DGDM, 2017), las partículas de la diatomita molida conforman una masa de

poros abiertos en la que las impurezas o partículas flotantes, hasta de 2-5 micras, son atrapadas haciendo que el proceso de filtración sea de muy buena calidad. La capacidad de filtrar partículas tan finas hace que éstos filtros sean tan conocidos.

2.2.2.3.2. Absorbente. La diatomita sólida o molida tiene la capacidad de absorber entre 150 y 200% su peso de agua y no perder su forma, por tal razón es utilizada para absorber sustancias como insecticidas y desinfectantes. Además, es usado como soporte de pesticidas, catalizadores y lechos de animales (DGDM, 2017).

2.2.2.3.3. Relleno. La diatomita es usada como material de relleno o filler en la elaboración de papel, pasta, moldes dentales, pinturas, plásticos, caucho, jabones, pastillas, comprimidos medicinales, fertilizantes y muchos productos térmicos, varillas de soldadura, tintas de impresión, compuestos para lacrados; explosivos, fósforos y revestimiento dental (DGDM, 2017).

2.2.2.3.4. Material aislante térmico y acústico. La diatomita se utiliza para fabricar hornos, calentadores y otros equipos de tratamiento térmico (DGDM, 2017, pp. 10-12). Así como, elaborar cementos especiales refractarios (Gálvez, 2015).

2.2.2.3.5. Materiales de construcción. La diatomita es utilizada como aditivo para el concreto mejorando su homogeneidad, trabajabilidad e impermeabilidad final (Saldarriaga, 2009).

2.2.2.3.6. Lechos de animales. La diatomita en su forma granular se extiende en una capa de 6 centímetros de espesor para envolver las excreciones de los animales y eliminar los olores desagradables (Gálvez, 2015).

2.2.2.3.7. Aporte de sílice. La diatomita contiene gran cantidad de sílice, mineral que puede aportar al cemento Pórtland, para la fabricación de silicatos sintéticos y productos aislantes o ignífugos (Gálvez, 2015).

En el Perú el 55% de la de las diatomitas son utilizadas como material filtrante, 24% es utilizada como cementante, 10% es usada como absorbente, 9% como como material de relleno y el 2% como aislante (Caballero & Zuni, 2017).

2.2.2.4. Propiedades físicas y química.

Por lo general son blancas, pero también pueden ser de diversos colores.

A simple vista es una roca llagada fina y porosa con aspecto margoso.

Por lo general son de color blanco brillante, las de alta pureza, pero también suelen ser coloreadas, blanco (calcinado con fundente), rosa (calcinado) y gris (sin calcinar).

Porosidad elevada.

Baja densidad.

Elevada capacidad de absorción de sustancias líquidas.

Su erosividad es suave.

Posee muy baja conductividad térmica y eléctrica.

Tiene elevada resistencia a la temperatura.

Su punto de fusión va desde 1,400° a 1,750°C.

Peso específico 2.0 (la calcinación la incrementa a 2.3)

Área superficial 10 a 30 m²/g (la calcinación la reduce de 0.5 a 5 m² /g).

Índice de refracción 1.4 a 1.46 (la calcinación la incrementa a 1.49).

Dureza (Mohs) 4.5 a 5 (la calcinación la incrementa de 5.5 a 6).

Químicamente es inerte.

El porcentaje de humedad varía de según al depósito (10% hasta 60%).

La densidad aparente (base seca) varía de 0.32 a 0.64 Ton/m³.

Absorción de aceite: 120 g/100 g de aceite.

Ph 7.0 (DGDM, 2017, pp. 2-6).

Los componentes químicos de la diatomita se detallan en la tabla 6:

Tabla 6.*Componentes químicos de la diatomita.*

Componente	Composición (%)
SiO ₂	65 - 95
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0.20 – 0.80
CaO + MgO	0.10 – 7.00
K ₂ O + Na ₂ O	0.00 – 5.00
H ₂ O + Materia orgánica	4.00 – 15.00

Nota: DGDM, 2017.

2.2.2.5. Proceso de producción. Según la DGDM (2017), para obtener diatomita se debe tener en cuenta las siguientes fases:

2.2.2.5.1. Minado. Por lo general se realiza a tajo abierto haciendo uso de maquinaria para remover el suelo que se ha alojado sobre el yacimiento y finalmente sacar el mineral. Éste, así como se extrae, es llevado al molino o a los almacenes en pilas; a menudo la humedad del mineral en estas condiciones está en el rango de 40% a 60%.

2.2.2.5.2. Trituración primaria. Se realiza generalmente haciendo uso de molinos de martillo conservando así la estructura de la diatomea. En esta fase se disgrega el material y se remueven los materiales diferentes.

2.2.2.5.4. Molienda / Secado. Consiste en disminuir la medida de las partículas. Éstos dos procesos se hacen a la par y las partículas suspendidas son llevadas en una corriente de gases calientes. Con una temperatura de 70°C a 430°C los secadores reducen la humedad hasta alrededor del 15%.

2.2.2.5.5. Clasificación. Las partículas que pasan por el secador ingresan a una serie de ventiladores, ciclones y separadores a una casa de bolsas, los que separan el polvo en tamaños diferentes, quitan las impurezas y eliminan el agua absorbida.

2.2.2.5.6. Calcinación. La diatomita para ser usada como filtrante debe ser cocida mediante tratamiento térmico en calcinadores rotatorios, con o sin agente

fundente. Este proceso se realiza para homogenizar la distribución del tamaño de las partículas

2.2.2.5.7. Molienda. Se realiza con la finalidad de tener un producto más fino según el requerimiento de los clientes.

2.2.2.5.8. Clasificación. Las partículas de la última molienda nuevamente son clasificadas según los requerimientos.

2.2.2.5.9. Embarque del producto final. Según los requerimientos del mercado el producto final puede poseer diversos tamaños y colores (gris, rosa y blanco). Estos productos son envasados en sacos y apilados hasta el momento de ser embarcados.

(DGDM 2017, pp. 8-10)

Figura 22.

Diagrama general del proceso de producción de la diatomita.



Nota: DGDMM, 2017.

2.2.2.6. Diatomita en el Perú. El Perú cuenta con varios yacimientos de diatomita, los mismos que según su origen se clasifican en:

2.2.2.6.1. Marinos. Los principales yacimientos de diatomita de origen marino se localizan en las regiones de Piura (cuenca de Sechura) e Ica.

2.2.2.6.2. Lacustres. Los yacimientos más importantes de diatomita de origen lacustre los encontramos en las regiones de Ayacucho y Arequipa.

Además, nuestro país cuenta con muchos yacimientos más, tal como: en Arequipa: Uzaña, Uyapampa y Polobamba; en Lima: Mala y Cañete; en Ancash: Recuay; en Junín: Yanacancha, en Puno: Huamalí y en Tacna: Aricota y Tripartito. En la figura 23 se ilustran los depósitos de diatomita con los que cuenta el Perú.

Figura 23.

Principales yacimientos de diatomita en el Perú.



Nota: Universidad Nacional de Ingeniería, 2018.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Arcilla

Es un material terroso que es plástico cuando está húmedo, pero duro cuando se cuece, que se compone principalmente de partículas finas de silicatos de aluminio hidratados y otros minerales, y que se utiliza para ladrillos, tejas y cerámica (Gallegos, 2005).

2.3.2. Arena

Se le conoce con el nombre de arena a los componentes de partículas finas originados por la meteorización o ruptura mecánica de las rocas, cuyos granos tienen un diámetro que oscilan entre 2.0 mm y 0.05 mm (INDECOPI, 2004).

2.3.3. Diatomita

Roca silícea, de génesis natural, conformada principalmente por partes petrificadas de esqueletos de algas micrométricas y unicelulares conocidas como diatomeas, además, es clasificada como un mineral no metálico cuyo origen es sedimentario y organogénico. (DGDM, 2017)

2.3.4. Ladrillo

Se denomina así a una unidad de tamaño práctico de material de construcción o pavimentación que suele ser rectangular y de aproximadamente $24 \times 13 \times 9$ cm y está hecha de arcilla húmeda endurecida por calor. (INDECOPI, 2005). Trozo de arcilla de forma ortoédrica, moldeada, secada y cocida en un horno a altas temperaturas y es utilizado para erigir edificaciones de diferente tipo (Rivera, 2013)

2.3.5. Ladrillo artesanal

Entendemos por ladrillo artesanal al que es elaborado mediante procesos generalmente manuales. La masa de arcilla plástica es moldeada y enrazada a mano en una adobera, luego es desmoldado y puesto a secar a cielo abierto. A menudo durante el

moldeado se hecha arena o agua al molde para asegurar una buena desmoldada. (Barranzuela, 2014).

2.3.6. Ladrillo convencional

Se hace referencia en este trabajo de investigación al ladrillo fabricado artesanalmente sin ningún tipo de sustitución.

2.3.7. Propiedades físico-mecánicas

Son las características fundamentales de los ladrillos, tales como: resistencia a la compresión, Absorción, resistencia al corte, Alabeo, Variación dimensional. (RNE E.070, 2006).

2.3.8. Residuos sólidos

Material sólido que se descarta porque cumplió su propósito o ya no es útil. Están constituidos por todo tipo de objeto, material, sustancia o elemento que resulta después de haber consumido o usado un bien o servicio, de los cuales nos deshacemos cuando ya no nos sean útiles. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Ho: Al evaluar el ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita se obtienen valores similares a lo estipulado en la norma E.070 y se tiene un aumento del 5% en su resistencia y una disminución de peso del 10% comparado con un ladrillo artesanal convencional.

3.2. Variables

3.2.1. *Variable independiente*

La variable independiente residuos de diatomita, hace alusión al material fino utilizado en la fabricación de cerveza como filtrante y después de ello es desechado como lodos de filtro, los que son entregados a la compañía que ofrece el tratamiento y disposición de residuos sólidos MASD S.A.C quienes después de un proceso de deshidratación son vendidos para ser utilizados en otros procesos industriales o en su defecto depositarlos en botaderos a cielo abierto.

3.2.2. *Variable dependiente*

La variable dependiente “ladrillo artesanal con porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita” hace referencia a la “piedra artificial” con forma de paralelepípedo, que resulta moldear manualmente las materias primas arcilla y arena, mezcladas con agua, secadas y cocidas donde consigue una gran dureza y resistencia. En este caso esta variable presenta porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita de 0, 20, 40, 60 y 80 %, los cuales serán sometidos a una serie de ensayos de laboratorio con el fin de identificar sus propiedades físicas y mecánicas y de estos resultados hacer un comparativo de valores y características con una muestra base (0% de sustitución) para determinar el porcentaje más óptimo de sustitución a la luz de la

norma E.070 de albañilería. Esta variable tiene como indicadores: Variación dimensional, alabeo, absorción, succión, peso específico, compresión, compresión en pila, compresión en murete.

La matriz de operacionalización de la investigación “Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe”, se detalla en la Tabla 7 que se muestra a continuación:

Tabla 7:

Matriz de operacionalización de las variables en estudio.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	
			Indicadores	Ítem
Variable independiente residuos de diatomita	Características físicas y químicas de los residuos de diatomita en el estado en que se adquiere.	Propiedades químicas	Contenido de sales	%
			Granulometría	%
			Peso volumétrico seco, suelto y compactado	Kg/m ³
			Peso específico o densidad relativa	Kg/m ³
			Módulo de finura	%
		Propiedades físicas	Porcentaje de absorción	%
			Contenido de humedad	%
			Medición de medidas	%
			Alabeo	mm
			Absorción	%
Variable dependiente ladrillo artesanal con porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos convencionales o con 0% de sustitución.	Propiedades físicas y mecánicas (ladrillos convencionales o 0% de sustitución)	Eflorescencia	Eflorescente / no eflorescente
			Succión	%
			Peso específico o densidad relativa	Kg/m ³
			Compresión	Kg/cm ²
			Compresión en murete	Kg/cm ²
	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos con 20, 40, 60 y 80% de sustitución.	Propiedades físicas y mecánicas (ladrillos con residuos de diatomita)	Compresión en pila	Kg/cm ²
			Medición y alabeo	mm
			Porcentaje de absorción	%
			Eflorescencia	Eflorescente / no eflorescente
			Succión	%
			Peso específico o densidad relativa	Kg/m ³
			Compresión	Kg/cm ²
			Compresión en murete	Kg/cm ²
			Compresión en pila	Kg/cm ²

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

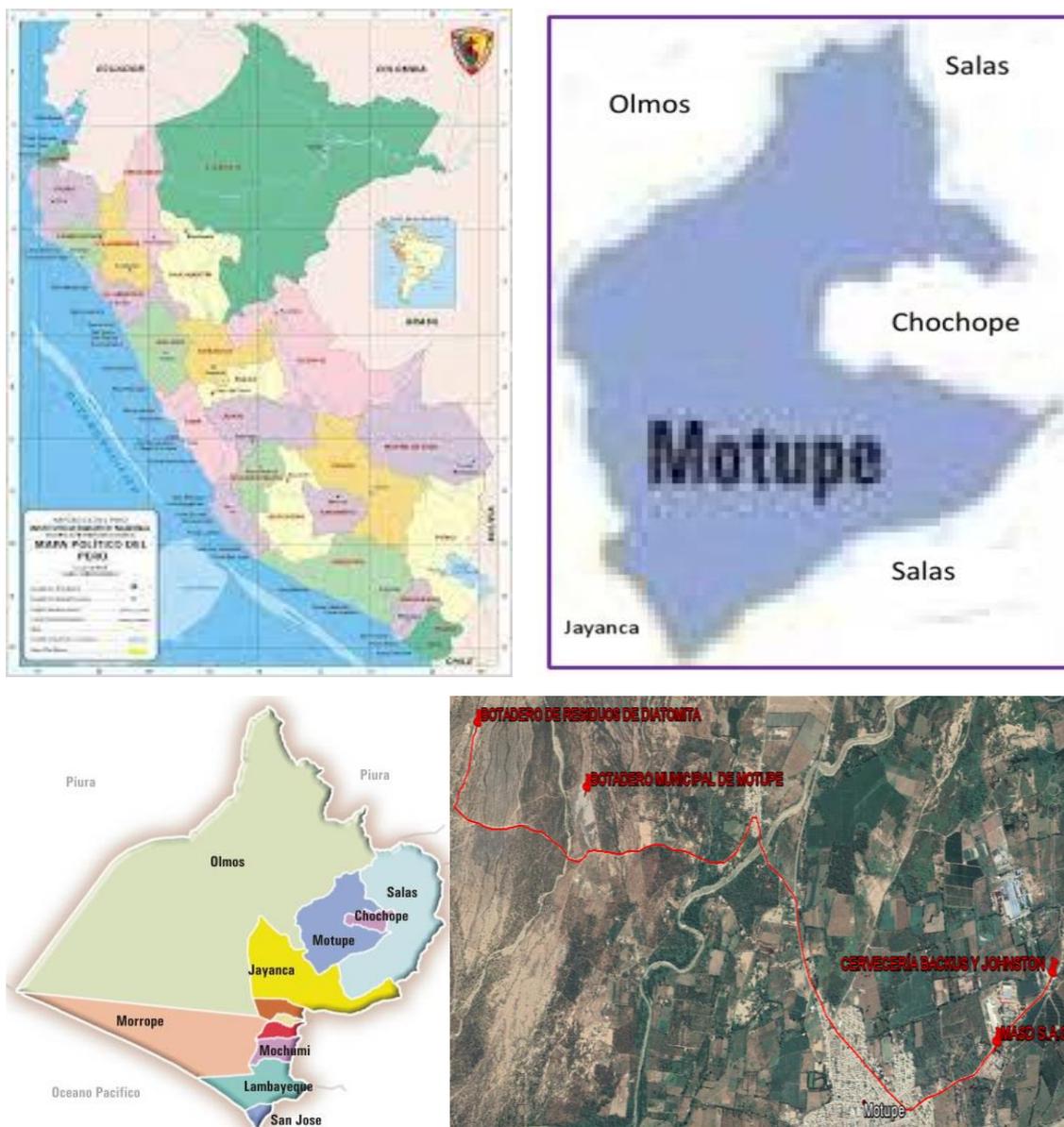
MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

Los residuos de diatomita fueron obtenidos de la compañía MASD S.A.C. ubicada en la ciudad de Motupe en la región Lambayeque.

Figura 24

Ubicación geográfica del distrito de Motupe.

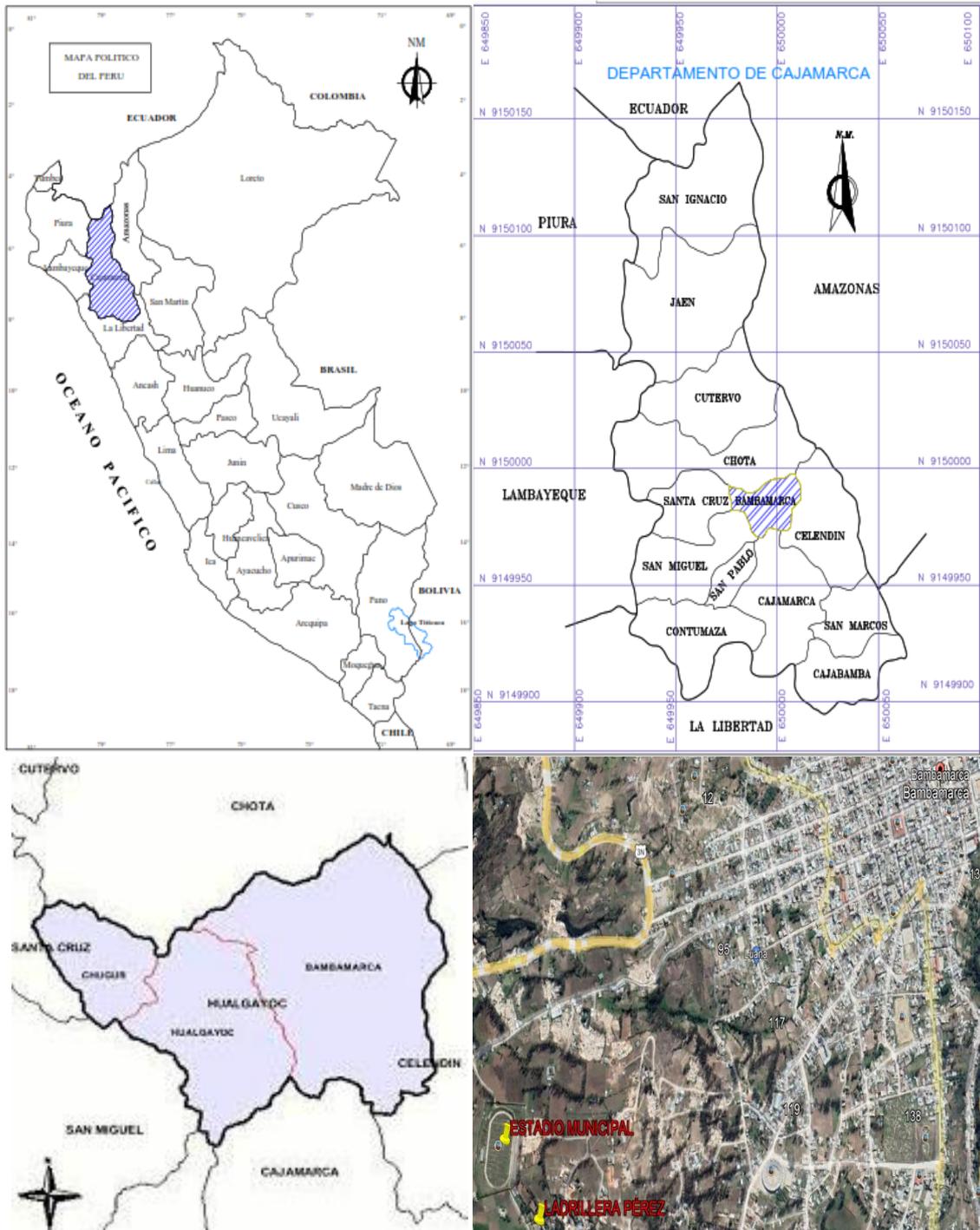


Nota: www.google.com.

Las materias primas (arcilla y arena) y la elaboración de los ladrillos sin sustitución y con sustitución fueron extraídas y elaborados en el Centro Poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca.

Figura 25.

Ubicación geográfica del distrito de Bambamarca.



Nota: www.google.com.

4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

Constituida por la totalidad de ladrillos elaborados artesanalmente en el Centro Poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca sustituyendo la arena en diferentes porcentajes por residuos de diatomita proveniente de la Cervecería Backus y Johnston-Planta Motupe.

4.2.2. Muestra

Está representada por un total de 335 ladrillos elaborados con 0%, 20%, 40%, 60% y 80% de sustitución de arena por residuos de diatomita, los cuales se ensayaron una vez secos y cocidos a fin de determinar sus propiedades físicas y mecánicas y compararlas a la luz de lo estipulado en la NTP E.070 y las similitudes y/o diferencias con un ladrillo artesanal convencional y determinar el porcentaje más óptimo de diseño.

En la tabla N° 13 se especifican las cantidades de ladrillos utilizados para cada ensayo y para cada porcentaje de sustitución.

Tabla 8.

Tamaño de muestra por cada ensayo de laboratorio.

ENSAYO	PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN DE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA	MUESTRA (N°)	TOTAL (Unid.)
MEDICIÓN Y ALABEO	Ladrillos con 0% de sustitución	10	50
	Ladrillo con 20 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	10	
EFLORESCENCIA	Ladrillos con 0% de sustitución	10	50
	Ladrillo con 20 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	10	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	10	
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	Ladrillos con 0% de sustitución	5	25
	Ladrillo con 20 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	5	

PESO ESPECÍFICO	Ladrillos con 0% de sustitución	5	25
	Ladrillo con 20 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	5	
ABSORCIÓN	Ladrillos con 0% de sustitución	5	25
	Ladrillo con 20 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	5	
SUCCIÓN	Ladrillos con 0% de sustitución	5	25
	Ladrillo con 20 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 40 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 60 % de sustitución	5	
	Ladrillo con 80 % de sustitución	5	
MURETE	Ladrillos con porcentaje más óptimo.	225	225
PILA	Ladrillos con porcentaje más óptimo.	45	45
TOTAL DE MUESTRA DE LADRILLOS A ELABORAR			470 Unid.

Nota: Elaboración propia.

4.2.3. Unidad de análisis

Las unidades de análisis están constituida por las unidades de albañilería con las diferentes proporciones de sustitución elaborados en la ladrillera “Pérez” del C.P. El Frutillo - Bambamarca, provincia de Hualgayoc, producidos artesanalmente.

4.2.4. Unidad de observación

Constituida por los ladrillos con las diferentes proporciones de sustitución elaborados en la ladrillera “Pérez” del C.P. El Frutillo - Bambamarca, porque la observación de su proceso productivo influyó para escoger las muestras adecuadas para los ensayos de laboratorio.

4.2.5. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.2.5.1. Tipo de investigación

La presente investigación según su propósito o utilidad es básica porque tiene como objeto mejorar el conocimiento. Por el control de diseño de la prueba es experimental, porque tal como lo afirma Tresierra (2000, pág. 111, 159 y 160) es la que

opera libremente la variable independiente para ver su impacto sobre la variable dependiente. Es descriptiva porque, sigue una sucesión esencialmente exploratoria, en la que el indagador distingue las particularidades o explica las circunstancias en las que se presentan determinados fenómenos o hechos, tal y conforme se dan en la realidad. En cuanto al enfoque es de tipo cuantitativo, tal como lo afirman Hernández et al. (2014, p. 37) simboliza una serie de pasos secuenciales y probatorios. Se sigue un orden rigurosamente sin saltarse o dejar de lado algún paso. Nace de una inventiva que va delimitándose, se proponen metas y cuestiones de investigación, se indagan los antecedentes y se elabora un marco teórico. De las cuestiones se formulan hipótesis y definen variables; se elabora un plan o diseño; se contrastan las variables en el contexto; se estudian los resultados hallados usando métodos estadísticos, y se sacan una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. De acuerdo al enfoque metodológico, es de tipo cuantitativo porque se seguirá un orden en los ensayos físico-mecánicos de los ladrillos con las diferentes proporciones de sustitución de arena por residuos de diatomita, para determinar su resistencia en función la norma E.070 Albañilería. Teniendo en cuenta los objetivos del presente trabajo la investigación es de tipo exploratoria porque, tal como lo afirma Marroquín (2012, pp. 4-5) es la que se realiza sobre un caso inédito o poco tratado, por lo que los resultados son una aproximación de dicho objeto. Según las fuentes de recolección de datos es de tipo mixta, porque hace uso de fuentes primarias y secundarias. En tanto a la temporalidad es Transversal sincrónica porque se desarrolla a lo largo de toda la investigación. Finalmente, según el contexto, ésta investigación se desarrolló en el campo y en el laboratorio. En la tabla 9 se muestran los criterios y tipos de investigación que rigen el presente trabajo de investigación.

Tabla 9.

Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Básica
Enfoque metodológico	Cuantitativo
Objetivos	Exploratoria
Fuente de datos	Mixta
Control de diseño de la prueba	Experimental
Alcance Temporal	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio y campo.

Nota: (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

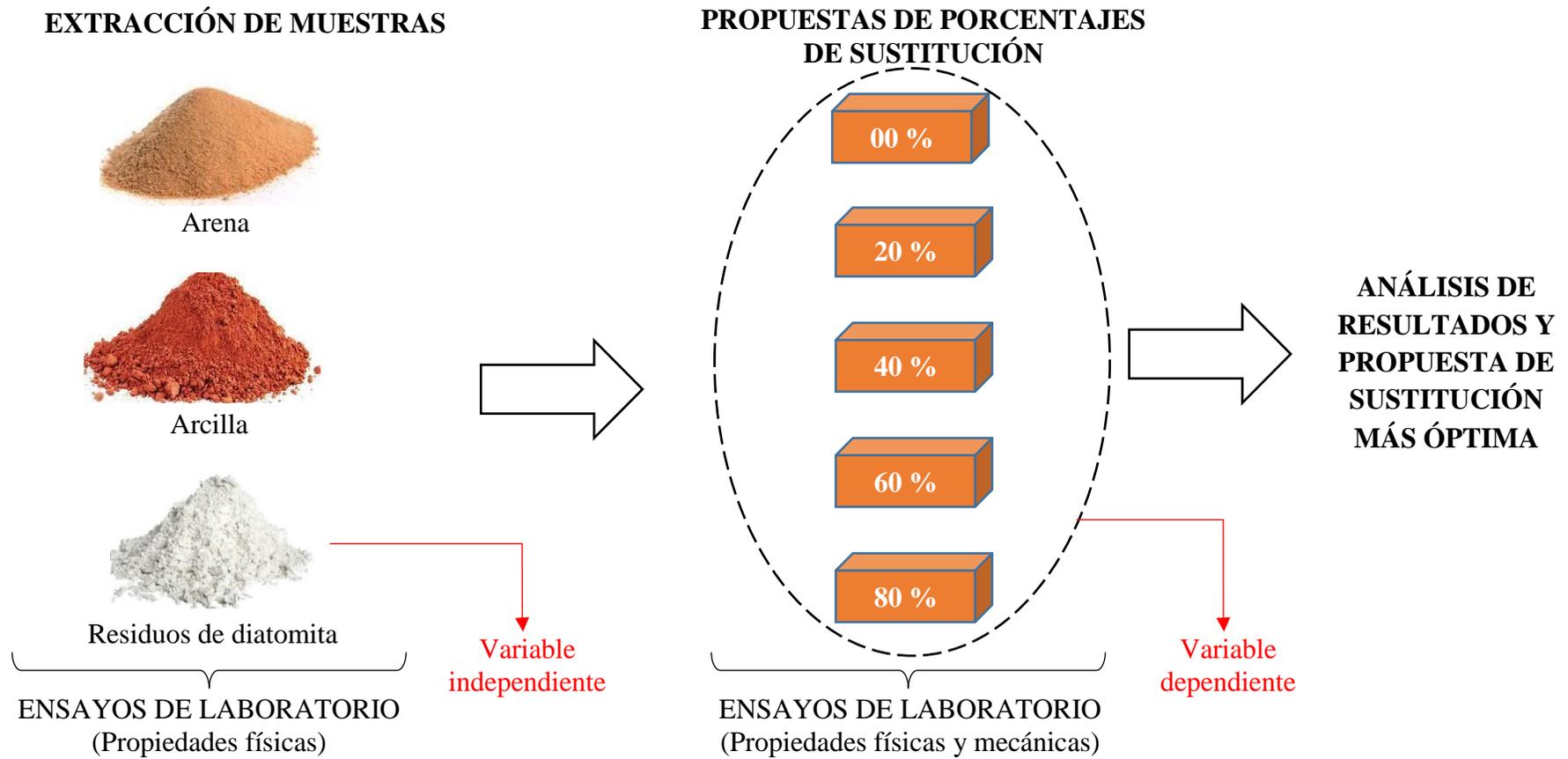
4.2.6. Diseño de investigación

El diseño de investigación propuesto consiste en la recolección de muestras de los residuos de diatomita, arcilla y arena, las cuales serán sometidas a los ensayos de laboratorio para conocer sus propiedades químicas y físicas; luego de ello se propondrán los porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita en los valores de 0%, 20%, 40%, 60% y 80% y se elaborarán los ladrillos necesarios por cada proporción, los mismos que serán sometidos a diferentes pruebas de laboratorio para conocer sus propiedades mecánicas, de los resultados obtenidos, después de un minucioso análisis, se escogerá, finalmente, la proporción más óptima teniendo en cuenta los aspectos establecidos por la norma E.070 Albañilería.

La siguiente figura esquematiza el diseño de investigación de manera más clara:

Figura 26.

Esquematización del diseño de investigación.



4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

4.3.1. Técnicas

Observación. Es una técnica utilizada para coleccionar datos registrándolos de manera ordenada y aceptable, haciendo para ello uso de un grupo de categorías y subcategorías. No es sólo sentarse a ver el mundo y tomar notas; sino que ésta involucra que nos centremos recónditamente y nos mantengamos en un rol activo, así como reflexionemos permanentemente. (Hernández et al., 2014, p. 432)

Ensayos de laboratorio. Son los diferentes ensayos a los que se sometieron la arena, arcilla, residuos de diatomita y ladrillos con diferentes porcentajes de sustitución para conocer sus propiedades físicas y/o mecánicas.

Análisis documental. Consiste en interpretar y analizar los datos obtenidos de los documentos para luego sintetizarlos en un documento secundario que será el medio de búsqueda obligado entre el documento original y el usuario que solicita información. (Castillo, 2005)

4.3.2. Instrumentos

Guía de observación. Resulta de la observación, en el cual se detallan todos los aspectos evaluados en dicha técnica.

Cuaderno de campo. Es un instrumento de registro de la información en el cual se compilarán cada uno de los datos que serán necesarios para la ejecución de dicha investigación.

Protocolos de ensayos. Es un instrumento utilizado en laboratorio, en el que se registra el proceso seguido para realizar un determinado ensayo y los resultados son plasmados en su respectivo formato. Los ensayos que se realizaron a la arena, arcilla y residuos de diatomita son: análisis granulométrico, peso específico, humedad natural, contenido de sales solubles; mientras que a los ladrillos con

diferentes proporciones de sustitución se practican pruebas como: Variación dimensional, alabeo, eflorescencia, peso específico, absorción, succión, resistencia a la compresión simple, en pilas y en muretes.

Notas de campo. Consisten en realizar la anotación de las acciones vistas e investigadas en campo, en ellas se describen de manera breve pero concisa las observaciones hechas ya que es considerado como un borrador.

Formatos de softwares. Consiste en el uso de softwares de computación como: Microsoft Excel, Microsoft Word, Microsoft PowerPoint que serán las herramientas en las que se trabaje y procese la información.

Tabla 10.

Cuadro de técnicas e instrumentos de recojo de datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	INSTRUMENTO DE REGISTRO
Observación	Guía de observación	Papel, lápiz, cámara fotográfica.
Ensayos de laboratorio	Protocolo de ensayos	Formato de protocolo
Notas de campo	Cuaderno de campo	Papel y lápiz
Análisis documental	Fichas de análisis	Papel y lápiz
Formatos de softwares	Formatos	Hojas de cálculo.

Nota: Elaboración propia.

4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.4.1. Muestreo de las unidades de albañilería

4.4.1.1. Selección de los especímenes de prueba. Según la NTP 399.613 y la NTP 399.604 (INDECOPI, 2005), para realizar los ensayos se deben seleccionar muestras enteras, cuidando que no se alteren sus propiedades iniciales, de forma aleatoria y que representen adecuadamente a la muestra de la que forman parte, es decir, que no haya vicios ocultos en su representación como tal.

4.4.1.2. Número de especímenes. La NTP 399.613 (INDECOPI, 2005), se propone 10 unidades de un lote de 1 000 000 o menos como la cantidad de especímenes para pruebas de absorción y compresión.

4.4.1.3. Identificación. En las NTP 399.613 y la NTP 399.604 existe un consenso en cuanto a la identificación, pues señalan que las muestras se marcarán de modo que puedan ser identificadas en rápidamente y que éstas no cubran el área superficial total de la cara que se marcó por más del 5% (INDECOPI, 2005).

4.4.2. Pruebas o ensayos practicados a los ladrillos

Medida de la dimensión o variación dimensional. Este ensayo nos permite determinar el porcentaje en que varían las dimensiones de una unidad al ser comparada con las de una nominal. Este ensayo se ejecuta teniendo en cuenta lo estipulado en las Normas Técnicas Peruanas 399.613, 331.017 y 399.604 (INDECOPI, 2005).

Equipos y materiales

Regla de 30 cm, graduada, con particiones de un milímetro o vernier (pie de rey), brocha, 10 ladrillos enteros y secos, por cada proporción de sustitución y 10 unidades enteras sin ninguna sustitución.

Procedimiento

Escoger una a una las muestras a ser ensayadas y retirar las impurezas y polvo de toda su superficie haciendo uso de la brocha.

Medir con la regla graduada o vernier la longitud, el ancho y alto del ladrillo.

Registrar los datos obtenidos (4 por cada dimensión) y reportar como resultado de cada dimensión el promedio de los 4 datos obtenidos con aproximación a 1 mm.

Procesamiento de datos

El cálculo la variación dimensional (V%) se realiza mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Variación dimensional.

$$V (\%) = \frac{D_n - D_p}{D_{nominal}} * 100$$

Donde:

V% = variación de dimensión, en porcentaje.

D_n = Dimensión nominal.

D_p = Dimensión promedio.

El RNE en la norma E.070 determina los porcentajes máximos de la variación dimensional, de acuerdo al tipo de ladrillos, los que se fijan en la siguiente tabla:

Tabla 11.

Variación de la dimensión máxima en %.

TIPO	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)		
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más 15 cm
I Alternativamente	+ - 8	+ - 6	+ - 4
II Alternativamente	+ - 7	+ - 6	+ - 4
III	+ - 5	+ - 4	+ - 3
IV	+ - 4	+ - 3	+ - 2
V	+ - 3	+ - 2	+ - 1

Nota: (Norma E.070, 2019, p.3).

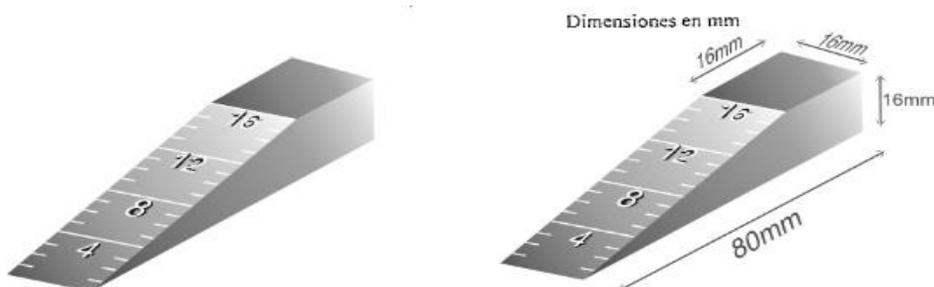
Alabeo. Este ensayo consiste en medir la concavidad o convexidad de las muestras, expresadas en mm. Para este ensayo se debe seguir el proceso establecido en la NTP 399.613 (INDECOPI, 2005).

Materiales y equipos

Varilla o regla de acero con particiones milimétricas, cuña graduada y numerada en particiones de un mm, de 8cm de largo por 1.6cm de ancho por 1.6cm alto en un extremo, el cual va disminuyendo hasta terminar en cero en el otro extremo.

Figura 27.

Cuña de medición del alabeo de ladrillos.



Nota. (INDECOPI, 2005, p. 22)

Mesa de acero o vidrio, con medidas iguales o superiores a 30cm x 30cm, una brocha y 10 ladrillos enteros y secos, por cada proporción de sustitución y 10 unidades enteras sin ninguna sustitución.

Proceso

Quitar el polvo de las caras del ladrillo haciendo uso de la brocha.

De manera individual colocar los ladrillos sobre la superficie.

En superficies cóncavas, la medición del alabeo, se realiza colocando la regla en la diagonal de la cara en estudio y se procede a colocar la cuña en el lugar donde la distancia entre la cara de la unidad y el lado recto de la regla es mayor, registrando dicha medida.

Si la cara en estudio es convexa se coloca la unidad sobre la mesa con las esquinas equidistantes a la superficie, se ubica la regla de acero sobre la cara convexa, diagonalmente, y se mide con la cuña la distancia que existe y se registra el dato.

Procesamiento de datos

Tabular los datos según en formato deseado, teniendo en cuenta que éstos deben tener una aproximación de 1 mm.

En la tabla 12 se muestran los valores de alabeo máximo según lo estipulado en la Norma E.070.

Tabla 12.

Alabeo máximo en ladrillos en mm.

TIPO	ALABEO (máximo en milímetros)
I Alternativamente	10
II Alternativamente	8
III	6
IV	4
V	2

Nota: (Norma E.070, 2019, p.3).

Absorción. Mediante este ensayo podemos determinar la capacidad de absorción de los ladrillos cuando éstos son saturados, es decir, obtendremos un valor o índice

que refiere la cualidad de absorción de agua de cada unidad en el lapso de 24 horas de sumersión en agua. Para este ensayo se sigue el proceso establecido en las NTP 399.613 y 399.604 (INDECOPI, 2005).

Equipos y materiales

Balanza con capacidad mayor a 2 kg y aproximación de 1 gramo, Estufa (110° C \pm 5°), Bandejas para sumergir las muestras, Termómetro y paño para secar.

Procedimiento

Secar en la estufa las unidades destinadas para esta prueba por 24 horas a una temperatura de 110 °C, se realiza este procedimiento con la finalidad de quitar la humedad natural que está alojada en las muestras y así asegurar la obtención de un índice fundado sólo en la absorción de agua como consecuencia de la sumersión de las muestras.

Pesar las muestras en la balanza con aproximación de 1g.

Preparar el recipiente en el cual se sumergirán los especímenes.

Medir la temperatura del agua potable donde se sumergirán los especímenes.

Sumergir los especímenes en el agua potable y limpia, cerciorándose que la temperatura oscile entre 15.5 °C y 30 °C por un periodo de 24 horas y que las unidades tengan todas sus caras cubiertas por el agua.

Pasadas las 24 horas, retirar los especímenes uno a uno, con un paño retirar el agua superficial.

Pesar las muestras, teniendo cuidado que éste paso se haga entre los 5 minutos siguientes después de haber sido sacados del agua.

Registrar los datos obtenidos en cada pesada (secos y saturados) y teniendo especial cuidado en cada muestra.

Procesamiento de datos

Utilizar la ecuación 2 para calcular el índice de absorción:

Ecuación 2. Porcentaje de absorción

$$A = \frac{(W_{húmedo} - W_{seco}) * 100}{W_{seco}}$$

Donde:

A= Agua que se absorbió, en porcentaje.

W_{seco} = peso seco de la unidad, en gramos.

W_{húmedo} = peso saturado de la unidad después de 24 h de sumersión, en gramos.

Los ladrillos de arcilla usados en albañilería, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla siguiente:

Tabla 13:

Absorción máxima en porcentaje.

TIPO	ABSORCION (máx. en %)
I	<i>Sin Límite</i>
II	<i>Sin Límite</i>
III	25
IV	22
V	22

Fuente: NTP 331-017

Succión. El ensayo de succión nos permite determinar la rapidez con que el agua se fija a la superficie de asiento del ladrillo. (Gallegos y Casabonne, 2005).

El ensayo de succión se hará teniendo en cuenta lo indicado en la NTP 331.017 y NTP 399.613 (INDECOPI, 2005).

Equipos y materiales

Bandejas con fondo plano con medidas iguales o superiores a 20cm de largo, 15cm de ancho y 25 cm de profundidad y recipientes para agua.

Soportes para ladrillos: deben ser de preferencia de acero inoxidable, de 12cm a 15cm de largo, con sección transversal, preferenteente, triangular.

Dispositivos que aseguren que el nivel de agua es estable.

Balanza con servicio para 3Kg con aproximación de 0.5 g.

Estufa, cronómetro, paño para secar, 5 especímenes.

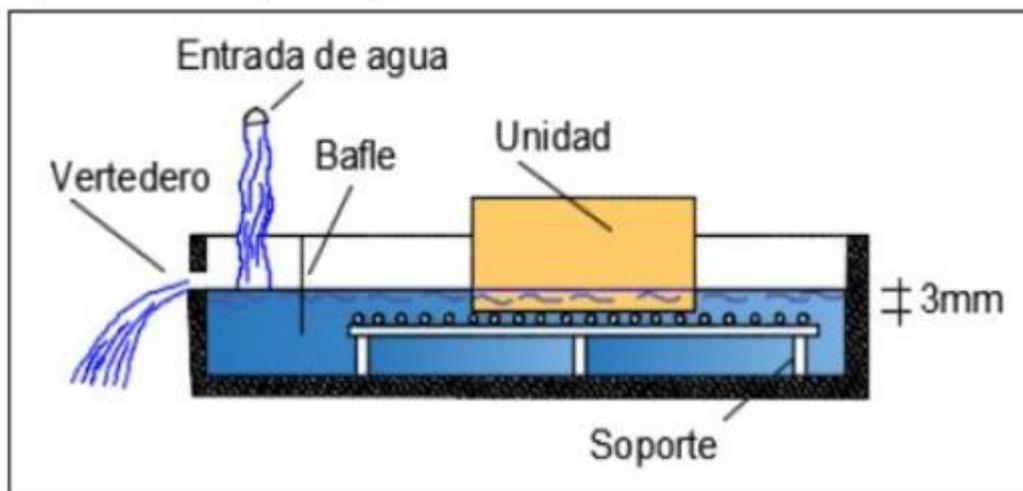
Procedimiento

Secar los especímenes durante 24 horas en un horno con capacidad de 100 °C, medir el largo y ancho de cada unidad y pesarlas. Nivelar la bandeja, colocar los soportes, y llenar con agua hasta un nivel de $3\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$ por encima de éstos, colocar rápidamente la unidad sobre los soportes, asegurándose de no salpicar el agua y controlar $1\text{ minuto} \pm 1\text{ segundo}$, siendo cero el instante del contacto de la unidad con el agua. Es necesario mencionar que se debe mantener el nivel del agua durante el periodo del ensayo. Al finalizar el minuto quitar la unidad y secar el agua superficial con un paño húmedo, realizar este paso en los 10 segundos siguientes después de haber retirado la unidad del agua. Finalmente pesar la unidad con aproximación de 0.5 g.

En la figura 28 se ilustra la manera adecuada en la que se debe disponer las muestras en la prueba de succión.

Figura 28.

Disposición de la muestra para el ensayo de succión.



Nota: (Gallegos y Casabonne, 2005).

Procesamiento de datos

La ecuación 3 no permite calcular la succión de las unidades de albañilería.

Ecuación 3. Succión

$$\text{Succión} = \frac{(P_{su} - P_{se}) * 200}{\text{Área bruta}}$$

Donde:

S= succión en gr/200cm²/min o simplemente en gramos.

P_{su} = peso de la muestra en succión, en gramos.

P_{se} = peso de la muestra seca, en gramos.

Área bruta = largo x ancho, en cm²

La succión se expresa en gr/200cm²/min o simplemente en gramos. El 200 de esta expresión se deriva de una normalización del área (Gallegos & Casabonne, 2005).

Eflorescencia. Éste ensayo permite determinar el afloramiento y cristalización de las sales solubles alojadas en los componentes de las unidades de albañilería al ser humedecidas. El principal impacto que tiene la eflorescencia en los ladrillos es sobre su aspecto, pero puede pasar que las sales cristalizadas estén en cantidades importantes y ejerzan presiones considerables que ocasionen la rajadura o disgregación de éstos; por ello las unidades que presentan eflorescencia deben analizarse bajo esta posibilidad (MVCS, 2006).

Si bien es cierto, esta propiedad no ha sido enmarcada en una norma se recomienda que para casos en los que las unidades de albañilería se usen en acabados de cara vista y/o estén expuestas a la intemperie no deben presentar este fenómeno.

Este ensayo se debe ejecutar a la luz de lo estipulado en la NTP 399.613 (INDECOPI, 2005).

Equipos y materiales

Recipientes de metal capaz de resistir la corrosión y que aloje un volumen de agua de 25 mm de profundidad como mínimo.

Cámara de secado exenta de corrientes de aire que sea capaz de mantener la temperatura en $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa entre 30% y 70%.

Horno de secado con capacidad de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Especímenes de ensayo.

Termómetro

Procedimiento

Colocar la mitad de los especímenes en agua destilada parcialmente en contacto, por un periodo de 7 días en la cámara de secado. Si se realiza la prueba a varias unidades a la vez, éstas deben estar separadas, una de otra, en por lo menos 5cm.

La segunda mitad de especímenes colocarlas, sin contacto con el agua, en la cámara de secado.

Pasados los siete días observar el primer grupo de muestras y ponerlas a secar durante 24 hora en un horno.

Examen y clasificación: luego del secado, observar y contrastar cada par de muestras, a tres metros de distancia con una luminiscencia de 538.2 lm/m^2 . Si no se nota ninguna diferencia se clasifican como “no eflorescente”, caso contrario clasificarlas “Eflorescente”.

Los resultados de la eflorescencia son netamente cualitativos, razón por la que no existe precisión o desviación sobre la manera de realizar la prueba.

Peso específico o densidad relativa. El peso específico es una propiedad que involucra el peso sólido de una unidad y el volumen que ocupa (INDECOPI, 2005). El peso unitario de un material depende del peso específico o densidad de

los elementos que lo conforman, la cantidad de poros y el agua adherida a ellos. Los valores se obtienen en centímetros cúbicos (cm³). Considerándose como resultado final al promedio total de las muestras realizadas (Cubas, 2017).

Materiales y equipos

Báscula con capacidad 300 gr, termómetro ambiental, horno de 50L capaz de mantener la temperatura a 100 °C ±5°C, vernier, wincha, cronómetro y 5 ladrillos por cada tipo de sustitución.

Procedimiento

Colocar las muestras el agua por un periodo de 24 h ± 4 h con el fin de inundar los poros; pasado éste tiempo retirar las unidades y se elimina en agua para luego ser pesadas. Después de ello, poner la muestra en un contenedor graduado para hallar su volumen por el método gravimétrico o volumétrico. Luego poner la muestra en el horno por 24 h y pesarla una vez seca.

Procesamiento de los datos

Los cálculos respectivos se realizan con la ecuación 4:

Ecuación 4. Peso específico seco del ladrillo.

$$p. e (seco) = \frac{\text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra saturada superficie seca} - \text{peso muestra sumergida}}$$

Ecuación 5. Peso específico saturada superficie seca del ladrillo.

$$p. e (sss) = \frac{\text{Peso muestra saturada superficie seca}}{\text{Peso muestra saturada superficie seca} - \text{peso muestra sumergida}}$$

Donde:

SSS = Saturada superficie seca

Resistencia a la compresión

Esta prueba se realiza conforme a lo establecido en la NTP 399.613 y NTP 339.604 (INDECOPI, 2005).

Es la propiedad más importante de las unidades de albañilería. Ya que hace alusión al grado de su calidad estructural, así como, al de su durabilidad a la intemperie u a cualquier otro agente deteriorante (Núñez, 2019).

Equipos y materiales

Máquina de compresión, especímenes.

Procedimiento

Se procede en primer lugar a limpiar las impurezas adheridas a las unidades a ensayar.

Se coloca la probeta en la base de la máquina, procurando que esté centrada y se baja la placa superior de la máquina hasta que toque a la muestra.

Se prensa a una velocidad de 3 m/s.

Se registra la curva carga.

Procesamiento de los datos

La ecuación 6 nos permite obtener la resistencia a la compresión de los ladrillos.

Ecuación 6. Resistencia a la compresión.

$$f'_{cb} = \frac{P}{A}$$

Donde:

f'_{cb} = resistencia a la compresión del ladrillo en Kg/cm².

P = carga de rotura aplicada indicada por la máquina en Kg.

A = promedio de las áreas brutas superior e inferior del espécimen en cm².

La norma norma E.070 de Albañilería fija los valores mínimos de la resistencia a la compresión, los que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14:

Resistencia a la compresión mínima en Kg/cm².

TIPO	Resistencia a la compresión (mín. en Kg/cm ²)
I Alternativamente	Sin límite 60
II Alternativamente	Sin límite 70
III	95
IV	130
V	180

Fuente: (MVCS, 2006).

Compresión en murete.

Para realizar este ensayo se tiene en cuenta lo estipulado en las NTP 399.621, 399.613 y 331.018.

Este método de ensayo se realiza para calcular la resistencia a la compresión diagonal (corte) de la albañilería (INDECOPI, 2005)

Equipos

Máquina para pruebas de muretes

Escuadras de carga

Espécimen: tendrán una medida mínima de 60cm x 60cm, en una cantidad de 3 de la misma medida.

Mortero: Es el material que se emplea para adherir horizontal y verticalmente a los ladrillos; la proporción recomendada para el mortero es de 1:4.

Procedimiento

Ubicar las escuadras de carga superior e inferior centradas a las áreas de carga del equipo, poner el espécimen de centrado y a plomo en la máquina y aplicar la carga con una rapidez de 1 Tn/m.

Procesamiento de los datos

Los cálculos respectivos se realizan mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 7. Resistencia a la compresión diagonal

$$v'_m = \frac{P_{m\acute{a}x.}}{A}$$

Donde:

v'_m = Resistencia a la compresión diagonal (Kg/cm²)

$P_{m\acute{a}x.}$ = Carga máxima que resiste el murete (Kg)

A = área de la diagonal (cm²)

$$D = \sqrt{H_p^2 + L_p^2}$$

$$A = D * t_p$$

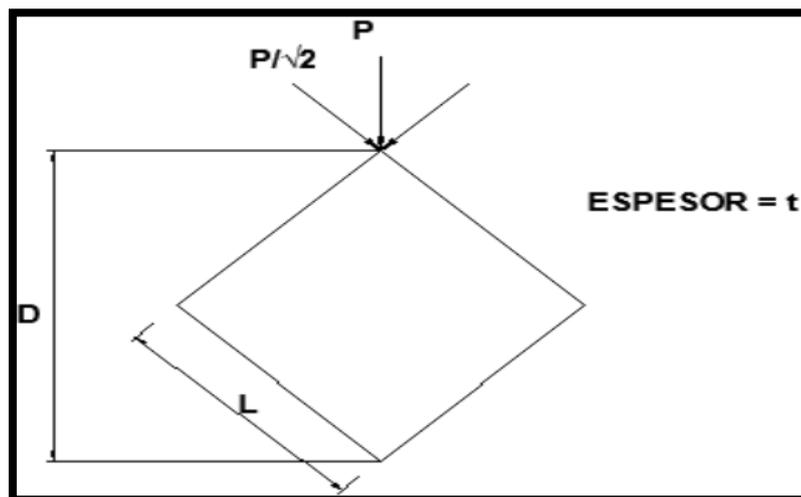
D = Dimensión diagonal

L_p y H_p = Lados del murete

t_p = Espesor del murete

Figura 29:

Diagrama del ensayo de murete.



Nota: (INDECOPI, 2005)

Compresión en pila. Para el ensayo de pila se sigue el procedimiento explicado en la NTP 399.613, 399.604 y 399.605 (INDECOPI, 2005).

Al referirnos a la pila de albañilería, hacemos alusión a un prisma conformado por dos o más ladrillos enteros, asentados con mortero uno sobre otro. Para la prueba se deben construir 3 pilas de las mismas características, las que se ensayan al mismo periodo de tiempo (28 días) a compresión axial. Los valores encontrados se utilizan para diseñar muros portantes y para examinar la calidad de la albañilería. La resistencia a compresión de las pilas ($f'm$) está supeditada por la esbeltez (relación entre la altura y el espesor del prisma) (MCVS, 2006)

En la tabla 15 se muestran los factores de corrección por esbeltez.

Tabla 15

Factores de corrección por esbeltez

FACTORES DE CORRECCIÓN DE ($f'm$) POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.86	0.95	0.98	1.00

Nota: (MVCS, 2006)

Si durante el ensayo se determina la deformación de la pila es posible con ella calcular su módulo de elasticidad (E_m).

Equipos y materiales

Máquina de compresión y especímenes.

Mortero: Es el material que se emplea para adherir horizontal y verticalmente a los ladrillos; la proporción recomendada para el mortero es de 1:4.

Procedimiento

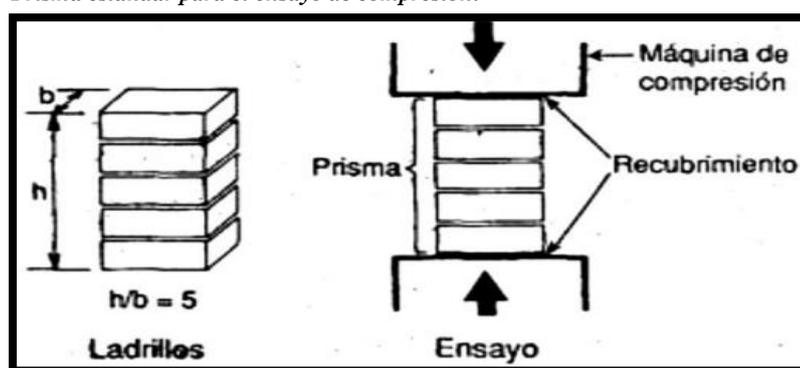
Elaborar los especímenes según las características deseadas, dejar secar por un lapso de 28 días, en los cuales se debe realizar el curado respectivo después de las cuarenta y ocho horas de su construcción, tomar la medida de la longitud y el ancho de las caras superior e inferior en ambos bordes (4 medidas por cada dimensión), con aproximación de 1 mm y asumir como valor para cada una, el promedio de las 4 medidas. Calcular la altura del prisma midiendo en el centro de

cada cara (4 medidas) y considerar como valor de ésta al promedio de dichas medidas. Colocar el espécimen en el centro de la base de la máquina de compresión, regular la velocidad de ensayo y aplicar la carga.

La figura 30 ilustra la manera correcta de colocar el espécimen en la máquina de compresión.

Figura 30.

Prisma estándar para el ensayo de compresión.



Fuente: (Gamboa, 2017)

Procesamiento de los datos

La resistencia de los prismas de albañilería se obtiene del cociente de la carga a compresión máxima soportada y el área neta de la sección transversal. Se determina la relación altura/espesor para extraer el factor de corrección dado en la tabla 16 y si el valor de la relación se encuentran entre uno u otro de la tabla, el factor se calcula mediante interpolación lineal (Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI, 20013).

Finalmente, la resistencia inicial encontrada multiplicarlo con el factor de corrección correspondiente.

Tabla 16.

Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

<i>hp/tp</i>	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
<i>Factor de corrección</i>	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Nota: (Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI, 20013).

Técnicas utilizadas para el procesamiento de la información

Se utilizaron técnicas computacionales, por medio del uso de los siguientes softwares:

ArcGIS 10.5. este programa no facilita la elaboración de mapas de localización de la zona de estudio, ubicando el punto de referencia tomado con el GPS.

Microsoft Excel 2016. Hoja de cálculo que sirve para ingresar los datos de los ensayos y mediante el uso de funciones predeterminadas procesar los datos e insertar gráficos estadísticos.

Técnicas para el análisis de la información

Para el análisis estadístico de la información se ha utilizado el software Minitab 19, utilizando el análisis t - student, ajustado a la regresión lineal, donde se valida la hipótesis nula (H_0) si p-value es mayor al valor de relevancia y se desecha H_0 para aceptar la hipótesis alternativa (H_1) si p-vale es inferior al valor de relevancia.

Matriz de consistencia metodológica

En el anexo N° 1 se muestra la matriz de consistencia metodología.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arcilla y arena.*

En este apartado se presentan los resultados obtenidos al ser sometidos a diferentes ensayos de laboratorio las muestras de los residuos de diatomita, arena y arcilla, de los que se determinaron sus propiedades físicas y mecánicas.

Análisis granulométrico de los residuos de diatomita, arena y arcilla. El ensayo de granulométrico se utiliza para determinar la disposición del calibre de las partículas de un material (García et al., 2009). Con la finalidad de determinar la grandeza de los componentes de los residuos de diatomita se procedió a tamizarlos teniendo en cuenta lo estipulado en las normas MTC E 107, ASTM D422 y AASHTO T88.

Del ensayo granulométrico practicado a los residuos de diatomita, observamos que se trata de un material muy fino, con módulo de finura de 0.69, con tamaño de partículas casi uniformes, además se puede concluir de este ensayo que según las condiciones de frontera se trata de un material que posee características de una arena con alta presencia de partículas limo arcillosas. Tal como se muestra en las figuras 31 y 32

En tanto, del ensayo granulométrico sometido a las muestras de arena fina observamos que se trata de una arena con altos porcentajes de finos, con módulo de finura de 1.91, con tamaño de partículas casi uniformes. Tal como se muestran en las figuras 33 y 34

Finalmente, del ensayo granulométrico practicado a la arcilla observamos que se ésta clasifica al tipo CH, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

(SUCS), es decir, que se trata de una arcilla inorgánica con un límite líquido mayor a 50. Tal como se presentan en las figuras 35 y 36

Figura 31.

Análisis granulométrico y módulo de finura de los residuos de diatomita.

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M-18 RESIDUOS DE DIATOMITA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm					100.00	100.00
# 4	4.75 mm					95.00	100.00
# 8	2.36 mm				100.00	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	1.0	2.11	2.11	97.89	50.00	85.00
# 30	600 µm	2.0	4.21	6.32	93.68	25.00	60.00
# 50	300 µm	3.0	6.32	12.63	87.37	5.00	30.00
# 100	150 µm	17.0	35.79	48.42	51.58	0.00	10.00
Fondo	-	24.5	51.58	100.00	0.00	-	-
						MF	0.69
						TMN	---

Figura 32.

Curva granulométrica de los residuos de diatomita.

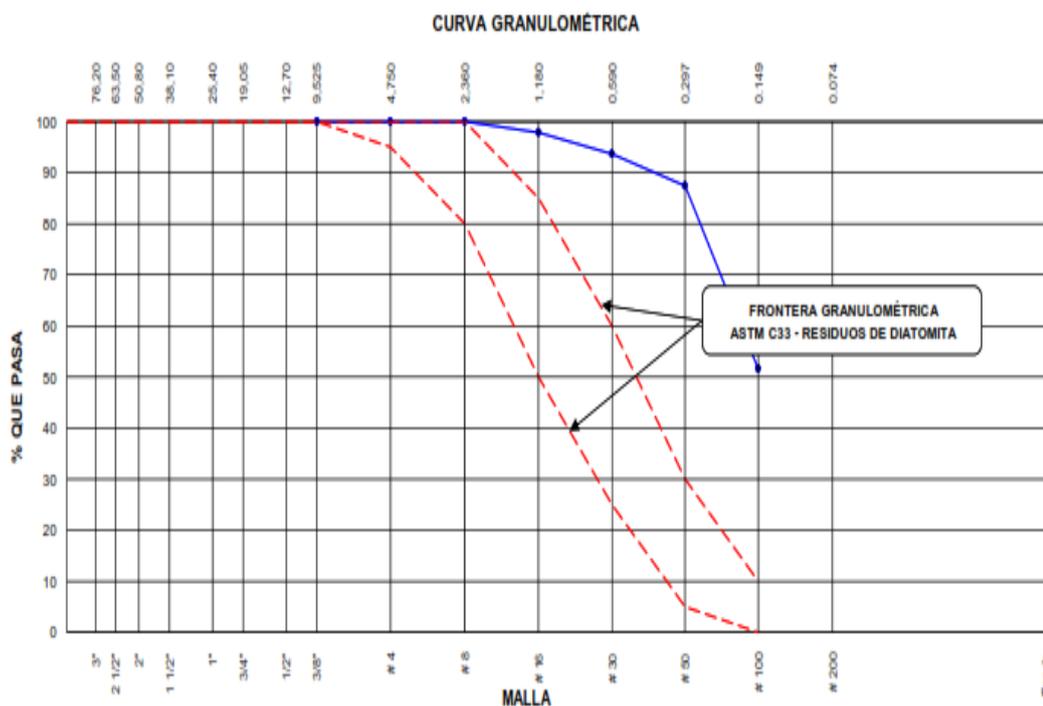


Figura 33.

Análisis granulométrico y módulo de finura de la arena.

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 ARENA FINA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm					100.00	100.00
# 4	4.75 mm				100.00	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	6.0	1.15	1.15	98.85	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	60.0	11.52	12.67	87.33	50.00	85.00
# 30	600 µm	128.0	24.57	37.24	62.76	25.00	60.00
# 50	300 µm	96.0	18.43	55.66	44.34	5.00	30.00
# 100	150 µm	149.0	28.60	84.26	15.74	0.00	10.00
Fondo	-	82.0	15.74	100.00	0.00	-	-
						MF	1.91
						TMN	---

Figura 34.

Curva granulométrica de la arena fina.

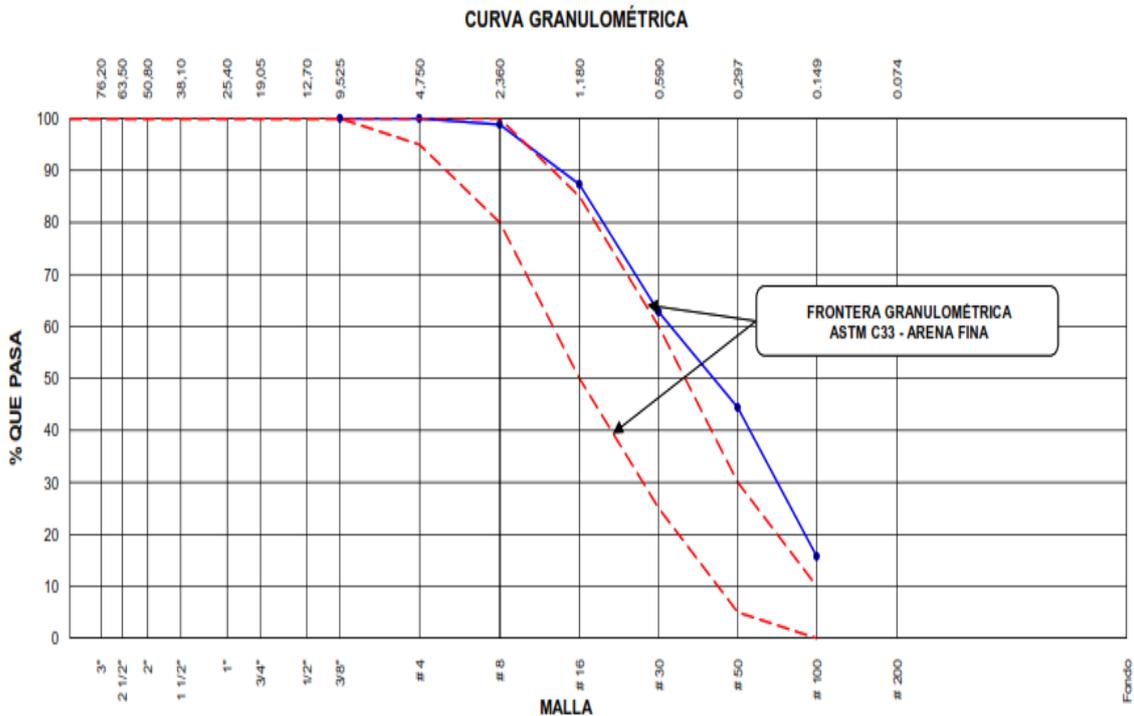


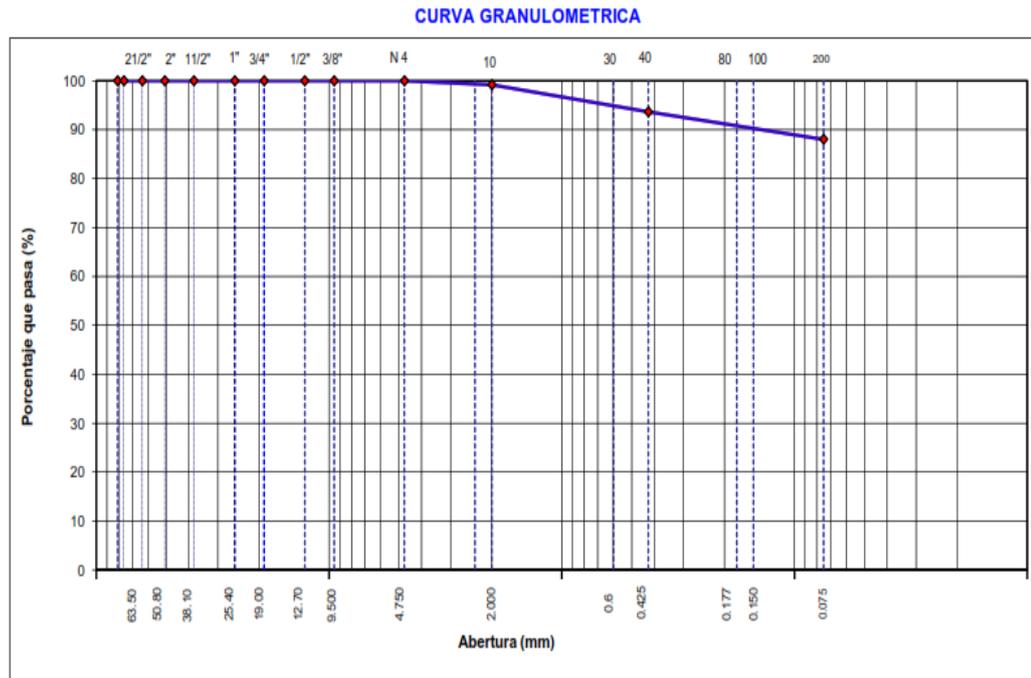
Figura 35.

Análisis granulométrico de la arcilla.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.800						% Peso Material <4 100.0%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 51.5
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 26.0
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 25.5
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS) : CH
3/8"	9.500						Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (16)
Nº 4	4.750				100.0		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	5.0	0.8	0.8	99.2		Contenido de Humedad (%) : 15.99
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	33.00	5.5	6.3	93.7		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	17.00	2.8	9.2	90.8		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	17.00	2.8	12.0	88.0		
< Nº 200	FONDO	9.00	1.5	13.5			

Figura 36.

Curva granulométrica de la arcilla.



Con la finalidad de conocer las similitudes y/o diferencias que existen entre la arena y los residuos de diatomita, se realizó la prueba granulométrica respectiva, obteniéndose los valores que se presentan en la tabla Nº 17.

Tabla 17

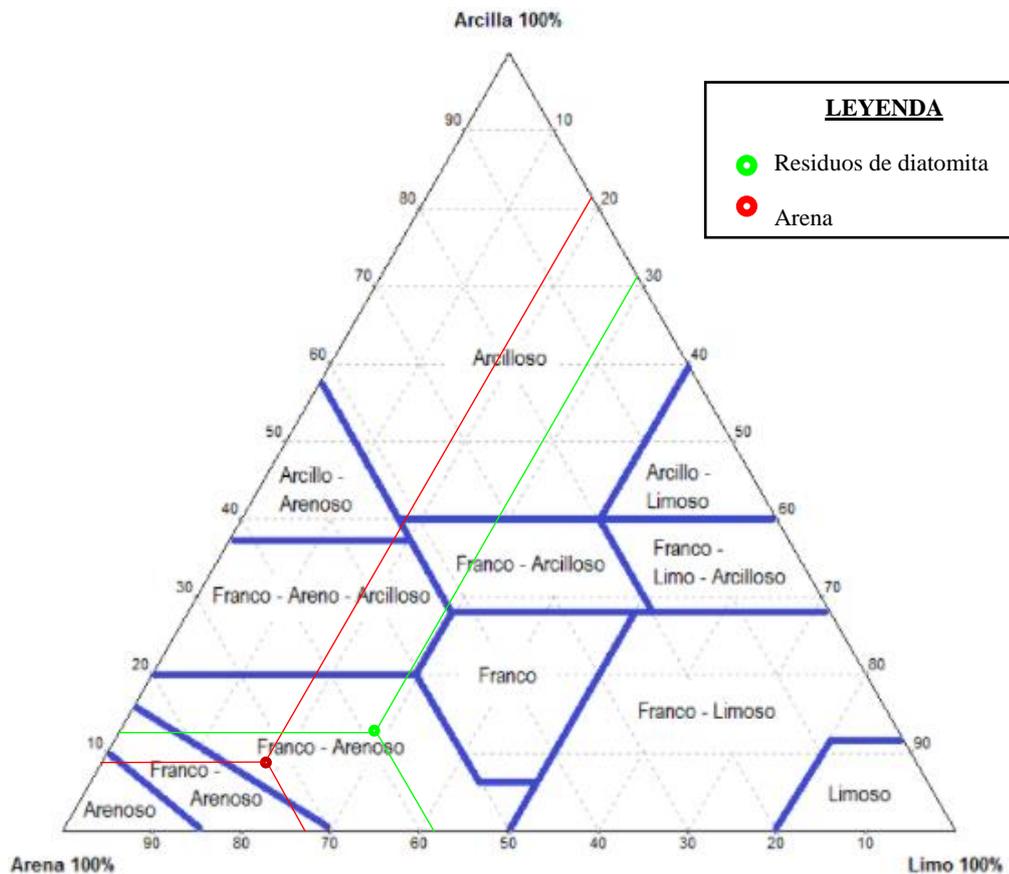
Granulometría por hidrometría de los residuos de diatomita y arena.

Muestra	% de arena	% de limo	% de arcilla
Arena	72.17	18.02	9.81
Residuos de Diatomita	58.75	28.89	12.36

Los valores obtenidos presentados en la tabla N° 17, se ubicaron en el esquema de Winkler para determinar el tipo de suelo por su textura, resultando la figura N° 37.

Figura N° 37

Clasificación de la arena y los residuos de diatomita según su textura en el triángulo de Winkler.



De la figura anterior podemos observar que la ambos materiales, los residuos de diatomita y arena, se clasifica como un suelos franco arenosos con porcentajes altos de arena en su composición y porcentajes bajos de arcilla, que oscilan alrededor del 10%. De esta comparación podemos observar que ambos materiales poseen porcentajes muy significativos de limo con 18.02% en el caso de la arena

y 28.89% en el caso de los residuos de diatomita y en lo que respecta al porcentaje de arena, ambos se sitúan por encima del 50% con 58.75% en el caso de los residuos de diatomita y 72.17% en la arena, por lo que podemos concluir que pueden ser reemplazables el uno por el otro, razón medular de estudio de este trabajo de investigación, pues los residuos de diatomita aportarán un porcentaje significativo de limo conservando relativamente el porcentaje de arena en la mezcla resultante.

Peso unitario suelto y compactado de los residuos de diatomita, arena y arcilla. Está dado por el peso del material que se necesita para ocupar un envase de volumen unitario especificado en condiciones de a granel. Los ensayos para determinar estos valores están regidos por la norma MTC E203. En el presente estudio se realizaron los ensayos respectivos para los residuos de diatomita, arena y arcilla; obteniéndose que los residuos de diatomita, tienen un peso unitario suelto de 364 Kg/m^3 ; cuyo valor nos indica que es un material liviano; con respecto a la arena el valor obtenido es de $1,180 \text{ Kg/m}^3$ y en el caso de la arcilla, se determinó que dicho material tiene un peso unitario suelto de $1\ 165 \text{ Kg/m}^3$. Tal como se muestra en la tabla 18.

El peso volumétrico compactado o peso unitario compactado es idéntico al anterior con la salvedad que en éste el material se llena en condiciones de compactación. Este ensayo está determinado por la normativa emanada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E-203. En el presente trabajo se realizaron los ensayos respectivos para los residuos de diatomita, arena y arcilla, de los cuales se pudo obtener que los residuos de diatomita tienen un peso unitario compactado de 439 Kg/m^3 , la arena $1,447 \text{ Kg/m}^3$ y la arcilla $1,350 \text{ Kg/m}^3$. Tal como se presenta en la tabla 18.

Tabla 18.*Peso unitario suelto y compactado de los residuos de diatomita, arena y arcilla.*

Peso unitario suelto y compactado de los residuos de diatomita, arena y arcilla				
Material	Peso unitario suelto		Peso unitario compactado	
	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Residuos de diatomita	Kg/m ³	364.00	Kg/m ³	439.00
Arena	Kg/m ³	1,180.00	Kg/m ³	1,447.00
Arcilla	Kg/m ³	1,165.00	Kg/m ³	1,350.00

Peso específico o densidad relativa de los residuos de diatomita, arena y arcilla. El peso específico o densidad relativa, se conceptualiza como la masa por unidad de volumen y se expresa en g/cm³ (Padilla, 2018). El procedimiento del ensayo esta normado por las normas MTC E 108-2000 y ASTM D 2216. En el presente trabajo se realizó el ensayo a las muestras de residuos de diatomita, arena y arcilla, obteniendo lo siguiente resultados: los residuos de diatomita obtuvieron un peso específico aparente de 2.23 g/cm³, la arena 2.60 y la arcilla 2.60. Los resultados se muestran en la tabla 19.

Tabla 19.*Peso específico de los residuos de diatomita, arena y arcilla.*

Peso específico o densidad relativa de los residuos de diatomita, arena y arcilla				
Material	Unidad	Peso específico de masa	Peso específico SSS	Peso específico aparente
Residuos de diatomita	g/cm ³	0.853	1.471	2.231
Arena	g/cm ³	2.325	2.500	2.600
Arcilla	g/cm ³	2.391	2.609	2.600

Porcentaje de absorción de los residuos de diatomita, arena y arcilla. El ensayo esta normado por ASTM C128-01. En el presente trabajo de realizó esta prueba con la finalidad de conocer la absorción de los residuos de diatomita, arena y arcilla. Del ensayo practicados a los residuos de diatomita se obtuvo que este valor es de 72.4%, lo que indica que es un material con un alto porcentaje de absorción; en el caso de la arcilla éste valor fue de 7.5% y para la arena se obtuvo un valor de 9.1%. Dichos valores se presentan en la tabla 20.

Tabla 20.*Porcentaje de absorción de los residuos de diatomita, arena y arcilla.*

Porcentaje de absorción de los residuos de diatomita, arena y arcilla (%)	
Material	Porcentaje (%)
Residuos de diatomita	72.40
Arena	7.50
Arcilla	9.10

Contenido de humedad o humedad natural de los residuos de diatomita, arena y arcilla. Se define como humedad natural a la relación entre el peso del agua contenida en un material y el peso de sólidos del mismo, expresado en porcentaje (%) y puede alcanzar valores mayores al 100%. La ejecución de éste ensayo esta normado por las normas ASTM D 2216 y MTC E 108-2000. Del ensayo practicado a las muestras de residuos de diatomita, arena y arcilla se pudo determinar que éste valor es de 6.95%, 10.62% y 15.99% respectivamente. En la tabla 21 se presentan esos valores.

Tabla 21.*Contenido de humedad o humedad natural de los residuos de diatomita, arena y arcilla.*

Contenido de humedad o humedad natural de los residuos de diatomita, arena y arcilla (%)	
Material	Porcentaje (%)
Residuos de diatomita	6.95
Arena	10.62
Arcilla	15.99

Contenido de sales solubles en los residuos de diatomita, arena y arcilla. Se define como contenido de sales a los principales cationes y aniones que componen las sales solubles que dan la salinidad a los suelos. El procedimiento para la ejecución de este ensayo esta normado por MTC E – 219. En el presente trabajo se realizó este ensayo a las muestras de residuos de diatomita, arena y arcilla, obteniéndose los siguientes 0.072%, 0.016 y 0.020% respectivamente. Estos valores lo encontramos en la tabla 22.

Tabla 22.

Contenido de sales solubles de los residuos de diatomita, arena y arcilla.

Contenido de sales solubles de los residuos de diatomita, arena y arcilla (%)	
Material	Porcentaje (%)
Residuos de diatomita	0.072
Arena	0.016
Arcilla	0.020

Diseño de mezclas para elaborar los ladrillos artesanales. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se planteó realizar ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita en las proporciones de 20, 40, 60 y 80 por ciento de sustitución. Los criterios tomados en cuenta para elegir éstos porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita, son los siguientes:

- Existen antecedentes de porcentajes de adición de diatomita pulverizada extraída directamente de una cantera ubicada en Sechura – Piura en la fabricación unidades de albañilería artesanales cuyos porcentajes fueron de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90 con los que se lograron valores admisibles en cuanto a: disminución de peso, alabeo y eflorescencia (Gálvez, 2015).
- Además, como podemos observar en los resultados de laboratorio practicados a la arena y diatomita, éstos presentan características similares en lo que respecta a su textura al clasificarse ambos materiales como franco arenosos.
- En el marco teórico se definió las aplicaciones de la diatomita, siendo una de ellas la utilización de éste material en la fabricación de cerámicos y ladrillos.
- Finalmente, se optó por utilizar los residuos de diatomita en la fabricación de unidades artesanales porque se pretende colaborar con la disminución de la depredación de canteras.

Para cumplir con tal propósito se procedió a determinar los porcentajes de arena y arcilla utilizados para la fabricación de las unidades artesanales en la ladrillera Pérez de la comunidad de El Frutillo – Bambamarca, las cuales son:

Tabla 23.

Proporción de arena y arcilla en número de carretillas para la producción de ladrillo artesanal.

Unidad de medida	Arena	Arcilla	Nº de ladrillos resultantes
Carretillas	10	2	150

Nota: Trabajo de campo.

La ladrillera Pérez de la comunidad de El Frutillo – Bambamarca produce artesanalmente ladrillos, para los cuales se utilizan como materias primas arena y arcilla, obtenidas de canteras locales, en la proporción de 10 a 2 carretillas respectivamente, para la producción de 150 ladrillos, lo que evidencia que la materia prima predominante es la arena. Teniendo en cuenta ésta información recabada en campo determinó la cantidad de residuos de diatomita necesarios para realizar las sustituciones planteadas en el proyecto de investigación, las mismas que se presentan en la tabla 24.

Tabla 24.

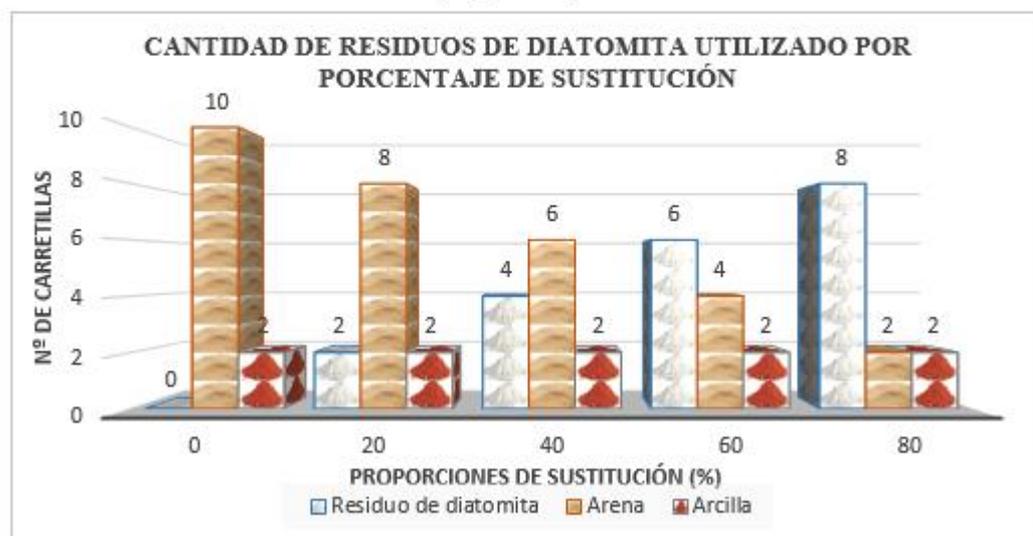
Cantidad de residuos de diatomita sustituyentes de arena utilizados para la producción de ladrillo artesanal.

Proporciones de sustitución (%)	Unidad de medida	Residuo de diatomita	Arena	Arcilla	Nº de ladrillos resultantes
0	Carretillas	0	10	2	150
20	Carretillas	2	8	2	150
40	Carretillas	4	6	2	150
60	Carretillas	6	4	2	150
80	Carretillas	8	2	2	150

Nota: Elaboración propia.

Figura 38.

Cantidad de residuos de diatomita utilizados por porcentaje de sustitución de arena.



Nota: Elaboración propia.

En la tabla N° 24 se presentó la cantidad de residuos de diatomita utilizado para la elaboración un promedio de 150 unidades, por cada porcentaje de sustitución propuesto, en ella podemos observar que, para las proporciones de 20, 40, 60 y 80% de sustitución se necesitan 2, 4, 6 y 8 carretillas respectivamente de residuos de diatomita, también se evidencia que existe una proporcionalidad inversa entre las cantidades de arena y residuos de diatomita entre una y otra proporción de sustitución, además, se evidencia que la cantidad de arcilla utilizada se mantiene constante para todas las proporciones propuestas.

Los ladrillos resultantes de las proporciones de sustitución de arena por residuos de diatomita propuestas serán sometidos a los diferentes ensayos de laboratorio para que después de un análisis minucioso de los resultados se determine la proporción de sustitución que más se asemeje a lo fijado por la norma E 070.

5.1.2. *Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal elaborado con residuos de diatomita.*

Medida de la dimensión. La medida de las dimensiones de los ladrillos artesanales elaborados con sustitución de arena por residuos de diatomita, representa la medida de cada una de las aristas, largo, ancho y alto, de los ladrillos ensayados; el proceso de medición de las dimensiones de las unidades de albañilería nos facultó determinar la variación dimensional. Antes de detallar los resultados obtenidos es menester mencionar que la adobera o molde para elaborar los ladrillos artesanales tiene las medidas de: 24cm x 13.5cm x 8cm (largo, ancho y alto, respectivamente), las que han sido adoptadas por el fabricante de manera arbitraria, pero tratando siempre de asemejarse a las medidas de un ladrillo nominal. Esta prueba se realizó guiados por las recomendaciones estipuladas en la NTP 399.613 y 399.604. Ensayándose 10 unidades por cada porcentaje de sustitución obteniéndose el valor promedio más cercano al de un ladrillo nominal en las dimensiones de largo y ancho en los ladrillos con 20% de sustitución, con valores promedios de 22.150 cm y 13.038 cm respectivamente, los que equivalen a variaciones dimensionales de 3.696 % y -0.288 %, y el promedio más cercano con respecto a la altura se obtuvo en los ladrillos con 40% de sustitución con un valor promedio de 7.451 cm, equivalente a una variación dimensional de 17.208 %. En la tabla 25 se muestran estos datos de manera detallada.

Tabla 25.

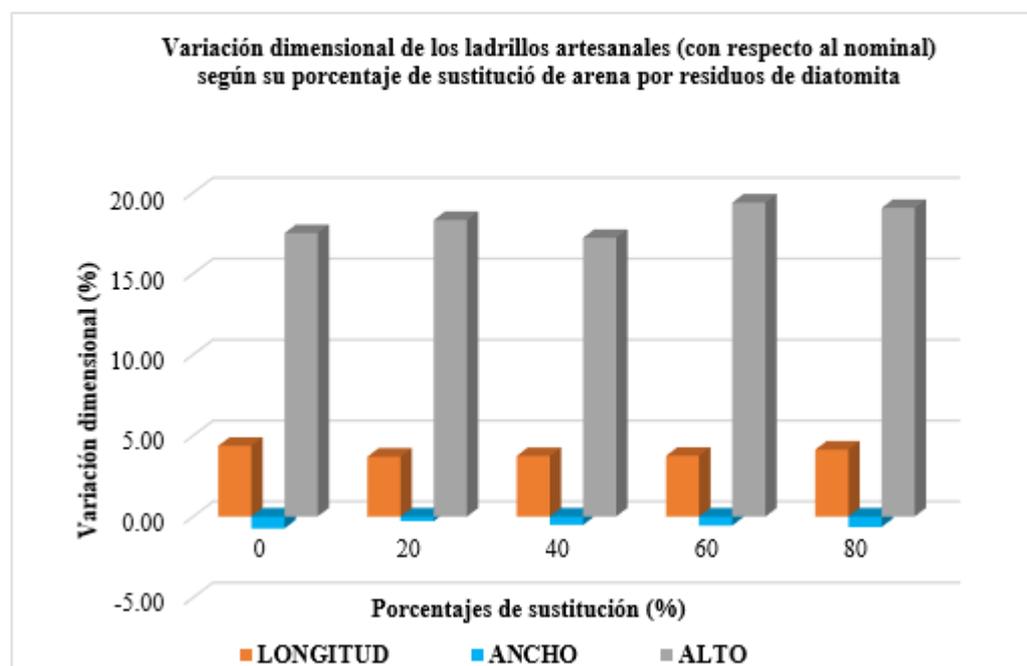
Valores de las dimensiones y variación dimensional de los ladrillos con respecto al nominal.

SUSTITUCIÓN					
DIMENSIONES	0%	20%	40%	60%	80%
L prom. (cm)	21.995	22.150	22.140	22.138	22.050
L mín. (cm)	21.500	22.050	21.700	22.025	21.900
L máx. (cm)	22.325	22.250	22.300	22.300	22.175
D nominal (cm)	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
V (%)	4.370	3.696	3.739	3.750	4.130
A prom. (cm)	13.096	13.038	13.068	13.073	13.085
A mín. (cm)	13.050	12.900	12.938	12.850	13.000
A máx. (cm)	13.225	13.225	13.200	13.300	13.200
D nominal (cm)	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
V (%)	-0.740	-0.288	-0.519	-0.558	-0.654
H prom. (cm)	7.425	7.353	7.451	7.255	7.285
H mín. (cm)	7.288	7.125	7.325	7.150	7.200
H máx. (cm)	7.525	7.525	7.550	7.375	7.375
D nominal (cm)	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
V (%)	17.500	18.306	17.208	19.389	19.056

Nota: Elaboración propia.

Figura 39.

Variación dimensional de los ladrillos artesanales (con respecto al nominal) según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.



Nota: Elaboración propia.

Alabeo. El alabeo de los ladrillos artesanales con sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, representa la medida de la concavidad y convexidad de las superficies de asiento de los ladrillos. En el presente trabajo de investigación para determinar los valores del alabeo se ensayaron diez muestras por cada porcentaje de sustitución. Al realizar los ensayos se pudo observar que las muestra con porcentaje de sustitución del 80% obtienen la mayor concavidad con un valor promedio de 2.724 mm y las muestras con menor concavidad promedio lo tienen las de 20% de sustitución con 1.607 mm; con respecto a la convexidad se puede observar que las muestras con un porcentaje de sustitución del 60% obtiene el valor promedio más alto con 1.02 mm, mientras que las muestras con porcentaje de sustitución del 40% tienen el valor promedio más bajo de 0.421 mm. Los valores del alabeo de los ladrillos ensayado se presentan en la tabla 26.

Tabla 26

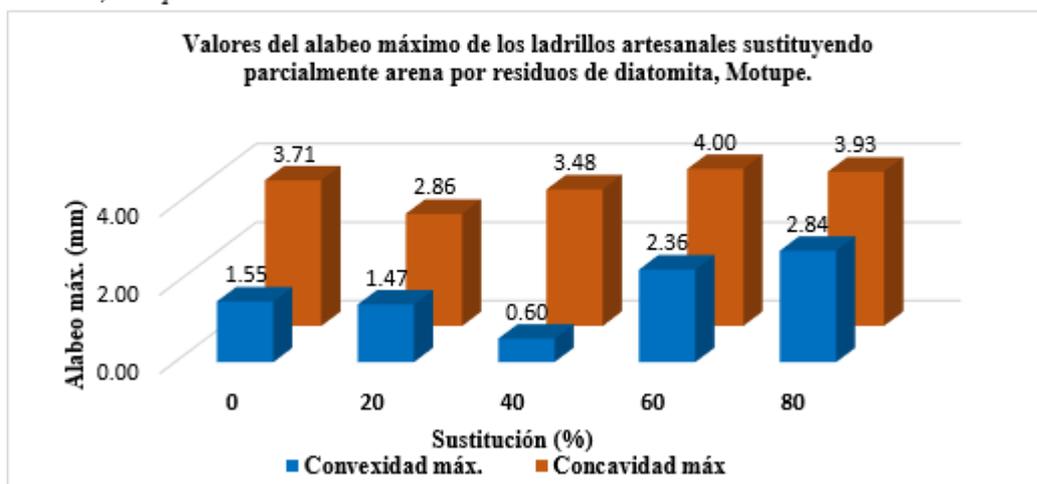
Valores de alabeo promedio y máximo de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
ALABEO					
Concavidad promedio (mm)	1.736	1.607	2.08	2.10	2.724
Convexidad promedio (mm)	0.956	0.983	0.421	1.02	1
Concavidad máxima (mm)	3.71	2.86	3.48	4.00	3.93
Convexidad máxima. (mm)	1.55	1.47	0.60	2.36	2.84

Nota: Elaboración propia.

Figura 40.

Valores del alabeo máximo de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.



Nota: elaboración propia.

Porcentaje de absorción. La absorción en los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe. Está representada por la propiedad que posee el ladrillo para absorber agua. Para esta investigación el ensayo de absorción se realizó a 5 muestras por cada porcentaje de sustitución propuesto, obteniéndose el promedio de los resultados por cada tipo de ladrillo, observándose que los ladrillos con 0% de sustitución o ladrillos base presentan el menor valor promedio de absorción con 11.62% mientras que el ladrillo con 80% de sustitución alcanzó el valor promedio más alto de absorción con 16.69% tal como se observa tabla 27.

Tabla 27

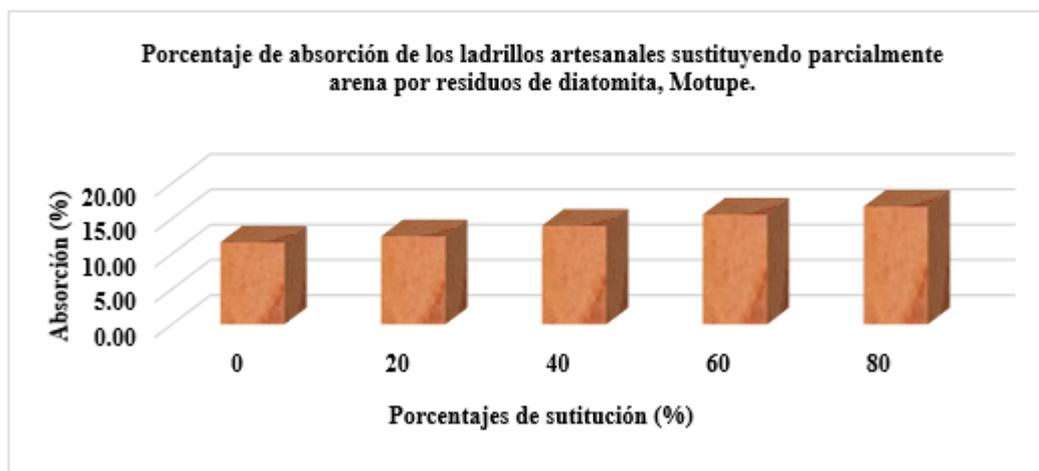
Absorción (%) de los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.

SUSTITUCIÓN	ABSORCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
Absorción Promedio (%)	11.62	12.49	13.98	15.56	16.69

Nota: elaboración propia.

Figura 41

Resultado de la absorción en los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.



Succión. El ensayo de succión es un ensayo practicado a los ladrillos con el propósito de conocer la rapidez con que el agua se adhiere a su cara de asiento y se expresa en $\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$. Los valores promedio más bajos de succión de los ladrillos artesanales con sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe se presentaron en los ladrillos con 80% de sustitución con $36.42 \text{ gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$, mientras que el valor promedio más alto se obtuvo en los ladrillos con 0 % de sustitución con $64.22 \text{ gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$; En tanto, los valores mínimos de succión se encontraron en los ladrillos con 80% de sustitución con $31.07 \text{ gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$ y el valor máximo se encontró en los ladrillos con 0 % de sustitución con $66.26 \text{ gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$. La tabla 28 presenta los valores promedio de la succión encontrados.

Tabla 28.

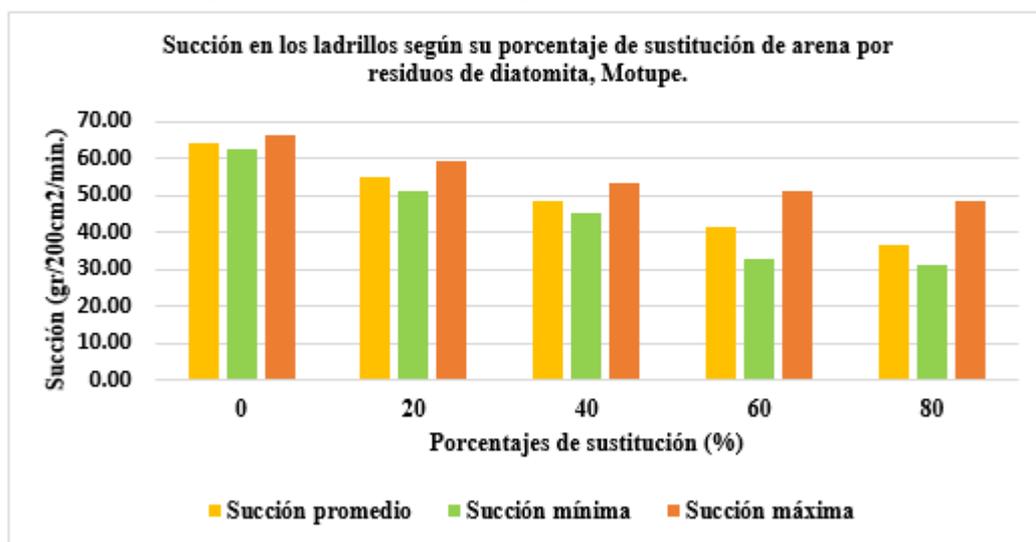
Valores promedio de la succión en los ladrillos según la sustitución de arena por residuos de diatomita.

SUCCIÓN	SUSTITUCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
S prom. ($\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$.)	64.22	54.79	48.75	41.70	36.42
S mín. ($\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$.)	62.42	51.05	45.44	32.99	31.07
S máx. ($\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$.)	66.26	59.20	53.38	50.94	48.35

Nota: elaboración propia.

Figura 42.

Succión promedio, máxima y mínima (gr/200cm²/min.) de los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.



Nota: elaboración propia.

Eflorescencia. Si bien es cierto esta cualidad no ha sido normada como condición para fines de clasificación, el conocimiento de ésta condiciona el uso de las unidades que presentan este proceso ya que tiene sus principales efectos en su aspecto, resistencia y duración cuando el proceso es muy notorio. El proceso de eflorescencia está íntimamente ligado al contacto o no de la unidad con la humedad, pues, si ésta no está expuesta a la humedad las sales que se encuentran alojadas en ella no afloran, por tanto, la unidad no sufrirá ningún cambio o daño en su estructura, caso contrario ocurre si ésta tiene contacto con el agua. En el presente estudio de ensayaron 10 unidades de cada porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, llegando a determinar que ninguna de las unidades ensayadas en el tiempo de ensayo presentó eflorescencia alguna. En la tabla 29 se presentan los resultados de la prueba de eflorescencia, en la cual se nota que ésta es nula.

Tabla 29.

Presencia de eflorescencia en los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.

INDICADORES	SUSTITUCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
Nula	X	X	X	X	X
Muy poco					
Poco					
Medio					
Alto					
Muy alto					

Nota: elaboración propia.

Peso específico o densidad relativa. El peso específico de los ladrillos artesanales con porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, está dada por la relación masa sobre unidad de volumen. Para el presente trabajo de investigación se ensayaron 5 muestras por cada porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita obteniendo valores del peso específico en seco que oscilan entre 1.54 g/cm³ y 1.76 g/cm³ en los ladrillos con 60 y 20% de sustitución, respectivamente, mientras que en lo referente al peso específico saturado con superficie seca (SSS) se obtuvieron valores que van desde 1.79 g/cm³ hasta 1.97 g/cm³ en los ladrillos con 60 y 20 % de sustitución.

Tabla 30.

Peso específico de los ladrillos elaborados artesanalmente sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.

PESO ESPECÍFICO DE LOS LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1 – 0 S	3604.00	4043.00	1923.00	1.70	1.91
M2 – 0 S	3592.00	4028.00	1933.00	1.71	1.92
M3 – 0 S	3667.00	4086.00	1954.00	1.72	1.92
M4 – 0 S	3719.00	4149.00	2039.00	1.76	1.97
M5 – 0 S	3512.00	4004.00	1913.00	1.68	1.91
PROMEDIO				1.72	1.93

PESO ESPECÍFICO DE LOS LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1 – 20 S	3636.00	4051.00	1938.00	1.72	1.92
M2 – 20 S	3685.00	4102.00	1959.00	1.72	1.91
M3 – 20 S	3586.00	4019.00	1918.00	1.71	1.91
M4 – 20 S	3685.00	4111.00	1866.00	1.64	1.83
M5 – 20 S	3693.00	4143.00	1986.00	1.71	1.92
PROMEDIO				1.70	1.90

PESO ESPECÍFICO DE LOS LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3318.00	3838.00	1757.00	1.59	1.84
M2	3388.00	3905.00	1778.00	1.59	1.84
M3	3363.00	3854.00	1736.00	1.59	1.82
M4	3279.00	3716.00	1739.00	1.66	1.88
M5	3339.00	3853.00	1739.00	1.58	1.82
PROMEDIO				1.60	1.84

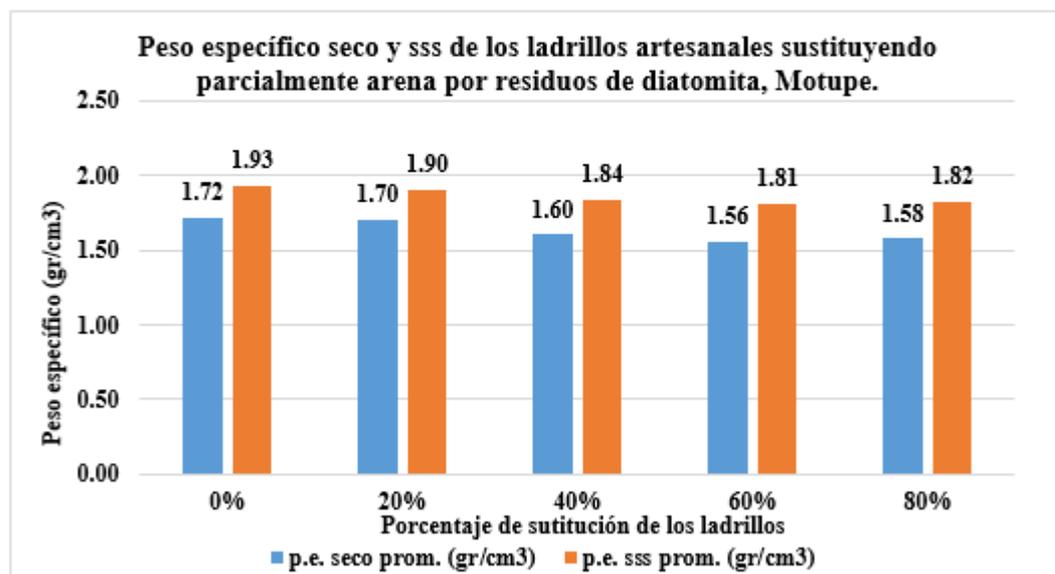
PESO ESPECÍFICO DE LOS LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3236.00	3777.00	1670.00	1.54	1.79
M2	3403.00	3912.00	1786.00	1.60	1.84
M3	3234.00	3790.00	1687.00	1.54	1.80
M4	3236.00	3791.00	1685.00	1.54	1.80
M5	3241.00	3747.00	1680.00	1.57	1.81
PROMEDIO				1.56	1.81

PESO ESPECÍFICO DE LOS LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso específico seco	Peso específico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3227.00	3753.00	1678.00	1.56	1.81
M2	3263.00	3762.00	1705.00	1.59	1.83
M3	3292.00	3788.00	1719.00	1.59	1.83
M4	3227.00	3729.00	1661.00	1.56	1.80
M5	3302.00	3789.00	1718.00	1.59	1.83
PROMEDIO				1.58	1.82

Nota: elaboración propia.

Figura 43.

Peso específico seco y sss de los ladrillos elaborados artesanalmente sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.



Nota: elaboración propia.

Compresión. Está representada por la fuerza que realiza la unidad de albañilería en respuesta a las tensiones que tienden a aplastarla en sentido perpendicular, siendo en esta dirección el efecto del aplastamiento mayor, que en sentido contrario. En el presente trabajo se ensayaron cinco muestras de ladrillo por cada porcentaje de sustitución, obteniendo la mayor carga en la muestra M 2 – 80 % S de los ladrillos con 80 % de sustitución con un valor de 24782.158 Kg, cuyo valor al ser procesado arroja una resistencia de 84.313 Kg/cm², la menor carga se obtuvo en la muestra M 1 – 0 % S de los ladrillos con 0 % de sustitución con 16330.752 Kg, valor que en resistencia significa 56.235 Kg/cm². Además, se observa que las muestras con 0 % de sustitución poseen en promedio 59.798 Kg/cm² de resistencia con una desviación estándar de 2.854 conllevando a una resistencia final de 56.944 Kg/cm², siendo éste el valor menor de todos los porcentajes de sustitución y los ladrillos con 80 % de sustitución poseen una resistencia promedio de 79.341 Kg/cm² y una desviación estándar de 2.463 de cuyos valores obtenemos la resistencia a la compresión final de 79.341 Kg/cm². Dichos valores se detallan en la tabla 31.

Tabla 31.

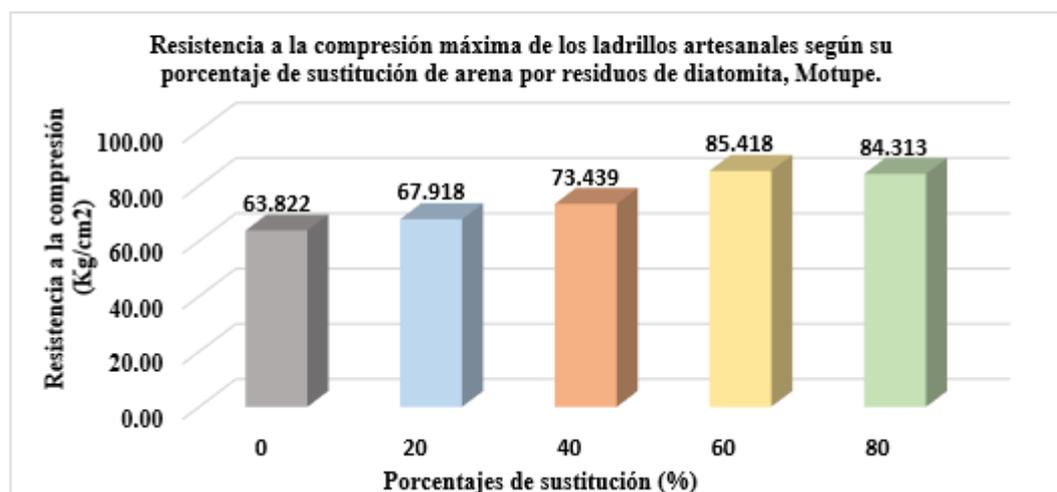
Resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.

MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Prom.	Desv. Est.	f'b
M 1 - 0 % S	22.000	13.200	290.400	16330.752	56.235	5.515			
M 2 - 0 % S	22.000	13.000	286.000	17264.812	60.366	5.920			
M 3 - 0 % S	21.900	13.100	286.890	17350.468	60.478	5.931	59.798	2.854	56.944
M 4 - 0 % S	22.500	13.000	292.500	18667.941	63.822	6.259			
M 5 - 0 % S	22.000	13.200	290.400	16869.162	58.089	5.697			
M 1 - 20 % S	22.100	13.100	289.510	18284.528	63.157	6.194			
M 2 - 20 % S	22.200	13.050	289.710	18574.127	64.113	6.287			
M 3 - 20 % S	22.100	13.100	289.510	19004.447	65.643	6.437	64.108	3.047	61.060
M 4 - 20 % S	22.400	12.950	290.080	17319.876	59.707	5.855			
M 5 - 20 % S	22.500	13.000	292.500	19866.107	67.918	6.661			
M 1 - 40 % S	22.100	13.000	287.300	21098.944	73.439	7.202			
M 2 - 40 % S	22.000	13.000	286.000	19562.232	68.399	6.708			
M 5 - 40 % S	22.200	13.000	288.600	20895.001	72.401	7.100	70.685	2.140	68.545
M 5 - 40 % S	22.300	13.100	292.130	20417.774	69.893	6.854			
M 5 - 40 % S	22.050	13.000	286.650	19863.048	69.294	6.795			
M 1 - 60 % S	22.200	13.000	288.600	24651.634	85.418	8.377			
M 2 - 60 % S	22.000	13.100	288.200	24578.215	85.282	8.363			
M 3 - 60 % S	22.000	13.000	286.000	21608.802	75.555	7.409	80.064	5.181	74.883
M 4 - 60 % S	22.000	13.000	286.000	21309.005	74.507	7.307			
M 5 - 60 % S	22.000	12.900	283.800	22578.552	79.558	7.802			
M 1 - 80 % S	22.000	12.850	282.700	23032.325	81.473	7.990			
M 2 - 80 % S	22.100	13.300	293.930	24782.158	84.313	8.268			
M 3 - 80 % S	22.000	13.000	286.000	22554.079	78.860	7.734	81.804	2.463	79.341
M 4 - 80 % S	22.100	13.000	287.300	24218.255	84.296	8.267			
M 5 - 80 % S	22.200	13.200	293.040	23465.705	80.077	7.853			

Nota: elaboración propia.

Figura 44.

Resistencia máxima a la compresión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe.



Nota: elaboración propia.

Compresión en pila. Está representada por la fuerza que realizan los ladrillos, que previamente fueron asentados con mortero una sobre otra, en respuesta a las tensiones que tienden a aplastarla en sentido perpendicular. En el presente trabajo se ensayaron tres muestras de pilas por porcentaje de reemplazo de arena por residuos de diatomita, elaboradas con tres unidades cada una con ladrillos de iguales características, obteniendo que la muestra que resistió la mayor carga fue la M 1 - 80 % S de los ladrillos con 80 % de sustitución con 12658.75 Kg-f la que al ser dividida entre el área bruta del espécimen nos arrojó como resistencia inicial 43.00 Kg/cm², éste valor se afectó por el factor de corrección por esbeltez, obteniendo 32.17 Kg/cm² como resistencia a compresión en pila corregido. También podemos apreciar que la muestra M 1 – 0% S de los ladrillos con 0% de reemplazo de arena por residuos de diatomita, resisten la menor carga que es de 8914.36 Kg-f lo que representa una resistencia inicial de 31.00 Kg/cm² y una resistencia corregida de 23.31 Kg/cm². Los datos tabulados se presentan en la tabla 32 siguiente.

Tabla 32

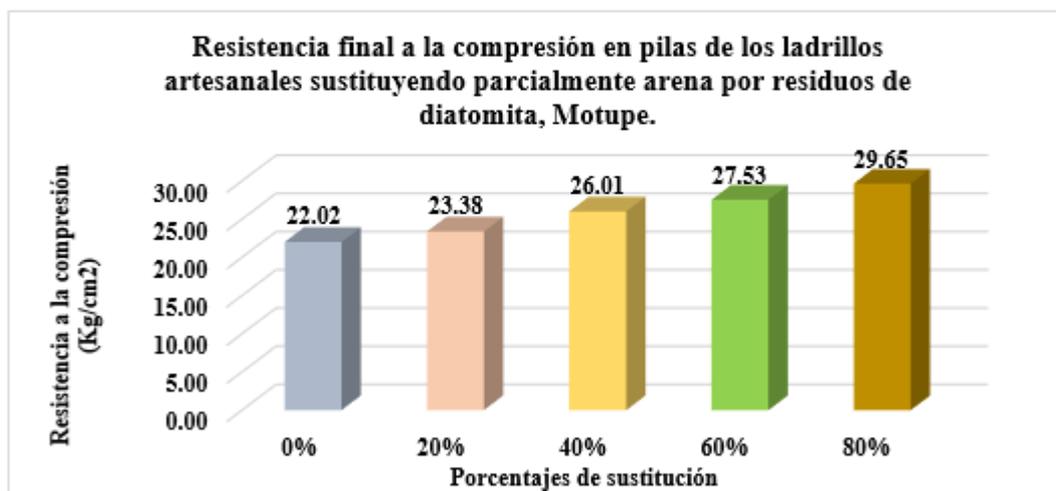
Resistencia a la compresión en pila de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.

MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbeltez	Factor	P (Kg-f)	<i>f</i> _m inic.	<i>f</i> _m corr.	Des.	<i>f</i> _m fin.
M 1 - 0 % S	21.95	13.10	28.25	287.55	2.16	0.75	8914.36	31.00	23.31		
M 2 - 0 % S	22.00	13.00	28.20	286.00	2.17	0.75	8817.48	30.83	23.24	0.80	22.015
M 3 - 0 % S	22.00	13.20	28.20	290.40	2.14	0.75	8487.10	29.23	21.89		
M 1 - 20 % S	22.10	13.10	28.10	289.51	2.15	0.75	9684.24	33.45	25.10		
M 2 - 20 % S	22.20	13.00	28.10	288.60	2.16	0.75	9302.87	32.23	24.26	0.86	23.381
M 3 - 20 % S	22.15	13.10	28.15	290.17	2.15	0.75	9032.64	31.13	23.37		
M 1 - 40 % S	22.20	13.00	28.15	288.60	2.17	0.75	10456.17	36.23	27.29		
M 2 - 40 % S	22.30	13.10	28.10	292.13	2.15	0.75	10216.53	34.97	26.24	0.59	26.007
M 3 - 40 % S	22.10	13.00	28.20	287.30	2.17	0.75	10016.67	34.86	26.28		
M 1 - 60 % S	22.10	13.20	28.15	291.72	2.13	0.75	10980.30	37.64	28.18		
M 2 - 60 % S	22.20	12.90	28.10	286.38	2.18	0.75	10596.89	37.00	27.94	0.34	27.529
M 3 - 60 % S	22.30	13.10	28.05	292.13	2.14	0.75	10715.18	36.68	27.50		
M 1 - 80 % S	22.30	13.20	28.10	294.36	2.13	0.75	12658.75	43.00	32.17		
M 2 - 80 % S	22.20	13.30	28.20	295.26	2.12	0.75	12117.29	41.04	30.65	1.22	29.646
M 3 - 80 % S	22.10	13.10	28.20	289.51	2.15	0.75	11468.75	39.61	29.77		

Nota: elaboración propia.

Figura 45.

Resistencia promedio a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.



Nota: elaboración propia.

Resistencia a la compresión en murete. Es la resistencia diagonal (corte) que resiste la albañilería. La dimensión de la muestra debe, en lo posible, representar a un muro a escala natural, razón por la cual se escogió fabricarlas de 60 cm x 60cm como mínimo. El conocimiento de los valores de la resistencia al corte es esencial para realizar el diseño estructura de los muros de albañilería. En el presente estudio se analizaron tres muestras por cada porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita. Se llegó a determinar que la muestra M1 – 0 de los ladrillos con 0% de sustitución presenta la menor resistencia diagonal con 1.956 Kg/cm² y la muestra M1 – 80 de los ladrillos con 80 % de sustitución de arena por residuos de diatomita tiene el máximo valor de resistencia diagonal o corte con 5.769 Kg/cm², tal como se presenta en la tabla 33.

Tabla 33.

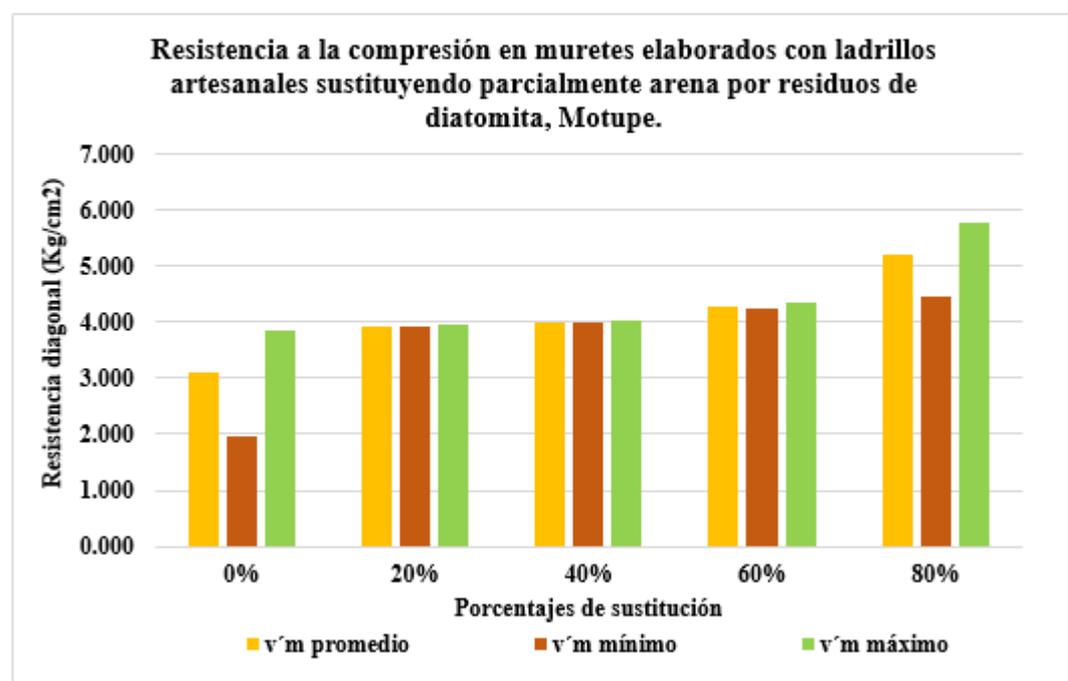
Resistencia a la compresión diagonal de los muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.

MUESTRA		Lado 1	Lado 2	Diag.	Espesor	Área	P	v'm	Promedio
0 % DE SUSTITUCION	M1 - 0	60.10	60.00	84.92	13.15	1116.74	2184.00	1.956	3.098
	M2 - 0	59.90	60.00	84.78	13.00	1102.17	3841.00	3.485	
	M3 - 0	57.00	58.00	81.32	13.20	1073.43	4137.00	3.854	
20 % DE SUSTITUCION	M1 - 20	60.00	60.10	84.92	13.10	1112.50	4356.00	3.916	3.934
	M2 - 20	59.00	59.50	83.79	13.05	1093.50	4287.00	3.920	
	M3 - 20	60.00	60.00	84.85	13.10	1111.57	4409.00	3.966	
40 % DE SUSTITUCION	M1 - 40	60.00	60.00	84.85	13.00	1103.09	4457.00	4.040	4.008
	M2 - 40	61.00	60.50	85.91	13.10	1125.48	4497.00	3.996	
	M3 - 40	60.00	61.00	85.56	13.20	1129.43	4503.00	3.987	
60 % DE SUSTITUCION	M1 - 60	57.00	58.00	81.32	13.20	1073.43	4551.00	4.240	4.287
	M2 - 60	58.00	59.00	82.73	12.90	1067.28	4576.00	4.288	
	M3 - 60	59.00	59.00	83.44	13.10	1093.05	4738.00	4.335	
80 % DE SUSTITUCION	M1 - 80	59.00	29.50	65.96	13.20	870.72	5023.00	5.769	5.209
	M2 - 80	60.00	60.00	84.85	13.30	1128.54	5023.00	4.451	
	M3 - 80	60.50	60.00	85.21	13.10	1116.21	6035.00	5.407	

Nota: elaboración propia.

Figura 46.

Resistencia a la compresión diagonal de los muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.



Nota: elaboración propia.

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arcilla y arena.

En la presente investigación, se extrajeron muestras de arcilla y arena de la cantera de la “Ladrillera Pérez”, ubicada en el Centro poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca, así como también se adquirió los residuos de diatomita de la empresa “MASD SAC” dedicada al procesamiento y disposición final de los residuos producidos por la fábrica de cerveza Backus y Johnston, del distrito de Motupe, provincia y región Lambayeque, para ser ensayadas en el laboratorio y determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como: Granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso específico, absorción, contenido de humedad y contenido de sales solubles. En cuanto al uso de la diatomita como material para la manufacturar ladrillo no existen estudios locales, no obstante, existen estudios internacionales y nacionales los que nos sirven para realizar la comparación de los resultados obtenido. La diatomita presenta características muy favorables que pueden ser utilizadas para manufacturar ladrillos en los que puede aportar mejoras en cuanto a la resistencia, mejoras en el peso, absorción de calor, entre otros, tal como lo afirman Zuñiga (2018), DGDMM (2016) y Gálvez (2015). Asimismo, con respecto a la arena y arcilla al tener las características descritas en la tabla 34, pueden ser utilizadas para manufacturar ladrillos artesanales ya que dichas propiedades aportan con plasticidad al lodo lo que facilita el amoldado y desamoldado de las unidades de albañilería, como lo confirman Gálvez (2015), Espillico (2019), Tapia (2015) y Torres (2021), del mismo modo Guadalupe (2019) sostiene que la arcilla limpia o pura es ligera, frágil y posee un color uniforme, por tanto es apta para la elaboración de ladrillos. Con respecto a las sales solubles que se encuentran presentes en los residuos de diatomita, arena y arcilla podemos decir que son muy bajos con valores de 0.070%, 0.016% y 0.020

respectivamente, lo que probablemente no tenga relevancia para una futura aparición de eflorescencia.

Tabla 34.

Propiedades físicas y mecánicas de los residuos de diatomita, arena y arcilla utilizados para la fabricación de ladrillos artesanales.

Propiedad	Diatomita	Arena	Acilla
Módulo de finura	0.69	1.91	---
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	364	1180	1165
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	439	1447	1350
Peso específico (SSS) (g/cm ³)	1.471	2.50	2.609
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.231	2.600	2.600
Absorción (%)	72.4	7.500	9.100
Humedad natural (%)	6.96	10.62	15.99
Cantidad de sales solubles (%)	0.072	0.016	0.020
Límite líquido (LL)	---	---	51.50
Límite plástico (LP)	---	---	26.00
Índice plástico (IP)	---	---	25.50
Clasificación SUCS	---	---	CH

5.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal elaborado con residuos de diatomita.

Medida de las dimensiones. Para la ejecución de la presente investigación, se seleccionaron 10 ladrillo por cada porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita fabricados artesanalmente en la Ladrillera Pérez del Centro Poblado El Frutillo del distrito de Bambamarca para determinar la medida de cada una de sus dimensiones y a partir de ella calcular la variación dimensional de cada unidad para finalmente calcular el promedio por cada porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita. Los ladrillos elaborados con residuos de diatomita, al ser comparados con un ladrillo nominal de dimensiones 230mm x 130mm x 90mm, presentan variaciones dimensionales que van desde 3.696 a 4.130 % en lo que respecta a su longitud, de -0.288 a -0.654% en lo que respecta a su ancho y de

17.208 a 19.389% (Tabla 34) en lo que se refiere a su altura, de ésta última podemos afirmar que se tiene un valor muy alto, que sobrepasan los límites fijados en la norma E.070, la que establece como valor máximo de variación dimensional de altura para un ladrillo tipo I de $\pm 8\%$ (Tabla 12), porque el molde utilizado posee una altura de 8 cm lo que hace que al ser comparados con un ladrillo nominal que tiene 9 cm de alto nos arrojen éstos valores. En cuanto a la dimensión de largo los valores obtenidos en los ladrillos con 20%, 40% y 60% de sustitución de arena por residuos de diatomita, 3.696, 3.739 y 3.750 %, respectivamente, están por debajo de lo establecido en la norma E.070 que establece como valor máximo, para un ladrillo Tipo I, $\pm 4\%$, mientras que los ladrillos con 80% de sustitución y 0% de sustitución o ladrillo base presentan valores de 4.130 y 4.370%, respectivamente, los que se encuentra por encima del valor estipulado en la norma. Finalmente, en lo referente a la dimensión de ancho podemos observar que los valores de la variación dimensional están dentro del margen establecido en la norma, que para este caso considera como valor máximo $\pm 6\%$ para un ladrillo Tipo I. Según los resultados obtenidos, Lulichac (2015), Saldarriaga (2009) y Núñez (2019) concuerdan al afirmar: “los ladrillos artesanales poseen una variación dimensional más notoria que los ladrillos industriales debido a el proceso constructivo mismo.

Finalmente, los valores de las dimensiones y variación dimensional de las unidades evaluadas según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, comparados con un ladrillo nominal se presentan en la tabla 35.

Tabla 35.

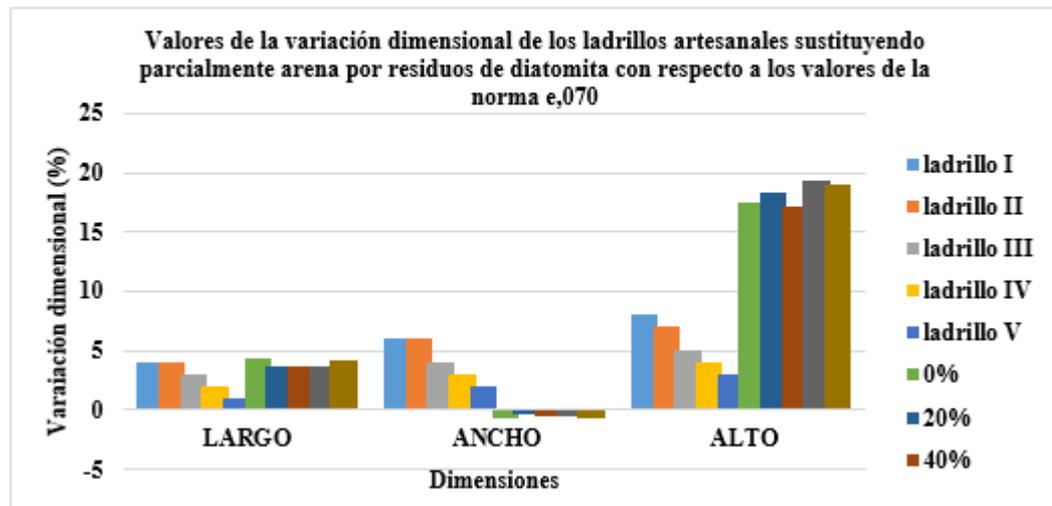
Dimensiones y variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, respecto a un ladrillo nominal.

SUSTITUCIÓN	SUSTITUCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
DIMENSIONES					
L promedio (mm)	219.950	221.500	221.400	221.375	220.500
L mínimo (mm)	215.000	220.500	217.000	220.250	219.000
L máximo (mm)	223.250	222.500	223.000	223.000	221.750
D nominal (mm)	230.000	230.000	230.000	230.000	230.000
V (%)	4.370	3.696	3.739	3.750	4.130
A promedio (mm)	130.963	130.375	130.675	130.725	130.850
A mínimo (mm)	130.500	129.000	129.375	128.500	130.000
A máximo (mm)	132.250	132.250	132.000	133.000	132.000
D nominal (mm)	130.000	130.000	130.000	130.000	130.000
V (%)	-0.740	-0.288	-0.519	-0.558	-0.654
H promedio (mm)	74.250	73.525	74.513	72.550	72.850
H mínimo (mm)	72.875	71.250	73.250	71.500	72.000
H máximo (mm)	75.250	75.250	75.500	73.750	73.750
D nominal (mm)	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
V (%)	17.500	18.306	17.208	19.389	19.056

Nota: elaboración propia.

Figura 47.

Valores de la variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo nominal y a los valores de la norma E.070.



Nota: elaboración propia.

Para obtener la variación dimensional de las unidades artesanales con los diferentes porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita respecto a un ladrillo artesanal con 0% de sustitución o ladrillo base, meollo de éste trabajo

de investigación, se consideró como medida de comparación la media de cada dimensión de la unidad base o con 0% de sustitución de arena por residuos de diatomita, obteniéndose que en lo que respecta a la variación dimensional de la longitud, el ladrillo con 80% de sustitución presenta el valor más bajo con -0.250 % lo que significa que en ésta dimensión los ladrillos con 0% y 80% de sustitución tienen valores más cercanos. Caso similar ocurre en la dimensión anchura donde el ladrillo con 80% de sustitución obtiene un valor de 0.086%. En cambio, en la dimensión altura el valor más cercano con respecto al ladrillo base o con 0% de sustitución lo obtiene el ladrillo con 40% de sustitución con un valor de 0.034%. De acuerdo a los datos hallados en esta prueba, se observa que todos los porcentajes de sustitución de arena por residuos de diatomita propuestos son adecuados para elaborar ladrillos artesanales, como se indica en la tabla 36.

Tabla 36.

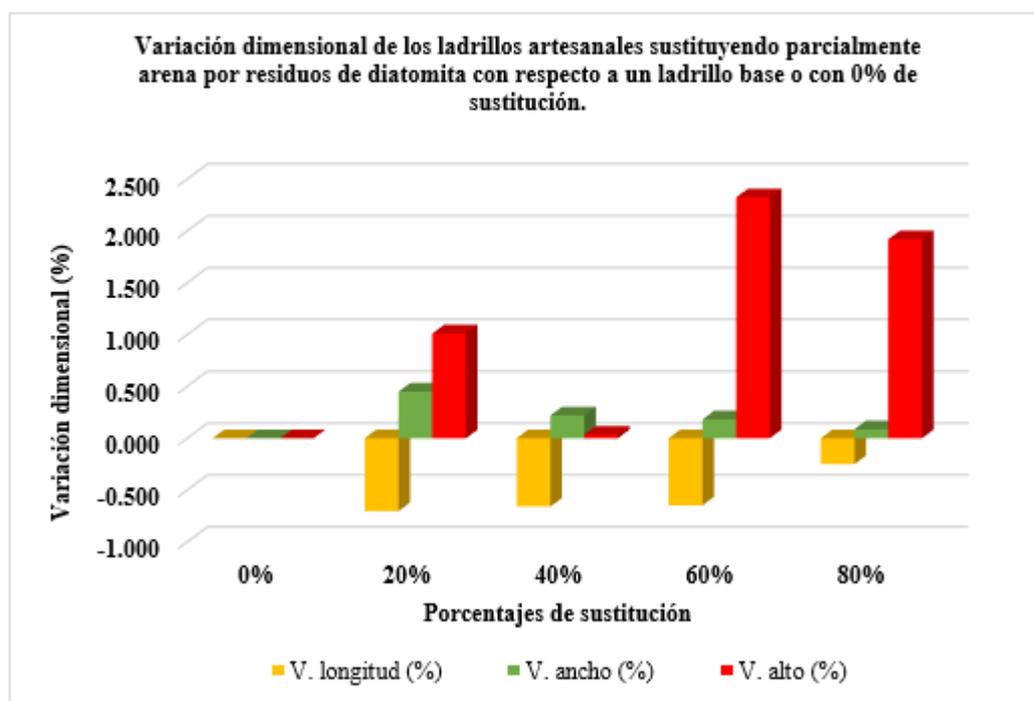
Valores de la variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo base o con 0% de sustitución.

SUSTITUCIÓN DIMENSIONES	SUSTITUCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
L promedio (mm)	219.950	221.500	221.400	221.375	220.500
L mínimo (mm)	215.000	220.500	217.000	220.250	219.000
L máximo (mm)	223.250	222.500	223.000	223.000	221.750
D ladrillo base 0% sust. (mm)	219.950	219.950	219.950	219.950	219.950
V (%)	0.000	-0.705	-0.659	-0.648	-0.250
A promedio (mm)	130.963	130.375	130.675	130.725	130.850
A mínimo (mm)	130.500	129.000	129.375	128.500	130.000
A máximo (mm)	132.250	132.250	132.000	133.000	132.000
D ladrillo base 0% sust. (mm)	130.963	130.963	130.963	130.963	130.963
V (%)	0.000	0.449	0.220	0.181	0.086
H promedio (mm)	74.275	73.525	74.250	72.550	72.850
H mínimo (mm)	71.875	71.250	73.250	71.500	72.000
H máximo (mm)	76.250	75.250	75.250	73.750	73.750
D ladrillo base 0% sust. (mm)	74.275	74.275	74.275	74.275	74.275
V (%)	0.000	1.010	0.034	2.322	1.919

Nota: elaboración propia.

Figura 48.

Variación dimensional de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con respecto a un ladrillo base o con 0% de sustitución.



Nota: elaboración propia.

Alabeo de los ladrillos artesanales. Para la prueba de alabeo se siguió el proceso estipulado en la NTP 399.613 (INDECOPI, 2005). Para la que se tomaron las medidas de cada muestra según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, se asumió como resultado el valor promedio para cada porcentaje de sustitución siendo éste valor expresado en milímetros indicando si la unidad es cóncava o convexa Guadalupe (2019). Del ensayo de alabeo realizado a las muestras de cada uno de los porcentajes de sustitución se visualizó que los ladrillos con buen resultado, con respecto a la concavidad, son los que tienen 20% de sustitución de arena por residuos de diatomita con un valor de 1.0607 mm y con respecto a la convexidad el mejor valor (más bajo) lo obtuvieron los ladrillos con 40% de sustitución con un valor de 0.421mm (Tabla 36). Dichos valores, al ser comparados con los fijados en la norma E.070, están alrededor de un ladrillo Tipo V, caso del ladrillo con 0% y 20% de sustitución con un valor de 1.736mm

y 1.607mm, respectivamente y los ladrillos con porcentajes de sustitución del 40%, 60% y 80% con valores de 2.08 mm, 2.10 mm y 2.724 mm respectivamente oscilan alrededor de un ladrillo Tipo IV que tiene un valor de 4mm como máximo. Dichos resultados se presentan en la tabla 37.

Tabla 37.

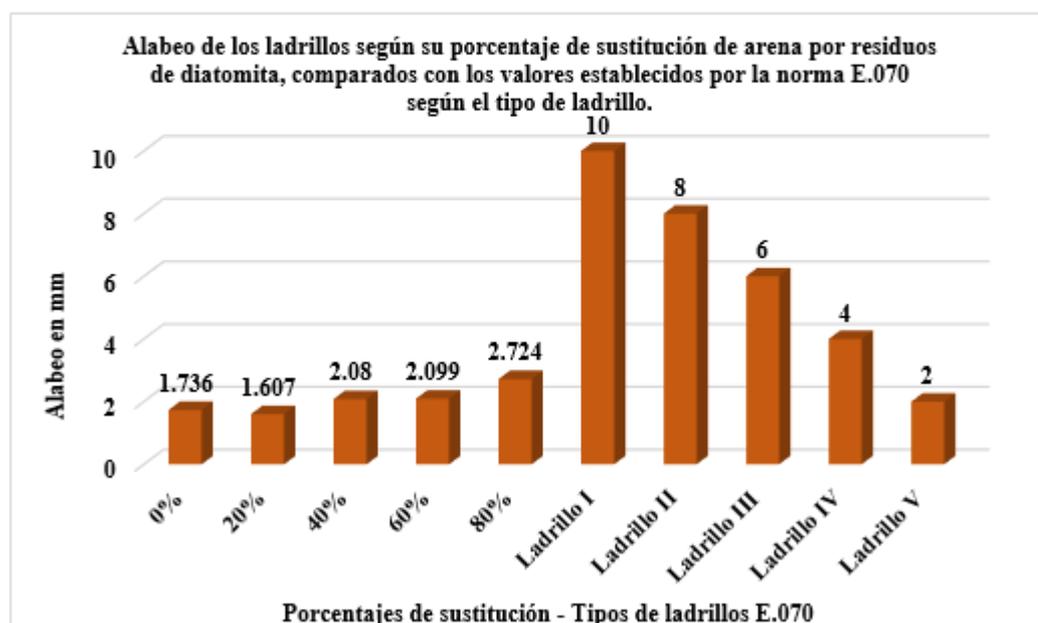
Alabeo de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, comparados con los valores establecidos por la norma E.070 según el tipo de ladrillo.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%	Ladrillo I	Ladrillo II	Ladrillo III	Ladrillo IV	Ladrillo V
Alabeo promedio (mm)	1.74	1.61	2.08	2.10	2.72	10	8	6	4	2

Nota: elaboración propia.

Figura 49.

Alabeo de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, comparados con los valores establecidos por la norma E.070 según el tipo de ladrillo.



Nota: elaboración propia.

Para comparar los valores obtenidos de los ladrillos con las diversas proporciones de sustitución con los ladrillos con 0% de sustitución se tomó como dato de comparación el promedio de éstos últimos tanto para concavidad como para convexidad, obteniéndose como resultado que los ladrillos con 20% de sustitución poseen el valor promedio más cercano al base, en cada caso, con 0.129 mm y -

0.027 mm. En la tabla 38 se observan los valores de la comparación del alabeo de los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución con respecto al ladrillo base o con 0% de sustitución. Del análisis y comparación de los valores obtenidos podemos concluir que los ladrillos con los porcentajes de sustitución propuestos en esta investigación cubren con las exigencias de la norma E.070 en lo que respecta al alabeo.

Tabla 38.

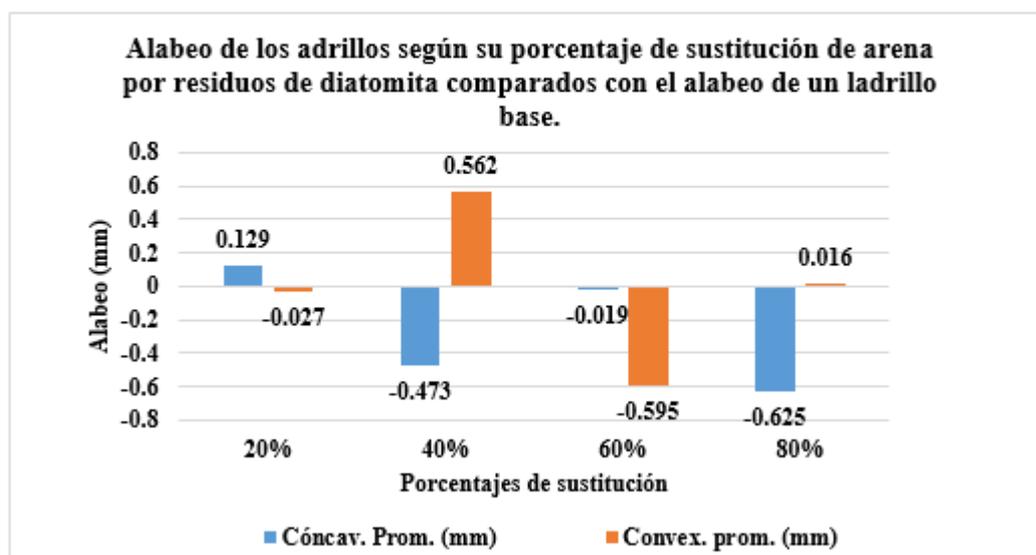
Valores del alabeo de los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución comparados con el ladrillo base o con 0% de sustitución.

SUSTITUCIÓN	20%	40%	60%	80%
ALABEO				
Concavidad promedio (mm)	0.129	-0.344	-0.363	-0.988
Convexidad promedio (mm)	-0.027	0.535	-0.06	-0.044

Nota: elaboración propia.

Figura 50.

Valores del alabeo de los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución comparados con el ladrillo base o con 0% de sustitución.



Nota: elaboración propia.

Absorción de los ladrillos artesanales. De los datos obtenidos en la tabla 39, podemos observar que los valores de absorción obtenidos 11.62%, 12.49%, 13.98%, 15.56% y 16.69 en ladrillos base, 20%, 40%, 60% y 80% de sustitución

de arena por residuos de diatomita, respectivamente, están dentro del límite establecido en la NTP 331.017, que establece como valor máximo para la absorción en ladrillo de arcilla cocida del 25% (INDECOPI, 2005). Al hacer la comparación de los datos de absorción de las unidades con los diversas proporciones de sustitución de arena por residuos de diatomita con respecto a los valores de un ladrillo base o con 0% de sustitución podemos observar que existe un incremento de 0.88, 2.37, 3.94 y 5.07 puntos porcentuales en los ladrillos con 20, 40, 60 y 80% de sustitución de arena por residuos de diatomita, estos valores son relativamente superiores pero ninguno de ellos llega a sobrepasar los valores estipulados en la norma antes mencionada. En la tabla 39 podemos observar con mayor detalle lo descrito líneas atrás.

Tabla 39.

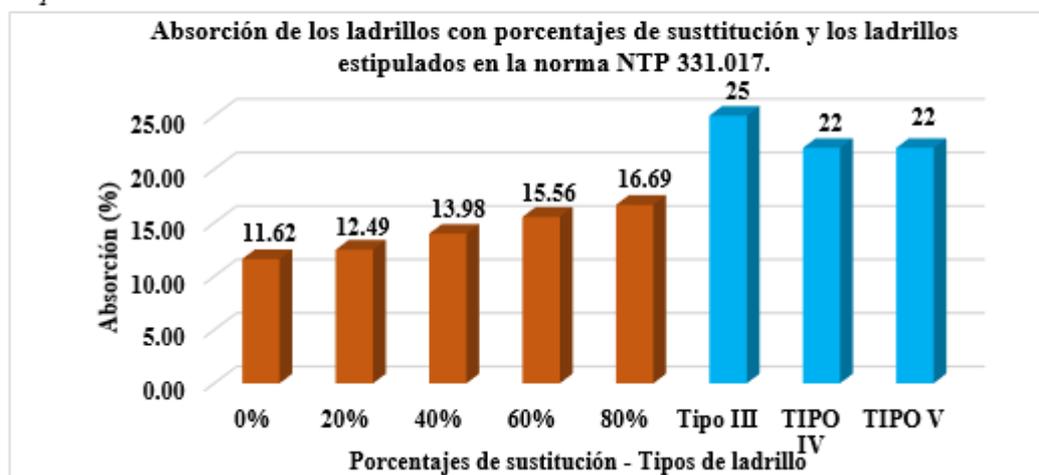
Valores de la absorción de los ladrillos según su porcentaje de sustitución y según el tipo de ladrillo estipulado en la norma NTP 331.017.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%	Tipo III	TIPO IV	TIPO V
ABSORCIÓN								
Absorción (%)	11.62	12.49	13.98	15.56	16.69	25	22	22

Nota: elaboración propia.

Figura 51.

Valores de la absorción de los ladrillos según su porcentaje de sustitución y según el tipo de ladrillo estipulado en la norma NTP 331.017.



Nota: elaboración propia.

Tabla 40.

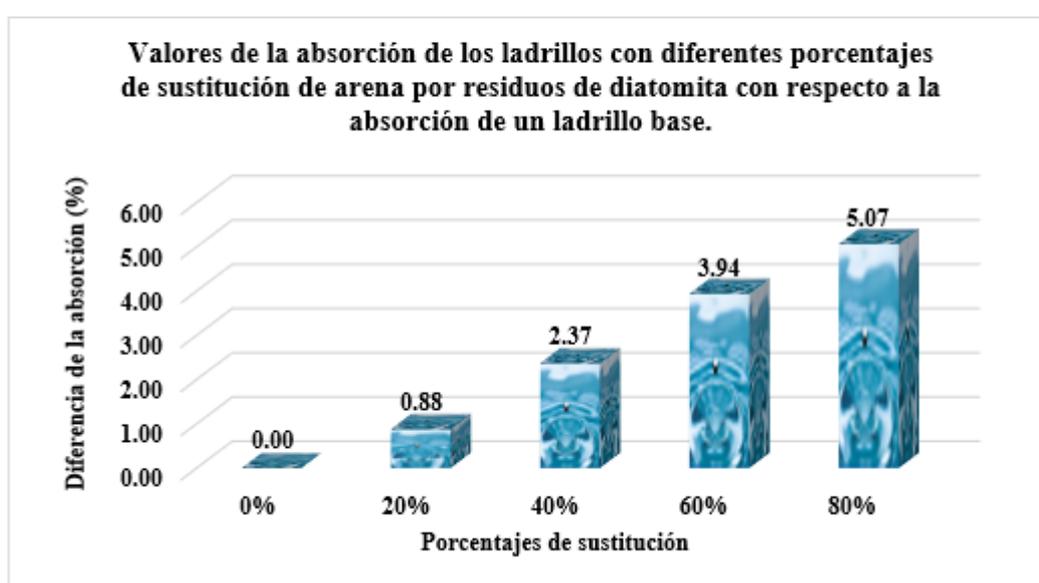
Valores de la absorción de los ladrillos con diferentes porcentajes de sustitución respecto al valor de absorción de un ladrillo base.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
ABSORCIÓN					
Absorción Promedio (%)	11.62	12.49	13.98	15.56	16.69
Diferencia de absorción (%)	0.00	0.88	2.37	3.94	5.07

Nota: elaboración propia.

Figura 52.

Valores de la absorción de los ladrillos con diferentes porcentajes de sustitución respecto al valor de absorción de un ladrillo base.



Nota: elaboración propia.

Peso de los ladrillos artesanales. En la prueba de absorción practicada a los ladrillos artesanales con los diferentes porcentajes de sustitución se realizó el pesado de dichas unidades al ser secadas en un horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de 110 °C, obteniéndose como resultado los pesos de cada una de las unidades y de ello se procedió a calcular el peso promedio por cada porcentaje de sustitución, observándose que existe una correspondencia inversa entre el peso de la unidad y la proporción de sustitución, pues a mayor porcentaje de sustitución disminuye el peso promedio. Observándose que el peso promedio de un ladrillo base o con 0% de sustitución alcanza un valor de 3653.64 g y los

ladrillos con 20, 40, 60 y 80 % de sustitución alcanzan pesos promedios de 3541.89, 3327.85, 3226.28 y 3107.29 gramos, respectivamente, valores que al ser comparados con los del ladrillo base representan porcentajes del 3.16, 9.79, 13.25 y 17.58 con los que puedo afirmar que los ladrillos artesanales con 20 y 40% de sustitución no cumplen con la hipótesis planteada en este trabajo y los ladrillos con 60 y 80% de sustitución si lo hacen, pues, el porcentaje de disminución de sus pesos, exceden al 10% propuesto en la hipótesis. En la tabla 41 se muestran a detalle los valores descritos.

Tabla 41.

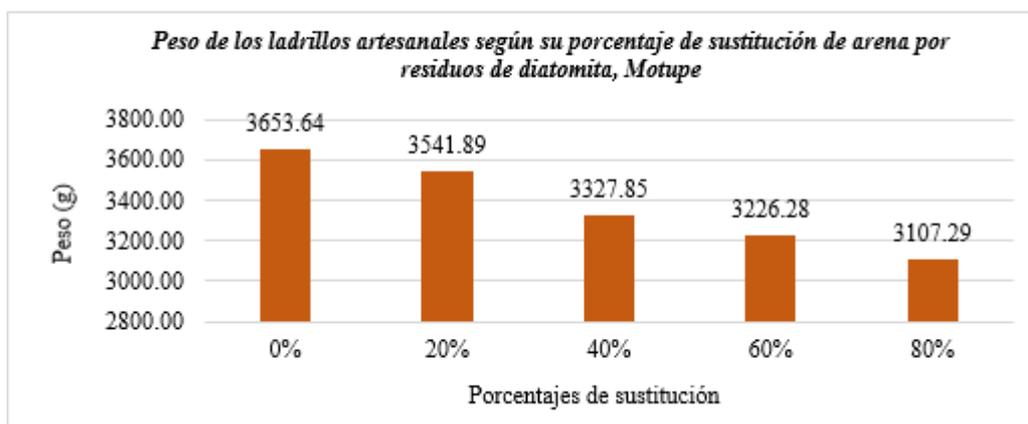
Peso de los ladrillos artesanales según el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.

Muestras	Peso	Muestras	Peso	Muestras	Peso	Muestras	Peso	Muestras	Peso
M1 - 0S	3636.17	M1 - 20S	3604.01	M1 - 40S	3318.16	M1 - 60S	3236.25	M1 - 80S	3127.19
M2 - 0S	3685.03	M2 - 20S	3599.12	M2 - 40S	3388.24	M2 - 60S	3279.85	M2 - 80S	3163.37
M3 - 0S	3718.95	M3 - 20S	3637.05	M3 - 40S	3363.47	M3 - 60S	3234.19	M3 - 80S	3192.54
M4 - 0S	3685.24	M4 - 20S	3587.87	M4 - 40S	3403.07	M4 - 60S	3236.47	M4 - 80S	3127.63
M5 - 0S	3692.47	M5 - 20S	3512.23	M5 - 40S	3339.56	M5 - 6 S	3241.25	M5 - 80S	3102.47
Peso promedio	3683.57		3588.06		3362.50		3245.60		3142.64
Desviación estándar	29.93		46.17		34.65		19.32		35.35
Peso final	3653.64		3541.89		3327.85		3226.28		3107.29
Disminución del peso (G)	0.00		111.76		325.79		427.36		546.35
Disminución del peso (%)	0.00		3.16		9.79		13.25		17.58

Nota: elaboración propia.

Figura 53.

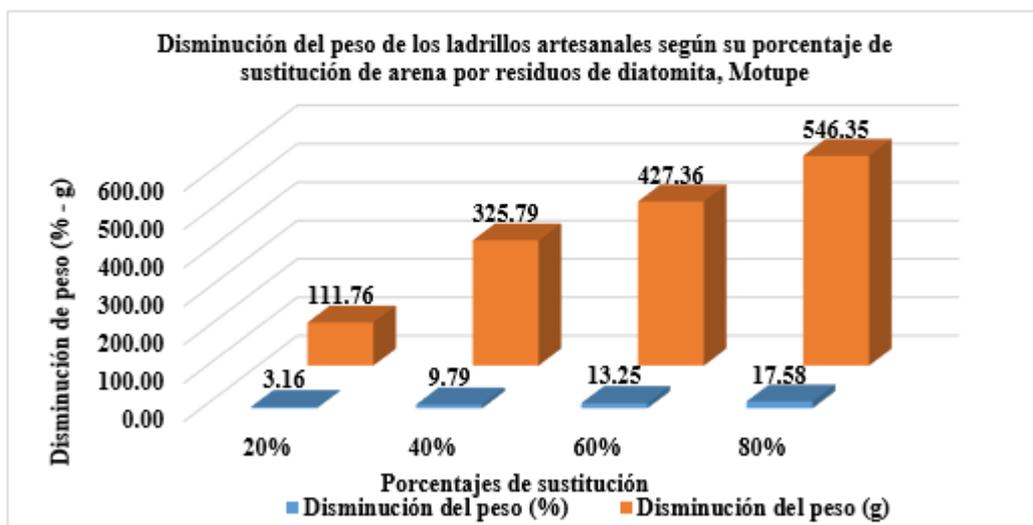
Peso de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita.



Nota: elaboración propia.

Figura 54.

Disminución del peso de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe



Nota: elaboración propia.

Succión de los ladrillos artesanales. Los valores obtenidos en las pruebas de succión a las diferentes muestras de ladrillos artesanales con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita detallados en la tabla 27 podemos decir que ninguna de las unidades cumple con lo señalado en la norma NTP 331.017, ya que ésta considera que el valor máximo de la succión en ladrillo de arcilla cocida debe ser de 20 gramos por minuto en un área de 200cm^2 (INDECOPI, 2005) y los valores obtenidos sobrepasan a éste valor en 44.22, 34.79, 28.75, 21.70 y 16.43 $\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$. en los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución de arena por residuos de diatomita, respectivamente, pero si se puede evidenciar que si la proporción de sustitución de arena por residuos de diatomita sube el valor de la succión se acerca más al valor dado por la norma, tal como se muestra en la tabla 42. En tanto al cotejo realizado a los datos de la succión de los ladrillo con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 8% de arena por residuos de diatomita con el valor promedio de un ladrillo base o con 0% de sustitución, podemos observar que el valor más lejano lo obtiene el ladrillo con 80% de sustitución con

27.79 gr/200cm²/min. Siendo éste el valor más favorable en cuanto a la succión puesto que es el que más se acerca al valor establecido por la NTP 331.017, por lo que puedo aseverar que todos los ladrillos con sustitución de arena por residuos de diatomita presentan mejores características que los ladrillos base en lo que a la succión se refiere. Para efectos constructivos, se concluye que éstos ladrillos, al sobrepasar el límite de succión establecido en la norma, deben ser saturados con agua inmediatamente antes de asentarlos (INDECOPI, 2005).

Tabla 42.

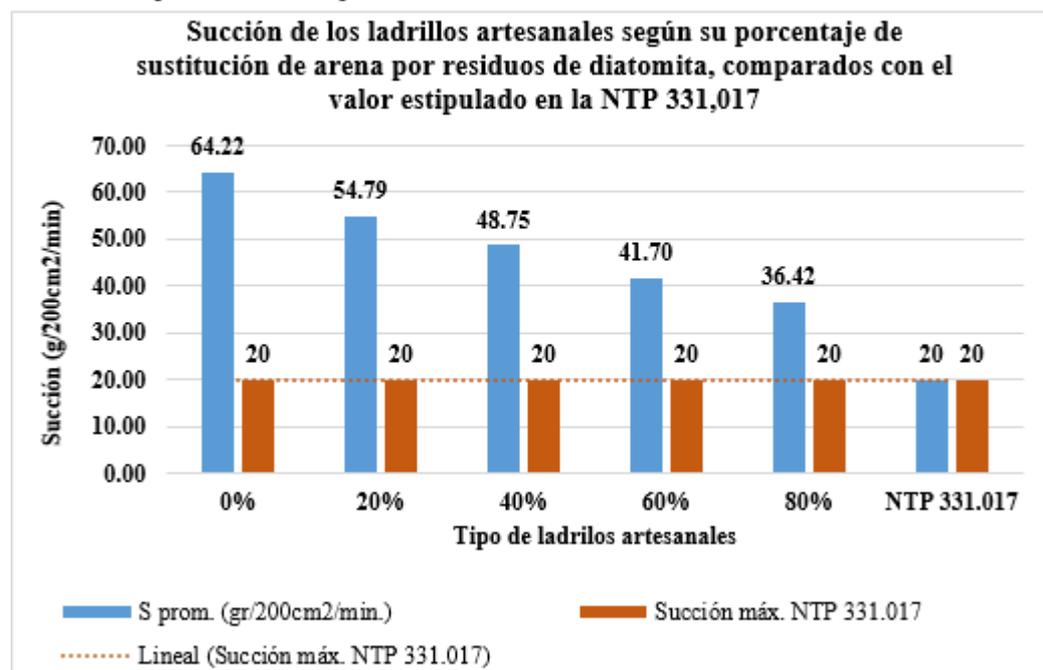
Valores de la succión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita comparados con lo estipulado en la NTP 331.017.

SUSTITUCIÓN SUCCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
S prom. (gr/200cm ² /min.)	64.22	54.79	48.75	41.70	36.42
Diferencia respecto NTP 331.017	44.22	34.79	28.75	21.70	16.42

Nota: elaboración propia.

Figura 55.

Valores de la succión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita comparados con lo estipulado en la NTP 331.017.



Nota: elaboración propia.

Tabla 43.

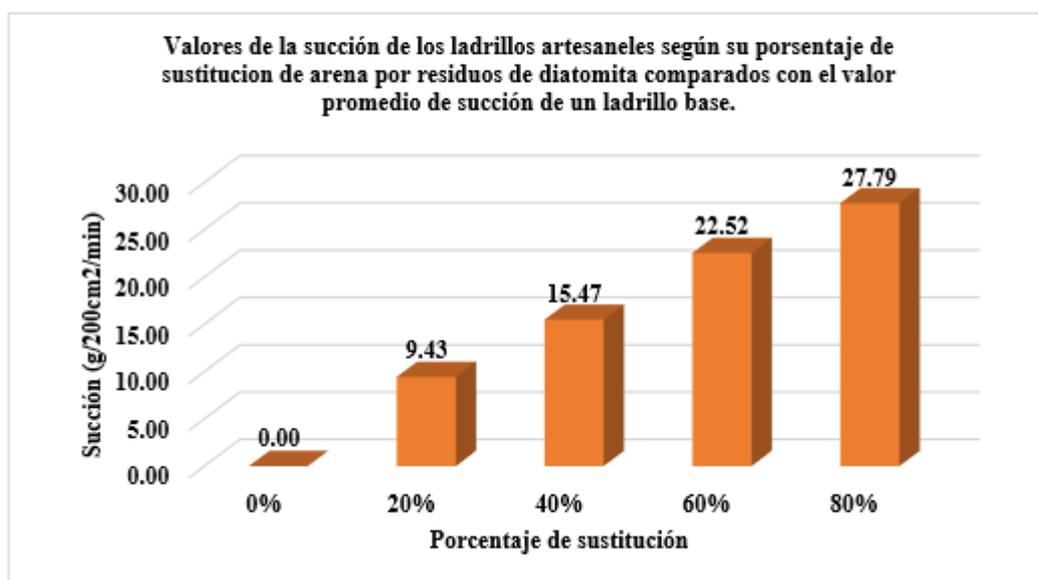
Valores de la succión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita comparados con el valor promedio de succión de un ladrillo base.

SUSTITUCIÓN SUCCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
S prom. (gr/200cm ² /min.)	64.22	54.79	48.75	41.70	36.42
Diferencia respecto ladrillo base	0.00	9.43	15.47	22.52	27.79

Nota: elaboración propia.

Figura 56.

Valores de la succión de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita comparados con el valor promedio de succión de un ladrillo base.



Nota: elaboración propia.

Eflorescencia de los ladrillos artesanales. Del ensayo realizado a los ladrillos artesanales se logró determinar que, en ninguna de las unidades ensayadas, con porcentaje de sustitución y sin él, se encontraron rastros de eflorescencia, esto se debe a la escasa presencia de sales disueltas en los materiales utilizados para la elaboración de los ladrillos. Ver valores de sales disueltas en la tabla 21.

Peso específico de los ladrillos artesanales. De los valores obtenidos en la tabla 29, podemos concluir que el peso específico saturado superficie seca presenta valores más altos que el peso específico seco, concordando con lo que concluyó

(Guadalupe, 2019), quien afirma que los ladrillos que tienen mayor peso específico poseen también mayor resistencia y mejor esbeltez. En la tabla 44 se detalla el valor del peso específico seco y saturado superficialmente seco de los ladrillos, así como el promedio alcanzado por cada porcentaje de sustitución cuyos valores son de 1.72, 1.70, 1.60, 1.56 y 1.58 g/cm³ en peso específico seco para los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% y valores de 1.93, 1.90, 1.84, 1.81 y 1.82 g/cm³ de peso específico saturado superficialmente seco en los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución, respectivamente.

Tabla 44.

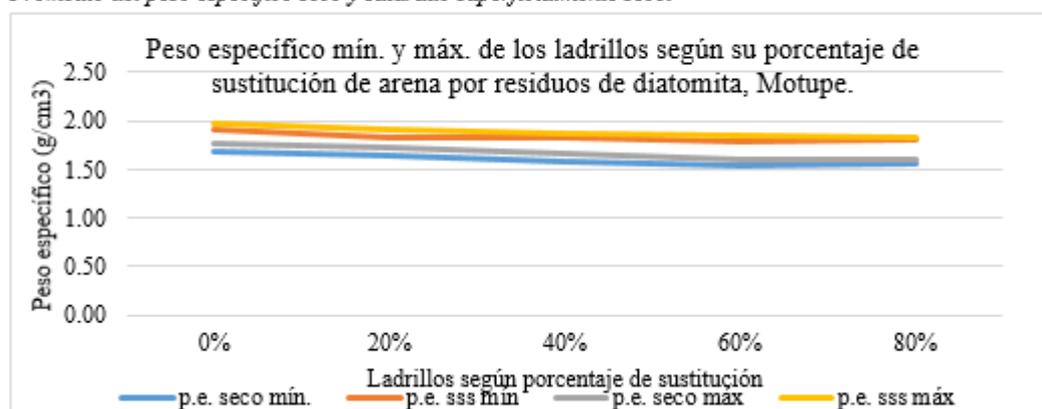
Promedio del peso específico seco y saturado superficialmente seco.

SUSTITUCIÓN	PESO ESPECIFICO				
	0%	20%	40%	60%	80%
p.e. seco prom. (gr/cm ³)	1.72	1.70	1.60	1.56	1.58
p.e. sss prom. (gr/cm ³)	1.93	1.90	1.84	1.81	1.82
p.e. seco mín. (gr/cm ³)	1.68	1.64	1.58	1.54	1.56
p.e. seco máx. (gr/cm ³)	1.76	1.72	1.66	1.60	1.59
p.e. sss mín. (gr/cm ³)	1.91	1.83	1.82	1.79	1.80
p.e. sss máx. (gr/cm ³)	1.97	1.92	1.88	1.84	1.83

Nota: elaboración propia.

Figura 57.

Promedio del peso específico seco y saturado superficialmente seco.



Nota: elaboración propia.

Resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales. Este ensayo se realizó a 5 muestras de cada uno de los porcentajes de sustitución obteniéndose

resistencias pico de 85.418 Kg/cm² en los ladrillos con 60% de sustitución de arena por residuos de diatomita, así como, valores muy bajos como 56.235 Kg/cm² en los ladrillos base; con los valores obtenidos se calculó el valor promedio para cada porcentaje de sustitución, así como la desviación estándar y con ella se calculó la resistencia final, éstas resistencias al ser contrastadas con las fijadas en la norma E.070 de albañilería, se logró determinar que todos los ladrillos con los diferentes porcentajes de sustitución logran clasificar como un ladrillo King Kong artesanal, ya que sus valores de resistencia por unidad sobrepasan los 55 Kg/cm² y de ello también pueden clasificarse, según el fin estructural, en tipo I en el caso de los ladrillos base y los con 20 y 40% de sustitución que tienen valores superiores a 50Kg/cm² e inferiores de 70 Kg/cm² y en tipo II los ladrillos con 60 y 80% de sustitución ya que éstos sobrepasan el valor mínimo para ésta clase que es de 70 Kg/cm², con valores de 74.883 y 79.341 Kg/cm², en cada caso. Con respecto a la comparación de los valores de la resistencia de los ladrillos con 20, 40, 60 y 80% de sustitución con el valor de la resistencia final de los ladrillos base o con 0% de sustitución, meollo de esta investigación, se puede corroborar que la resistencia a la compresión en los primeros tiene una relación directamente proporcional con el porcentaje de sustitución, es decir, a mayor porcentaje de sustitución mejor es la resistencia, obteniendo valores de resistencia por sobre del valor de los ladrillos base de 4.116, 11.601, 17.740 y 22.397 Kg/cm² en los ladrillos con 20, 40, 60 y 80% de sustitución, respectivamente, valores que en porcentaje representan 7.229, 20.374, 31.504 y 39.332 en cada caso; concluyendo que todos los ladrillos con porcentajes de cambio de arena por residuos de diatomita cumplen con la hipótesis de trabajo de la presente investigación ya que sobrepasan el 5% planteado. Los valores descritos se presentan en la tabla 45.

Tabla 45.

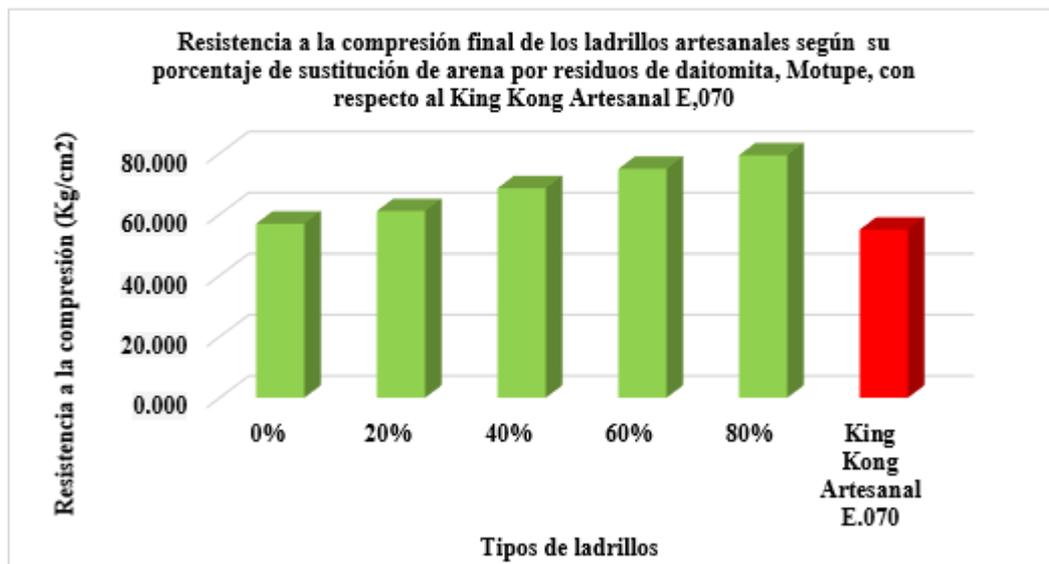
Resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe y su clasificación según su resistencia característica y fin estructural.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
RESISTENCIA					
<i>f</i> b prom. (Kg/cm ²)	59.798	64.108	70.685	80.064	81.804
<i>f</i> b mín. (Kg/cm ²)	56.235	59.707	68.399	74.507	78.860
Desviación estándar	2.854	3.047	2.140	5.181	2.463
<i>f</i> b máx. (Kg/cm ²)	63.822	67.918	73.439	85.418	84.313
Resistencia final	56.944	61.060	68.545	74.883	79.341
Diferencia con respecto al ladrillo base (Kg/cm ²)	0.000	4.116	11.601	17.740	22.397
Diferencia con respecto al ladrillo base (%)	0.000	7.229	20.374	31.504	39.332
Clasificación según resistencia característica	King Kong Artesanal				
Clasificación Según su fin estructural	Tipo I	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II

Nota: elaboración propia.

Figura 58

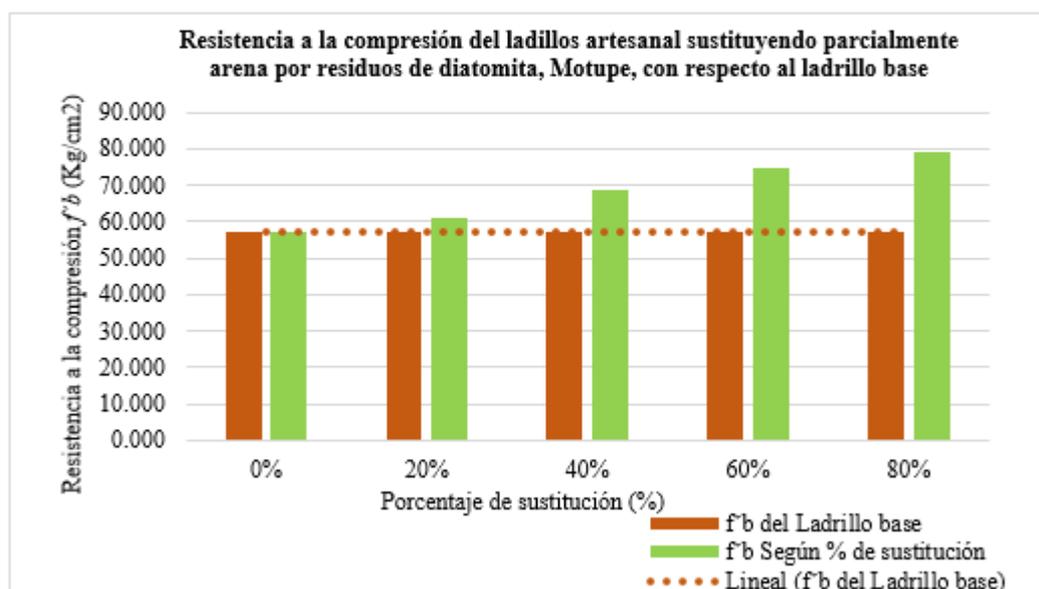
Resistencia a la compresión final de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, con respecto al ladrillo King Kong Artesanal de la norma E.070.



Nota: elaboración propia.

Figura 59.

Resistencia a la compresión final de los ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con los ladrillos base.



Nota: elaboración propia.

Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales. La resistencia a la compresión en pila de las unidades producidas artesanalmente en la “Ladrillera Pérez” haciendo la sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, representan cuantías que están entre 21.893 Kg/cm² y 32.169 Kg/cm² en los ladrillos base y con 80% de sustitución, respectivamente, los cuales después de pasar por un proceso de reajuste al ser multiplicado por un factor de corrección por esbeltez nos permite conocer la resistencia final para cada uno de los porcentajes de sustitución, los cuales al ser comparados con las cuantías fijadas en la norma E.070 que fija para ladrillos King Kong artesanales un valor mínimo de 35 Kg/cm² vemos que los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80 % de sustitución tienen valores de 22.02, 23.38, 26.01, 27.53 y 29.65 Kg/cm², respectivamente, observando que en este caso ninguno de los tipos de ladrillo llegan a tal cuantía. Al realizar la comparación entre los valores de los ladrillos con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80% de sustitución con los valores de los ladrillos

base, observamos que los primeros poseen resultados por encima de valor base de 1.37, 3.99, 5.51 y 7.63 Kg/cm², los que en porcentaje representan el 6.21, 18.13, 25.05 y 34.66% de incremento en la resistencia respecto a los ladrillos base; tal como se presenta en la tabla 46.

Tabla 46.

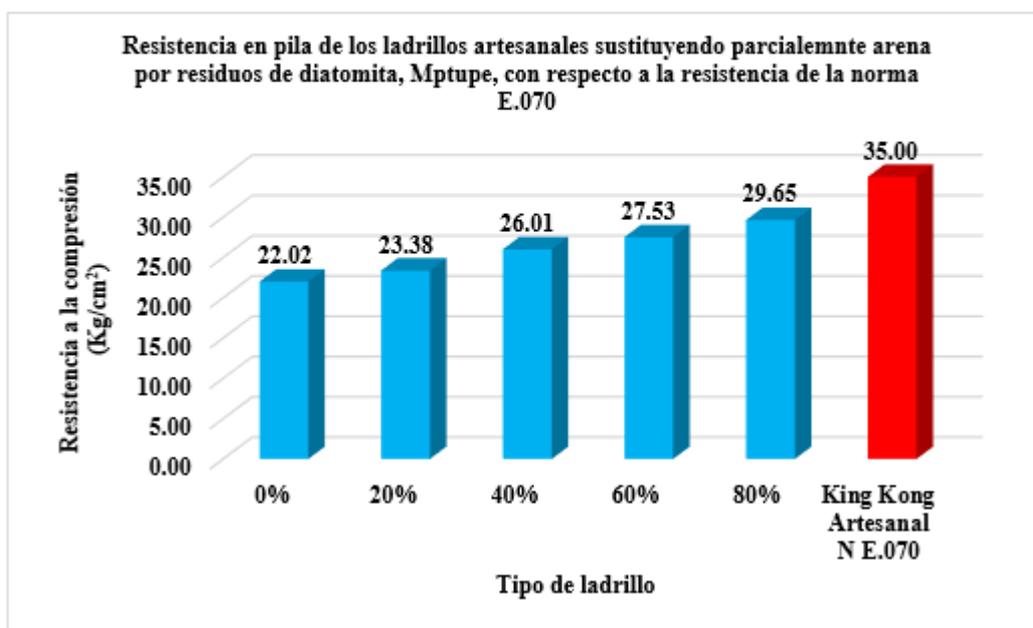
Valores de la resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, respecto a los ladrillos base.

RESISTENCIA	SUSTITUCIÓN				
	0%	20%	40%	60%	80%
<i>f</i> m promedio	22.813	24.244	26.602	27.871	30.861
<i>f</i> m mínimo	21.893	23.373	26.240	27.501	29.765
<i>f</i> m máximo	23.310	25.098	27.287	28.176	32.169
Desviación estándar	0.798	0.863	0.594	0.342	1.215
<i>f</i> m final	22.02	23.38	26.01	27.53	29.65
Dif. Respecto al lad. base (kg/cm ²)	0.00	1.37	3.99	5.51	7.63
Dif. Respecto al lad. base (%)	0.00	6.21	18.13	25.05	34.66

Nota: elaboración propia.

Figura 60.

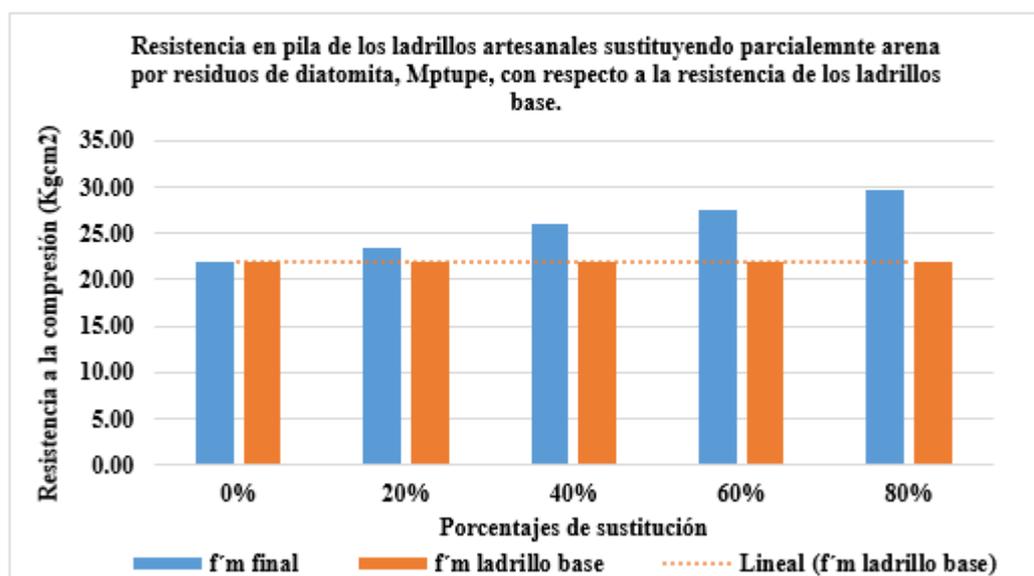
Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe, comparado con la resistencia especificada en la norma E.070.



Nota: elaboración propia.

Figura 61.

Resistencia a la compresión en pilas de los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe, comparado con la resistencia de los ladrillos base con 0% de sustitución.



Resistencia a la compresión en muretes de los ladrillos artesanales. Los ladrillos elaborados artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, poseen valores que van desde 1.956 Kg/cm² hasta 5.769 Kg/cm², estos valores fueron calculado inicialmente de cada espécimen, tres por cada tipo de ladrillo propuesto, de estos valores se extrajo el promedio y dichos valores son los representativos de cada uno de los porcentajes de sustitución. Al realizar la comparación de los valores obtenidos con la cuantía mínima de 5.1 Kg/cm² planteado en la norma E.070 se observa que sólo en el caso del ladrillo con 80% de sustitución de arena por residuos de diatomita cumplen con tal requerimiento al obtener un valor de 5.209 Kg/cm², en tanto que las unidades con 0, 20, 40 y 60% de sustitución obtuvieron valores por debajo del establecido con 3.098, 3.934, 4.008 y 4.287 Kg/cm², respectivamente. En cuanto a la comparación de las resistencias de las unidades con porcentajes de sustitución respecto al ladrillo base, meollo de este trabajo de investigación, se notó que hay una proporcionalidad directa entre el porcentaje de sustitución y la resistencia, es

decir, que a medida que crece la proporción de sustitución el valor de la resistencia también lo hace, obteniéndose que para los ladrillos con 20, 40, 60 y 80% de sustitución se lograron 0.836, 0.909, 1.189 y 2.111 Kg/cm² de resistencia por encima del valor del ladrillo base, valores que representan el 26.981, 29.355, 38.380 y 68.122% de mejora en resistencia, concluyendo de ello la hipótesis planteada en este proyecto de investigación es aceptada.

Tabla 47.

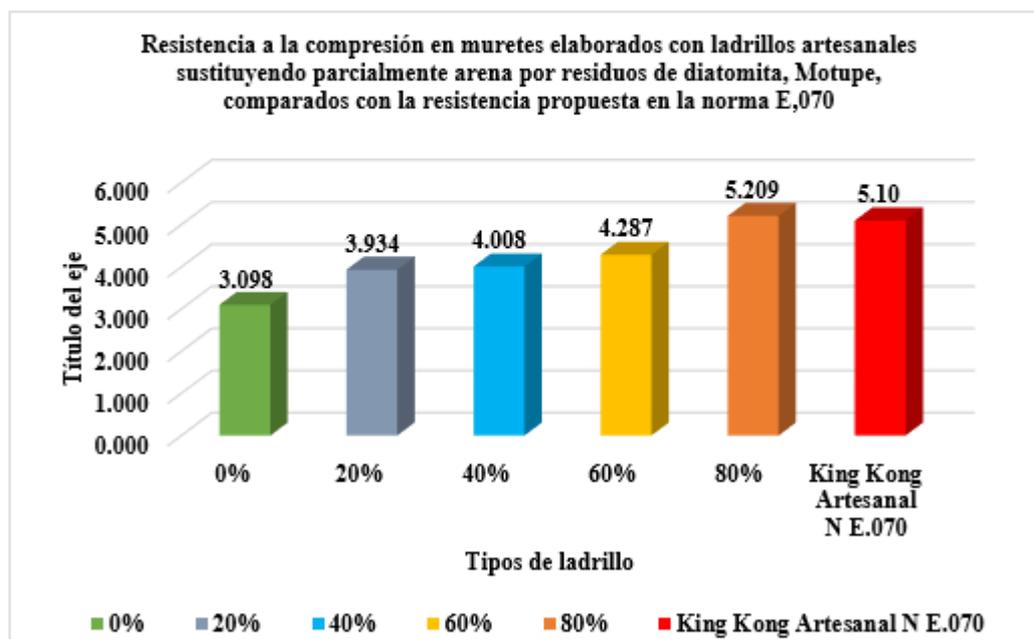
Comparación de la resistencia.

SUSTITUCIÓN	0%	20%	40%	60%	80%
RESISTENCIA					
v'm promedio	3.098	3.934	4.008	4.287	5.209
v'm mínimo	1.956	3.916	3.987	4.240	4.451
v'm máximo	3.854	3.966	4.040	4.335	5.769
Dif. Respecto al lad. base (kg/cm ²)	0.000	0.836	0.909	1.189	2.111
Dif. Respecto al lad. base (%)	0.000	26.981	29.355	38.380	68.122

Nota: elaboración propia.

Figura 62.

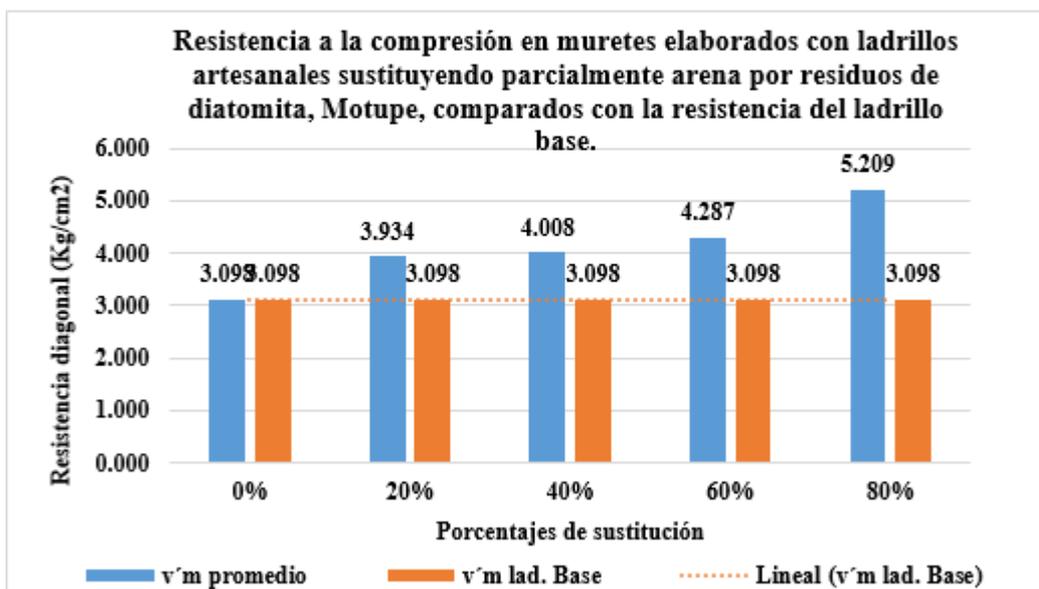
Resistencia a la compresión en muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con la resistencia propuesta en la norma E.070.



Nota: elaboración propia.

Figura 63.

Resistencia a la compresión en muretes fabricados con ladrillos artesanales según su porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con la resistencia del ladrillo base.



5.3. Contrastación de hipótesis

La aceptación o no de la hipótesis planteada en este trabajo de investigación se realizó un estudio numérico de la varianza (t student) haciendo uso del software Minitab 18 por estar trabajando con una cantidad de datos inferior a 30, con la finalidad de admitir la hipótesis nula (H_0) y desechar la hipótesis alternativa (H_1) o viceversa, teniendo en cuenta el valor de “p” (probabilidad) y el nivel de significancia (α) que para nuestro caso es del 5%, es decir, $\alpha = 0.05$, de manera que: si “p” < 0.05, rechazamos H_0 y si “p” > 0.05 aceptamos H_0 . Siendo el modelo lineal el que más se ajusta a los datos obtenidos y se probarán las hipótesis para los indicadores de resistencia y peso de los ladrillos producidos artesanalmente sustituyendo arena por residuos de diatomita, a fin de demostrar su cumplimiento ante la norma y para determinar el porcentaje de sustitución más óptimo. Para ello se plantearon como hipótesis de análisis las siguientes:

- H_0 : Existe similitud en los valores de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe con los de la norma

E.70 y una mejora de la resistencia en 5% y disminución del peso en 10% respecto de un ladrillo artesanal convencional.

- H1: No existe similitud en los valores de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe con los de la norma E.70 ni mejoras de la resistencia en 5% y disminución del peso en 10% respecto de un ladrillo artesanal convencional.

La hipótesis se analizó dos veces, primero se determinó si no hay similitud de los valores de los ensayos realizados a los ladrillos artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con los propuestos en la norma E.070 (MVCS, 2006), luego se realizó la comparación de los valores de los ensayos realizados a los ladrillos con porcentajes de sustitución con los valores de los ladrillos base para determinar si aumentó su resistencia en 5% y disminuyó su peso en 10%.

Del análisis de la hipótesis aumento de la resistencia en 5% mediante el Minitab 18, se obtuvo como valor de p de 0.983, siendo éste valor mayor al de significancia, por lo que se acepta la hipótesis Ho (tabla 000). En cuanto a la disminución del peso en 10% mediante el uso del software antes mencionado se obtuvo un valor de “p” de 0.976 el que al ser mayor que el valor de significancia se tendrá que aceptar la hipótesis Ho.

Tabla 48.

Prueba de hipótesis Ho: resistencia similar a lo especificado en la norma.

T de una muestra: RESISTENCIA
Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
5	68,15	9,31	4,16	77,03
μ : media de RESISTENCIA				
Prueba				
Hipótesis nula		H ₀ : $\mu = 55$		
Hipótesis alterna		H ₁ : $\mu < 55$		
Valor T		Valor p		
3,16		0,983		

Figura 64.

Resumen de los parámetros estadísticos de la variable resistencia.

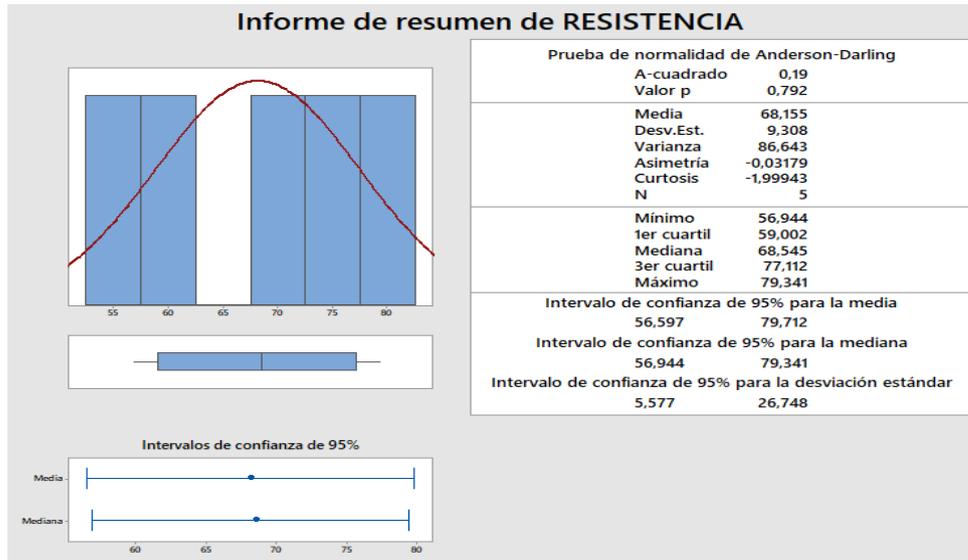


Tabla 49.

Prueba de hipótesis H_0 : el peso disminuye en 10% con respecto a un ladrillo base.

T de una muestra: PESO
Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Limite inferior de 95% para μ
5	3371	224	100	3157

μ : media de PESO

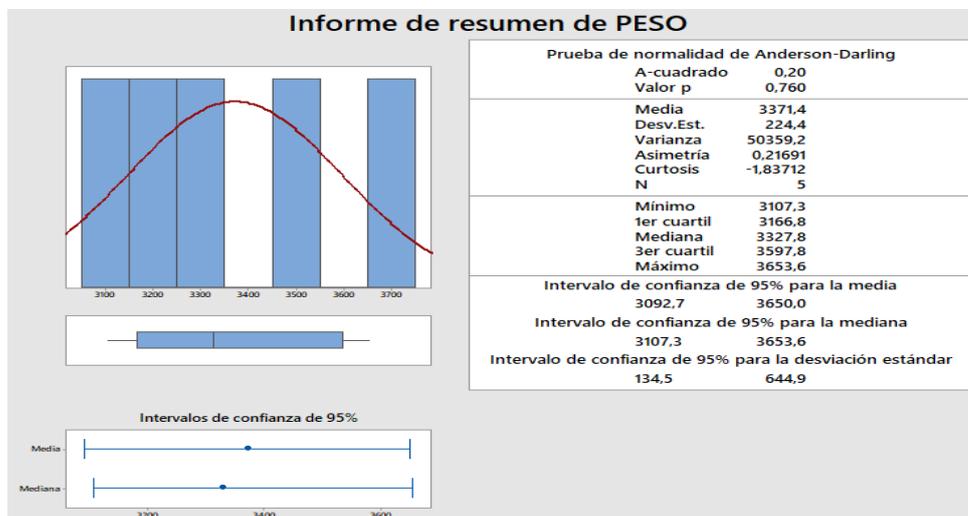
Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 3653,64$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 3653,64$

Valor T	Valor p
-2,81	0,976

Figura 65.



Resumen de los parámetros estadísticos de la variable peso.

Del análisis de contraste de las hipótesis se puede concluir que la hipótesis H_0 se puede aceptar para la mayoría de los ensayos realizados, salvo en el caso de la variación dimensional en lo referente a la altura, la succión, resistencia en pila y murete donde la hipótesis H_0 es rechazada. En el caso del aumento de la resistencia de los ladrillos fabricados artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con el ladrillo base, la hipótesis H_0 es aceptada plenamente. Finalmente, en el caso del peso de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, comparados con el ladrillo base, la hipótesis H_0 es aceptada parcialmente, pues se cumple solamente para los porcentajes de sustitución del 60 y 80%.

Como conclusión general de todo lo especificado, se plantea al 80% como el porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita, Motupe más óptimo para fabricar ladrillos artesanales, por presentar mejores características físicas y mecánicas.

CONCLUSIONES

Al evaluar los ladrillos artesanales con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, con el fin de determinar su cumplimiento ante la norma y al hacer la comparación con los valores obtenidos de un ladrillo base se esperaba que se obtengan mejoras en su resistencia a la compresión en un 5 % y una disminución de su peso en 10%. Luego de realizadas las pruebas de laboratorio y el análisis de los datos obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

La variación dimensional de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, en proporciones de 20, 40, 60 y 80% presentan valores de 3.696, 3.739, 3.750 y 4.130%, respectivamente, al ser comparados con un ladrillo nominal y valores que oscilan desde -0.70% y 2.29% al ser comparados con un ladrillo base o con 0% de sustitución.

El alabeo de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, en proporciones de 20, 40, 60 y 80% poseen valores de 2.86, 3.48, 4.00 y 3.93mm, respectivamente, clasificándose según estos valores en un ladrillo Tipo IV al ser comparado con la cuantía fijada en la norma E.070, mientras que al ser comparados con un ladrillo base, éstos presentan valores más bajos.

En cuanto a la absorción de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, en porcentajes del 0, 20, 40, 60 y 80% obtienen valores de 11.62, 12.49, 13.98, 15.56 y 16.69%, respectivamente, son significativamente inferiores a los fijados en la norma.

En lo referente al peso de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, se determinó que a mayor porcentaje de sustitución de arena por residuos de diatomita menor es el peso de las unidades. Además, al realizar la comparación con el peso de un ladrillo base se determinó que solo

los porcentajes de sustitución del 60% y 80% sobrepasan el 10% de disminución del peso planteado en la hipótesis.

En lo que respecta a la succión de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, se pudo determinar que todos los ladrillos producidos en este proyecto de investigación sobrepasan el valor estipulado en la norma, con valores de 64.22, 54.79, 48.75, 41.70 y 36.42 g/200cm²/min. frente a los 20 g/200cm²/min. normados. Además, se pudo determinar que los ladrillo con 20, 40, 60 y 80% de sustitución al ser comparados con un ladrillo base presentan valores más favorables.

La eflorescencia de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, no se hizo presente en ninguna de las unidades en el periodo de tiempo determinado para los ensayos.

Al calcular el peso específico de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe se pudo determinar que a mayor porcentaje de sustitución el valor del peso específico disminuye ligeramente.

La resistencia los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe es superior a lo estipulado en la norma E.070 calificando como un ladrillo de Tipo I según su fin estructural y como un King Kong artesanal por su resistencia característica, con valores de 56.944, 61.060, 68.545, 74.883 y 79.341 Kg/cm² para los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80%, respectivamente, así mismo, al hacer la comparación los valores obtenidos de los ladrillos con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80% de sustitución con respecto a los valores del ladrillo base, se determinó que éstos presentan un incremento del 7.229, 20.374, 31.504 y 39.332% en su resistencia.

En tanto al hacer mención de la resistencia en pila de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial de arena por residuos de diatomita, Motupe, se obtuvieron valores de 22.02, 23.38, 26.01, 27.53 y 29.65 Kg/cm² valores que están por debajo de lo estipulado en la norma. Y al hacer la comparación de resultados de los ladrillos con sustitución del 20, 40, 60 y 80% respecto al base se determinó que éstos poseen incrementos de 6.21, 18.13, 25.05 y 34.66 % en su resistencia axial en pilas.

Finalmente, en cuanto a la resistencia a la compresión en muretes de los ladrillos producidos artesanalmente con sustitución parcial arena por residuos de diatomita, Motupe, se determinó que los ladrillos con 0, 20, 40 y 60% de sustitución presentan valores de 3.098, 3.934, 4.008 y 4.287 Kg/cm² valores que se encuentran por debajo de 5.100 Kg/cm² estipulado en la norma y sólo los ladrillos con 80% de sustitución sobrepasan este valor con 5.209 Kg/cm². Al realizar a comparación de los valores de resistencia en murete de los ladrillos con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80% respecto al ladrillo base se determinó que éstos poseen un incremento de su resistencia en muretes, en porcentaje del 26.981, 29.355, 38.380 y 68.122, respectivamente.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

Se recomienda que al trabajar con los residuos de diatomita en estado seco se tengan los cuidados respectivos ya que por ser un material muy fino se pueden tener accidentes al tener contacto con los ojos, mucosas y piel, provocando molestias e irritaciones.

Recomiendo que para futuras investigaciones en las que se tenga como variable a los ladrillos artesanales antes de elaborar las unidades se dimensione el molde o adobera a fin de acercarse lo más posible a las dimensiones nominales para no tener variaciones dimensionales exageradas.

Sugiero que los residuos de diatomita se consideren como variable para la ejecución de nuevas tesis en la elaboración de cerámicos, pinturas, insecticidas naturales y otras aplicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Suarez, H. F., Blondet Navarrete , M. A., Flores Pezo, W. A., Larco Caro, K. L., & Trujillo Crispin , R. M. (2016). *Producción de ladrillos con efecto fotocatalizador a partir del dióxido de titanio* [Trabajo de investigación, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola. http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9013/1/2016_Ayala-Suarez.pdf
- Ruiz Paredes , H. F. (2016). *Elaboración de concreto utilizando residuos de diatomita obtenidos de la cervecería Backus y Johnston - Planta Motupe* [Tesis de licenciatura, Universidad Santo Toribio de Mogrobejo].
- Alonso, C. A., & Damelio Recarte, G. (2018). *Caracterización de la producción artesanal de ladrillo en la provincia de La Pampa* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de La Pampa - Argentina]. Repositorio de la Universidad Nacional de La Pampa - Argentina. http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/a_alocar396.pdf
- Arrieta Freyre, J., & Peñaherrera Deza, E. (2001). *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibratoria* [Investigación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. <http://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/E01A.pdf>
- Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú. (2017, 27 de Setiembre). *Evolución de los ladrillos en el Peru*. <https://www.universidadperu.com/empresas/asociacion-ladrillera-de-ceramicos-del-peru-alacep.php>
- Bahena Martínez, F. N., Corral Avitia , A., Juárez López , A. L., Rosas Acevedo, J. L., Reyes Umaña, M., & Bedolla Solano , R. (2019, 28 de Octubre). Estudio socioambiental del sector ladrillero artesanal en el municipio de Coyuca de

- Benítez, Guerrero. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 16, 7-19. Obtenido de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cienciafrontera/article/view/3596>
- Barranzuela Lescano, J. (2014). *Procesos productivos de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio de la Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1755>
- Bianucci , M. A. (2009). *Ladrillo - orígenes y desarrollo*. Universidad Nacional del Nordeste UNNE. <https://www.buenastareas.com/ensayos/El-Ladrillo-2009/78337090.html>
- Blanco Aguilar, S. R. (2018). *Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Ladrillo Artesanal Producido en el Sector Cruz Verde, Distrito Bambamarca, Cajamarca- 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28339>
- Caballero Melgar , P. G., & Zuni Rosado , D. E. (2017). *Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5076/MTcamepg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera La Rosa, A. (1963). *Minerales no Metálicos. I. Bentonitas. II. Diatomitas*. Ministerio de Fomento y Obras Públicas. <https://www.econbiz.de/Record/minerales-no-metalicos-1-bentonitas-2-diatomitas-cabrera-rosa-augusto/10003507613>
- Castillo, L. (2005). *Análisis documental*. <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>

- Chicchón Saldaña , J. M., & Rivasplata Samamé, L. F. (2020). *Características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla King Kong del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, región Lambayeque* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3410>
- Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI. (2013). *Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería* (Segunda ed.).
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. (2010). *NTP 400.017 Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados*. CONCYTEC.
- Cubas Luna, C. (2017). *Determinación de las Propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1105>
- Del ángel Salgado, A. (2015). *Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomeas* [Tesis de licenciatura, Universidad Mexicana del Bicentenario]. Repositorio de la Universidad Mexicana del Bicentenario. <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/46/130/46130352.pdf>
- Díaz Pacheco, L. M. (2015). *Capacidad maxima de la albanileria confinada con unidades de arcilla calcinada* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín

- de Arequipa]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/198>
- Dirección General de Desarrollo Minero. (2017). *Perfil de mercado de la diatomita*. Secretaría de economía de los Estados Unidos Mexicanos, Sub secretaría de Mina. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287797/Perfil_Diatomita_2017.pdf
- Eco Inventos. (2019, mayo). *El ladrillo del futuro*. <https://ecoinventos.com/blac-brick-el-ladrillo-del-futuro-barato-no-contamina-y-es-negro/>
- Envira Ingenieros Asesores. (2020, 27 de Marzo). *Norma ISO 14001*. <https://envira.es/es/la-norma-iso-14001-sirve/>
- Escuela Europea de Excelencia. (2015). *Norma ISO 14001*, de <https://www.nueva-iso-14001.com/quienes-somos/>
- Espillico Quispe, E. (2019). *Elaboración de ladrillos a partir de lodos generados por las plantas de tratamiento de agua potable y el uso en la construcción* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15691/Espillico_Quispe_Edgar.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Fernández Burga, W. (2018). *Influencia de la variación de la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal del caserío de agamarca, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27363>
- Fernández Ponce, M. D. (2019). *Propuesta de modelo de integración de los sistemas de gestión ambiental ISO 14001:2015 y gestión de la energía ISO 50001:2011*

[Título de Licenciatura, Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar]. Repositorio de la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48539/3560901064791UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gallegos Vargas, H. (2005). *Albañilería estructural*.

<https://www.pucp.edu.pe/profesor/hector-gallegos-vargas/publicaciones/>

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gálvez Izquierdo, E. I. (2015). *Elaboración de unidades de albañilería con diatomita para la construcción de muros de tabiquería y muros portantes en el distrito de Lambayeque* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <https://es.scribd.com/document/378666714/Lista-de-tesis-xlsx>

García Andreu, C, Saval Pérez, J, Baeza Brotons, F, y Tenza Abril, A. (2009). *GRANULOMETRÍA I* [Guía de práctica de materiales de construcción, Universidad de Alicante]. Repositorio de la Universidad de Alicante Alicante. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10998/3/Pr%C3%A1ctica%20N%C2%BA%203%20_Granulometria%20I_.pdf

García León, RA Flórez Solano, E y Medina Cárdenas, Y. (2018, 11 de noviembre). *Caracterización física de las arcillas utilizadas en la fabricación de productos de mampostería para la construcción en Ocaña Norte de Santander*. *Espacios*, 39 (53). <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-06.pdf>

Gonzaga Alemán, X. (2019). *Evaluación de catalizadores heterogéneos de fentan basados en cobalto, hierro y manganeso, soportados sobre un sustrato de*

diatomita, para la degradación de bromacil presente en agua [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio de la Universidad de Costa Rica.

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/9102/1/44216.pdf>

Guadalupe Huamán, J. Y. (2019). *Diseño de ladrillo artesanal con vidrio triturado y puzolana para mejorar sus propiedades físico - mecánicas* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio de la Universidad Peruana los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/796>

Guerrero Gómez, G., Espinel Blanco, E., & Sánchez Acevedo, H. G. (2017). Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales. *Tecnura*, 21 (51), 118-131. <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/issue/view/818>

Hernández Archila, R. (2018). *La arena*. http://pep.ieepo.oaxaca.gob.mx/recursos/multimedia/rocas_minerales/publicaciones/arena.htm

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edición ed.). Mc Graw Hill.

Huerta, D. (2010, 8 de Octubre). *Qué es la diatomita*. <https://davidhuerta.typepad.com:https://davidhuerta.typepad.com/blog/2010/10/diatomita-que-es-y-cuales-son-sus-principales-usos.html>

Instituto Geológico y Minero de España. (2019). *¿Qué es la diatomita?* http://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/DIATOMITA%202016-PM_2017pdf

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2005). *NTP 331.017 Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería*. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2005). *NTP 399.613 Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla usados en albañilería*. INDECOPI.

Lescano, J. B. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura* [Tesis de pregrado, Universidad de Pura]. Repositorio de la Universidad de Pura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf

Lulichac Sáenz, F. C. (2015). *Determinación de las propiedades físicas - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6652>

Marroquín Peña, R. (2012). *Metodología de la investigación* [Programa de titulación 2012, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzman y Valle]. http://www.une.edu.pe/Sesion04-Metodologia_de_la_investigacion.pdf

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Producción de diatomita en el Perú*. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&iu=sub

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/total/12.%20norma%20t%C3%A9cnica%20e.070%20alba%C3%B1iler%C3%ADa.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2017). *Ley General del Ambiente*.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Ministerio Federal para la Sostenibilidad y Turismo. (2018). *Datos mundiales mineros 2018: metales de aleación de hierro y ferro metales no ferrosos, metales preciosos, minerales industriales y combustibles minerales*. <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2018.pdf>
- Moreno G, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. <https://www.iberlibro.com/Ladrillo-Construccion-MORENO-CEAC/889105724/bd>
- Muñoz Tobar, F. P., Camargo Gaona, L. E., & Yambay Santamaría, B. D. (2020). *Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20679>
- Núñez Ruiz, K. A. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14775>
- Padilla Velázquez, R. R. (2018). *Relaciones de Fase en a Ingeniería Geotécnica Moderna* [Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://smig.org.mx/archivos/pdf/RelDeFase.pdf>
- Peralta Chocata, J. J., & Quispe Ccacya, E. (2019). *Ladrillo sílico calcáreo* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco]. <https://es.scribd.com/presentation/421502729/Ladrillo-silico-calcareo>

- Perú Construye. (2019, 14 de Noviembre). *Mercado del ladrillo: «Una lucha imparables contra la informalidad»*. <https://peruconstruye.net/2019/11/14/mercado-del-ladrillo-una-lucha-imparable-contra-la-informalidad/>
- Ramirez Carrión, J. (2019). *Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones*. [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/publicaciones/presentaciones/2011/no%20metalica/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20\(Peru%20ambiental\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/publicaciones/presentaciones/2011/no%20metalica/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20(Peru%20ambiental).pdf)
- Ramirez Carrión, J. (s.f.). *Diatomitas en el Perú. Características y aplicaciones*. (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico -INGEMMET,) [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/NO%20METALICA/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20\(Peru%20ambiental\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/NO%20METALICA/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20(Peru%20ambiental).pdf)
- RNE Norma E.070. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Saldarriaga Rangel, D. S. (2009). *Fabricación de ladrillos aislantes y revestimientos cerámicos con diatomitas de San Juan, Argentina* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio de la Universidad de Piura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1491/ING_473.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- San Bartolomé Ramos, Á. F., & Quiun Wong, D. R. (2010). *Diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada* [Trabajo de Investigación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.pe>

- Secretaría de Economía de los Estados Unidos Mexicanos. (2016). *Perfil de mercado de la diatomita*. Coordinación General de Desarrollo Minero. Obtenido de https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_diatomita_2014.pdf
- Serra Romero, F. M. (2019). *Unidades de Albañilería*. Universidad Tecnológica del Perú. <https://es.scribd.com/document/406851541/MDC-S09>
- Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2015). *Norma Técnica Peruana NTP 331.017*. <https://pdfcoffee.com/ntp-331017-unidades-de-albaileria-ladrillos-de-arcilla-requisitos-1-9-pdf-free.html>
- Shadow , R. D., & Rodriguez Shadow, M. J. (1992). *Las ladrilleras de Cholula: características demográficas y organización socioeconómica*. [Investigación, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://www.redalyc.org/pdf/747/74745547007.pdf>
- Somayaji, S. (2001). *Civil engineering materials*. <https://www.worldcat.org/title/civil-engineering-materials/oclc/45207876>
- Suquilanda Gamboa, F. A. (2019). *Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según Reglamento E- 070 de Albañilería- Lima 2018* [Tesis de licenciatura, Unversidad César Vallejo]. Repositorio de la Unversidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41558>
- Tapia Cabrera, C. (2015). *Evaluación de las características físicas - mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José del distrito de Baños del Inca - Cajamarca* [Tesis de licenciatura,

- Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/627>
- Torres Ocmín, S. R. (2020). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricados en la ciudad de Uquitos - 2020* [Tesis de bachiller, Universidad Científica del Perú]. Repositorio de la Universidad Científica del Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1182>
- Tresierra Aguilar, A. (2000). *Metodología de la investigación científica. Conocimiento, ciencia, método científico y realidad*. https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8634.
- Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A. (2018, 2 de Febrero). *Memoria anual 2018*. <https://www.bvl.com.pe/hhii/B30021/20190220232701/MEMORIA32ANUAL322018..PDF>
- Vásquez Montenegro, H. E. (2016). *Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/17020>
- Zea Osorio, N. L. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf
- Zúñiga Suárez, A. (2018). *Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de

Madrid]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Madrid

<https://oa.upm.es/52643/>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Tesis: Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe.

Tesista: Robert Guevara Dávila

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
¿Los resultados de la evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita son equivalentes a los de la norma E.070 permitiéndonos proponer una proporción de sustitución?	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita con la finalidad de conocer si cumple con la norma E.070 Albañilería y proponer una proporción de sustitución óptima.</p>	<p>Ho: Al evaluar el ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita se obtienen valores similares a lo estipulado en la norma E.070 y se tiene un aumento del 5% en su resistencia y una disminución de peso del 10% comparado con un ladrillo artesanal convencional.</p>	<p>Técnicas</p> <p>Observación en campo Ensayos de laboratorio</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la variación dimensional, alabeo, eflorescencia, peso específico, absorción, succión y resistencia a la compresión simple, en pila y murete de los ladrillos artesanales con porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80%, así como, los ladrillos base con 0% de sustitución. - Comparar los parámetros físicos y mecánicos de los ladrillos artesanales con los porcentajes de sustitución del 20, 40, 60 y 80% con los valores propuestos en la Norma E.070 y los ladrillos base con 0% sustitución. - Determinar el porcentaje de sustitución más óptimo para la elaboración de ladrillo artesanales sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita. 		<p>Instrumentos</p> <p>Cuaderno de campo Hojas de cálculo</p>

Anexo N° 2. Panel fotográfico

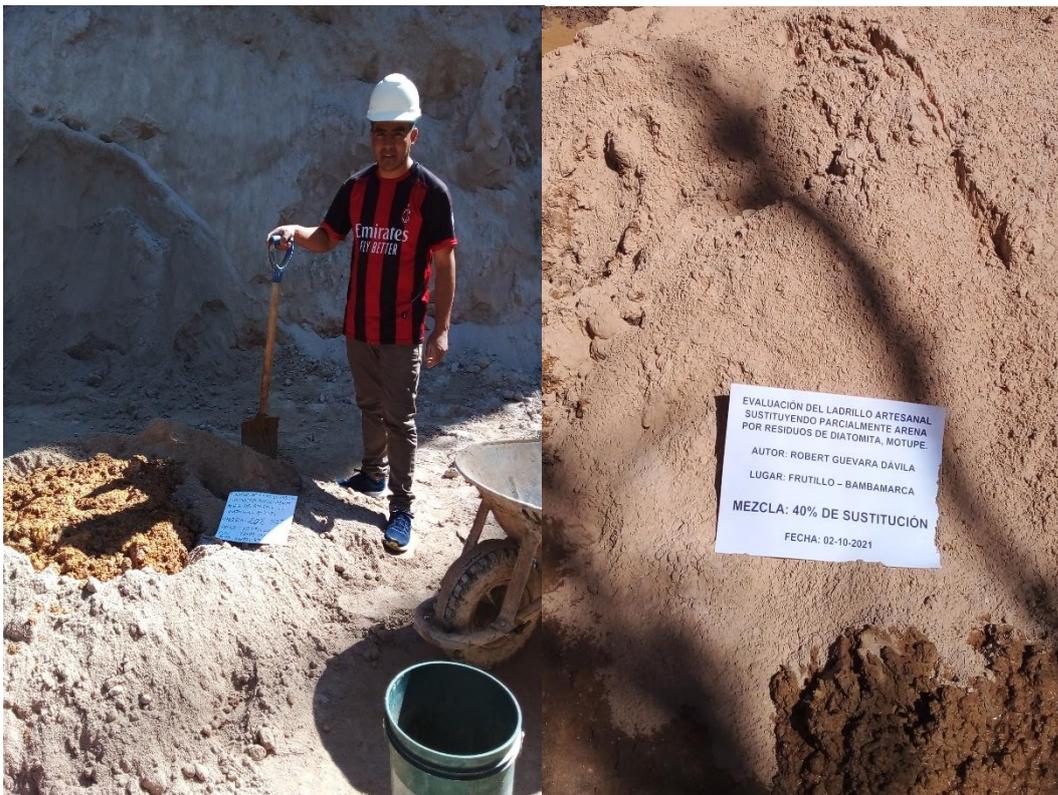
Fotografía 1. Extracción de los residuos de diatomita Motupe.



Fotografía 2. Extracción de arena y arcilla, C.P. El Frutillo, distrito de Bambamarca.



Fotografía 3. Preparación del lodo para la fabricación de los ladrillos.



Fotografía 4. Amoldado de los ladrillos.



Fotografía 5. Secado de los ladrillos.



Fotografía 6. Quema de los ladrillos.



Fotografía 7. Ensayo de variación dimensional de los ladrillos.



Fotografía 8. Ensayo de alabeo de los ladrillos.



Fotografía 9. Ensayo de absorción de los ladrillos, secado de las muestras.



Fotografía 10. Ensayo de succión de los ladrillos.



Fotografía 11. Ensayo de eflorescencia de los ladrillos, inmersión de las muestras.



Fotografía 12. Ensayo de peso específico de los ladrillos, pesado de muestras.



Fotografía 13. Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos



Fotografía 14. Ensayo de resistencia a la compresión en pila, elaboración de muestras.



Fotografía 15. Ensayo de resistencia a la compresión en pila, ruptura de muestras.



Fotografía 14. Ensayo de resistencia a la compresión en murete, elaboración de muestras.



Fotografía 15. Ensayo de resistencia a la compresión en murete, ruptura de las muestras.



Anexo N° 3. Resultados de los ensayos de laboratorio.

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613,	
	PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.	
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	220.00	218.00	221.00	221.00	221.00	216.00	218.50	222.00	223.00	221.00
L2 (mm)	220.00	218.00	219.00	220.00	221.00	216.00	218.00	219.00	225.00	221.00
L3 (mm)	220.00	218.00	221.00	221.00	222.00	214.00	219.00	222.50	223.50	222.00
L4 (mm)	220.00	219.00	219.00	220.00	220.00	216.00	219.50	221.50	221.50	222.00
Promedio	220.00	218.25	220.00	220.50	221.00	215.00	218.75	221.25	223.25	221.50
Promedio										219.95
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	130.50	130.00	131.00	131.00	134.00	133.00	131.00	132.00	131.00	133.00
A2 (mm)	130.00	130.50	131.00	131.00	133.00	129.50	132.50	130.50	130.00	132.00
A3 (mm)	130.00	131.50	130.00	130.00	131.00	130.00	129.50	131.50	130.00	131.50
A4 (mm)	131.50	131.00	130.50	130.00	131.00	132.00	131.50	128.50	131.00	130.00
Promedio	130.50	130.75	130.63	130.50	132.25	131.13	131.13	130.63	130.50	131.63
Promedio										130.9625
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	72.50	73.00	76.00	73.00	74.00	73.00	75.50	75.00	74.00	75.00
H2 (mm)	73.50	75.00	75.00	74.00	74.00	74.00	75.50	73.00	75.00	75.00
H3 (mm)	72.50	74.00	75.00	73.00	74.00	74.00	74.50	74.00	74.00	74.00
H4 (mm)	73.00	75.00	75.00	73.50	74.00	75.00	75.50	76.00	74.00	75.00
Promedio	72.88	74.25	75.25	73.38	74.00	74.00	75.25	74.50	74.25	74.75
Promedio										74.250

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)
Largo	220.0	230.00	4.37
Ancho	131.0	130.00	-0.74
Altura	74.3	90.00	17.50

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		24/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		24/10/2021


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PROTOCOLO			
ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613,		
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DÍAS	REVISADO POR:	G.R.R

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	223.00	223.00	221.00	221.00	221.00	222.00	221.50	222.00	221.00	220.00
L2 (mm)	222.00	221.50	222.00	222.00	220.00	223.00	223.00	221.00	223.00	220.00
L3 (mm)	221.00	221.00	221.00	223.00	220.00	221.00	220.00	221.50	222.00	221.00
L4 (mm)	221.00	220.00	221.00	224.00	221.00	221.00	221.00	221.50	224.00	221.00
Promedio	221.75	221.38	221.25	222.50	220.50	221.75	221.38	221.50	222.50	220.50
Promedio										221.500
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	134.00	130.00	130.00	130.00	131.00	133.00	129.00	129.50	129.00	130.00
A2 (mm)	133.00	129.00	130.00	130.00	131.00	132.50	130.00	129.50	129.00	130.00
A3 (mm)	131.00	131.00	132.00	130.00	130.50	131.00	129.50	129.50	129.00	129.00
A4 (mm)	131.00	131.00	132.00	130.00	130.00	131.00	130.00	129.00	129.00	130.00
Promedio	132.25	130.25	131.00	130.00	130.63	131.88	129.63	129.38	129.00	129.75
Promedio										130.375
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	72.00	75.00	71.00	73.00	73.00	73.00	76.00	73.00	74.00	74.00
H2 (mm)	73.00	76.00	71.00	73.00	73.00	74.00	75.00	72.00	74.00	74.00
H3 (mm)	72.00	74.00	71.00	74.00	74.00	73.00	75.00	72.00	75.00	75.00
H4 (mm)	73.00	74.00	72.00	74.00	73.00	73.00	75.00	72.00	75.00	76.00
Promedio	72.50	74.75	71.25	73.50	73.25	73.25	75.25	72.25	74.50	74.75
Promedio										73.525

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)
Largo	221.5	230.00	3.70
Ancho	130.4	130.00	-0.29
Altura	73.5	90.00	18.31

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		24/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		24/10/2021


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIPN° 77267

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PROTOCOLO			
ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613,		
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	222.00	221.00	221.00	222.00	223.00	222.50	221.50	221.50	222.50	223.00
L2 (mm)	222.00	221.00	221.00	222.00	222.50	222.50	221.50	221.50	222.50	223.50
L3 (mm)	221.00	222.00	222.00	222.00	223.00	211.50	222.50	222.50	222.00	222.50
L4 (mm)	221.00	220.00	220.00	222.00	223.00	211.50	221.00	221.00	222.50	223.00
Promedio	221.50	221.00	221.00	222.00	222.88	217.00	221.63	221.63	222.38	223.00
Promedio										221.400
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	130.00	131.00	130.00	131.00	131.00	131.00	132.00	129.00	130.00	130.00
A2 (mm)	129.50	132.00	131.00	132.00	130.00	130.00	131.00	130.00	131.00	129.00
A3 (mm)	129.00	132.00	134.00	131.00	130.00	129.50	130.00	131.00	130.00	129.00
A4 (mm)	130.00	131.00	133.00	133.00	131.00	129.50	130.00	132.00	132.00	129.50
Promedio	129.63	131.50	132.00	131.75	130.50	130.00	130.75	130.50	130.75	129.38
Promedio										130.675
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	74.00	75.00	74.00	74.00	74.00	75.00	76.50	75.00	75.00	75.00
H2 (mm)	73.00	75.00	76.00	74.00	74.00	76.00	76.00	75.00	75.00	76.00
H3 (mm)	74.00	73.00	74.00	72.00	74.00	75.00	73.50	75.00	73.00	75.00
H4 (mm)	74.00	74.00	75.00	73.00	74.00	75.00	74.50	76.00	74.00	74.50
Promedio	73.75	74.25	74.75	73.25	74.00	75.25	74.88	75.25	74.25	75.50
Promedio										74.513

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)
Largo	221.40	230.00	3.74
Ancho	130.68	130.00	-0.52
Altura	74.51	90.00	17.21

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		24/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		24/10/2021


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIB N° 17263

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613,	
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	221.00	220.00	220.00	220.00	220.00	222.00	221.00	222.00	221.00	220.00
L2 (mm)	220.00	220.00	220.00	220.00	220.00	221.00	221.00	222.00	221.00	221.00
L3 (mm)	222.00	221.00	223.00	222.00	221.00	223.00	222.00	224.00	223.00	222.00
L4 (mm)	222.00	220.00	223.00	222.00	220.00	223.00	221.00	224.00	223.00	221.00
Promedio	221.25	220.25	221.50	221.00	220.25	222.25	221.25	223.00	222.00	221.00
Promedio										221.375
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	135.00	131.00	133.00	132.00	129.00	134.00	130.00	132.00	131.00	128.00
A2 (mm)	134.00	132.00	133.00	130.00	129.00	133.00	132.00	132.00	129.00	128.00
A3 (mm)	131.00	129.00	130.00	131.00	131.00	130.00	128.00	129.00	130.00	130.00
A4 (mm)	132.00	130.00	132.00	131.00	129.00	131.00	129.00	131.00	130.00	128.00
Promedio	133.00	130.50	132.00	131.00	129.50	132.00	129.75	131.00	130.00	128.50
Promedio										130.725
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	71.00	71.00	72.00	71.00	73.00	72.00	72.00	73.00	72.00	74.00
H2 (mm)	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	73.00	73.00	73.00	73.00	73.00
H3 (mm)	73.00	72.00	72.00	72.00	73.00	74.00	73.00	73.00	73.00	74.00
H4 (mm)	73.00	71.00	72.00	72.00	73.00	74.00	72.00	73.00	73.00	74.00
Promedio	72.25	71.50	72.00	71.75	72.75	73.25	72.50	73.00	72.75	73.75
Promedio										72.550

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)
Largo	221.4	230.00	3.75
Ancho	130.7	130.00	-0.56
Altura	72.6	90.00	19.39

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		24/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		24/10/2021


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erhin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613,	
	PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.	
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	220.00	221.00	221.00	220.00	220.00	221.00	220.00	222.00	219.00	221.00
L2 (mm)	220.00	220.00	221.00	220.00	221.00	221.00	219.00	222.00	219.00	222.00
L3 (mm)	221.00	220.00	220.00	221.00	222.00	222.00	219.00	221.00	220.00	223.00
L4 (mm)	221.00	219.00	220.00	220.00	220.00	222.00	218.00	221.00	219.00	221.00
Promedio	220.50	220.00	220.50	220.25	220.75	221.50	219.00	221.50	219.25	221.75
Promedio										220.500
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	133.00	131.00	133.00	132.00	130.00	132.00	132.00	132.00	133.00	129.00
A2 (mm)	132.00	130.00	132.00	132.00	133.00	131.00	131.00	131.00	133.00	132.00
A3 (mm)	131.00	129.00	130.00	130.00	131.00	130.00	130.00	129.00	131.00	130.00
A4 (mm)	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	129.00	131.00	129.00	131.00	129.00
Promedio	131.50	130.00	131.25	131.00	131.00	130.50	131.00	130.25	132.00	130.00
Promedio										130.85
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	72.00	74.00	73.00	73.00	72.00	73.00	73.00	74.00	72.00	73.00
H2 (mm)	73.00	73.00	72.00	73.00	72.00	74.00	72.00	73.00	72.00	73.00
H3 (mm)	73.00	73.00	72.00	73.00	72.00	74.00	72.00	73.00	72.00	73.00
H4 (mm)	73.00	73.00	73.00	73.00	73.00	74.00	72.00	74.00	72.00	74.00
Promedio	72.75	73.25	72.50	73.00	72.25	73.75	72.25	73.50	72.00	73.25
Promedio										72.85

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)
Largo	220.5	230.00	4.13
Ancho	130.9	130.00	-0.65
Altura	72.9	90.00	19.06

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		24/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		24/10/2021


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 7267

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS										
PROTOCOLO										
ENSAYO	ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS									
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.613									
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.									
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	10							
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	10							
FECHA DE ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R							
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R							
ALABEO DE LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Cóncava (mm)	1.02	1.35	1.42	1.40	1.88	1.46	2.88	3.71	1.25	0.99
Sup. Convexa (mm)	0.59	0.42	1.19	1.07	1.39	1.09	1.43	1.55	0.31	0.52
ALABEO DE LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Cóncava (mm)	1.08	0.75	1.21	1.11	2.86	1.90	1.47	1.61	2.49	1.59
Sup. Convexa (mm)	0.16	0.49	0.88	0.70	1.47	1.41	1.45	1.28	1.21	0.78
ALABEO DE LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Cóncava (mm)	3.48	2.88	2.09	1.33	1.18	2.25	1.78	2.19	1.88	1.74
Sup. Convexa (mm)	0.50	0.48	0.31	0.48	0.60	0.21	0.33	0.46	0.48	0.36
ALABEO DE LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Cóncava (mm)	4.00	3.30	0.66	1.40	3.42	2.79	1.90	1.26	1.39	0.87
Sup. Convexa (mm)	2.24	1.98	0.15	0.39	1.91	2.36	0.51	0.42	0.12	0.08
ALABEO DE LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Cóncava (mm)	2.11	2.75	3.01	3.87	3.93	3.37	1.62	1.58	2.10	2.90
Sup. Convexa (mm)	0.71	0.72	1.93	2.84	0.62	0.74	0.66	0.29	0.79	0.70
OBSERVACIONES:										
RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS		FIRMA	FECHA						
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN			27/10/2021						
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN			27/10/2021						


LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	ENSAYO ABSORCIÓN DE LADRILLOS	
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613	
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	25
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRAS:	M1, M2, M3, M4, M5
FICHA DEL ENSAYO:	Oct-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DÍAS	REVISADO POR:	G.R.R

ABSORCIÓN DE LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN			
MUESTRA	Peso (g)		Absorción (%)
	Seco	Saturado (24hrs)	
M1	3636.17	4051.07	11.41
M2	3685.03	4102.39	11.33
M3	3718.95	4149.24	11.57
M4	3685.24	4111.51	11.57
M5	3692.47	4143.03	12.20
PROMEDIO			11.62

ABSORCIÓN DE LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN			
MUESTRA	Peso (g)		Absorción (%)
	Seco	Saturado (24hrs)	
M1	3604.01	4043.12	12.18
M2	3599.12	4028.02	11.92
M3	3637.05	4085.96	12.34
M4	3587.87	4019.43	12.03
M5	3512.23	4003.97	14.00
PROMEDIO			12.49

ABSORCIÓN DE LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN			
MUESTRA	Peso (g)		Absorción (%)
	Seco	Saturado (24hrs)	
M1	3318.16	3818.17	15.07
M2	3388.24	3875.23	14.37
M3	3363.47	3804.37	13.11
M4	3403.07	3872.06	13.78
M5	3339.56	3793.45	13.59
PROMEDIO			13.98

ABSORCIÓN DE LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN			
MUESTRA	Peso (g)		Absorción (%)
	Seco	Saturado (24hrs)	
M1	3236.25	3727.11	15.17
M2	3279.85	3726.49	13.62
M3	3234.19	3780.07	16.88
M4	3236.47	3761.02	16.21
M5	3241.25	3757.25	15.92
PROMEDIO			15.56

ABSORCIÓN DE LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN			
MUESTRA	Peso (g)		Absorción (%)
	Seco	Saturado (24hrs)	
M1	3127.19	3653.32	16.82
M2	3163.37	3662.58	15.78
M3	3192.54	3698.62	15.85
M4	3127.63	3629.65	16.05
M5	3102.47	3689.43	18.92
PROMEDIO			16.69

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		30/10/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		30/10/2021


 LABORATORIO DE INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 LABORATORIO DE INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


 LABORATORIO DE INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
PROTOCOLO			
ENSAYO	SUCCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019 Y NTP 399.613		
PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	25
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRA:	M1, M2, M3, M4, M5
FICHA DEL ENSAYO:	Nov-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

SUCCIÓN DE LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN						
MUESTRA	L prom. (cm)	A prom. (cm)	Area (cm ²)	P _{su} (g)	P _{se} (g)	Succión
M1	21.90	13.05	285.80	3729.47	3636.07	65.36
M2	22.12	13.21	292.21	3776.23	3685.03	62.42
M3	21.02	13.15	276.41	3807.87	3718.95	64.34
M4	22.15	13.08	289.72	3776.08	3685.24	62.71
M5	21.78	13.15	286.41	3787.35	3692.47	66.26
<i>Promedio</i>						64.22

SUCCIÓN DE LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN						
MUESTRA	L prom. (cm)	A prom. (cm)	Area (cm ²)	P _{su} (g)	P _{se} (g)	Succión
M1	22.05	13.03	287.31	3689.12	3604.07	59.20
M2	22.27	13.43	299.09	3679.04	3599.12	53.44
M3	22.49	12.97	291.70	3717.07	3637.21	54.76
M4	21.98	13.08	287.50	3661.35	3587.97	51.05
M5	22.12	13.28	293.75	3672.87	3591.34	55.51
<i>Promedio</i>						54.79

SUCCIÓN DE LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN						
MUESTRA	L prom. (cm)	A prom. (cm)	Area (cm ²)	P _{su} (g)	P _{se} (g)	Succión
M1	22.15	12.96	287.06	3389.46	3318.13	49.70
M2	22.10	13.15	290.62	3465.73	3388.17	53.38
M3	22.21	13.20	293.17	3435.92	3363.38	49.49
M4	22.28	13.18	293.65	3470.31	3403.16	45.73
M5	22.10	13.09	289.29	3405.18	3339.46	45.44
<i>Promedio</i>						48.75

SUCCIÓN DE LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN						
MUESTRA	L prom. (cm)	A prom. (cm)	Area (cm ²)	P _{su} (g)	P _{se} (g)	Succión
M1	22.13	13.30	294.33	3354.79	3279.83	50.94
M2	22.03	13.05	287.49	3306.51	3236.45	48.74
M3	22.15	13.20	292.38	3294.47	3234.23	41.21
M4	22.10	13.10	289.51	3286.53	3236.41	34.62
M5	22.03	12.95	285.29	3288.34	3241.28	32.99
<i>Promedio</i>						41.70

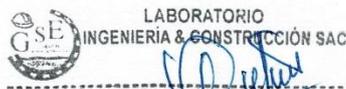
SUCCIÓN DE LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN						
MUESTRA	L prom. (cm)	A prom. (cm)	Area (cm ²)	P _{su} (g)	P _{se} (g)	Succión
M1	22.05	13.15	289.96	3172.23	3127.19	31.07
M2	22.00	13.02	286.44	3213.25	3163.37	34.83
M3	22.03	13.13	289.25	3262.47	3192.54	48.35
M4	22.08	13.10	289.25	3177.76	3127.63	34.66
M5	22.15	13.07	289.50	3150.54	3102.47	33.21
<i>Promedio</i>						36.42

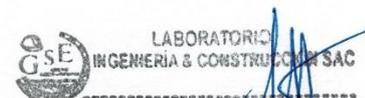
OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		3/11/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		3/11/2021

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROTOCOLO					
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS					
NORMAS NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019 Y NTP 399.604					
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.					
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ		TAMAÑO DE MUESTRA:	25	
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA		MUESTRA:	M1, M2, M3, M4, M5	
FICHA DEL ENSAYO:	Nov-21		RESPONSABLE:	H.C.R	
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS		REVISADO POR:	G.R.R	
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS CON 0 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso especifico seco	Peso especifico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3604.00	4043.00	1923.00	1.70	1.91
M2	3592.00	4028.00	1933.00	1.71	1.92
M3	3667.00	4086.00	1954.00	1.72	1.92
M4	3719.00	4149.00	2039.00	1.76	1.97
M5	3512.00	4004.00	1913.00	1.68	1.91
PROMEDIO				1.72	1.93
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS CON 20 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso especifico seco	Peso especifico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3636.00	4051.00	1938.00	1.72	1.92
M2	3685.00	4102.00	1959.00	1.72	1.91
M3	3586.00	4019.00	1918.00	1.71	1.91
M4	3685.00	4111.00	1866.00	1.64	1.83
M5	3693.00	4143.00	1986.00	1.71	1.92
PROMEDIO				1.70	1.90
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS CON 40 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso especifico seco	Peso especifico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3318.00	3838.00	1757.00	1.59	1.84
M2	3388.00	3905.00	1778.00	1.59	1.84
M3	3363.00	3854.00	1736.00	1.59	1.82
M4	3279.00	3716.00	1739.00	1.66	1.88
M5	3339.00	3853.00	1739.00	1.58	1.82
PROMEDIO				1.60	1.84
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS CON 60 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso especifico seco	Peso especifico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3236.00	3777.00	1670.00	1.54	1.79
M2	3403.00	3912.00	1786.00	1.60	1.84
M3	3234.00	3790.00	1687.00	1.54	1.80
M4	3236.00	3791.00	1685.00	1.54	1.80
M5	3241.00	3747.00	1680.00	1.57	1.81
PROMEDIO				1.56	1.81
PESO ESPECIFICO DE LOS LADRILLOS CON 80 % DE SUSTITUCIÓN					
MUESTRA	Peso (g)			Peso especifico seco	Peso especifico saturado superficie seco
	Seco	Saturado superficie seca	sumergido		
M1	3227.00	3753.00	1678.00	1.56	1.81
M2	3263.00	3762.00	1705.00	1.59	1.83
M3	3292.00	3788.00	1719.00	1.59	1.83
M4	3227.00	3729.00	1661.00	1.56	1.80
M5	3302.00	3789.00	1718.00	1.59	1.83
PROMEDIO				1.58	1.82
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS			FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN				7/11/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN				7/11/2021


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77067

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS									
PROCOLO									
COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA									
NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP. 399.613 Y NTP 399.604									
EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.									
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ			TAMAÑO DE MUESTRA:	25				
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA			MUESTRA:	M1, M2, M3, M4, M5				
FICHA DEL ENSAYO:	Nov-21			RESPONSABLE:	H.C.R				
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS			REVISADO POR:	G.R.R				
MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M 1 - 0 % S	22.000	13.200	290.400	16330.752	56.235	5.515	59.798	2.854	56.944
M 2 - 0 % S	22.000	13.000	286.000	17264.812	60.366	5.920			
M 3 - 0 % S	21.900	13.100	286.890	17350.468	60.478	5.931			
M 4 - 0 % S	22.500	13.000	292.500	18667.941	63.822	6.259			
M 5 - 0 % S	22.000	13.200	290.400	16869.162	58.089	5.697			
M 1 - 20 % S	22.100	13.100	289.510	18284.528	63.157	6.194	64.108	3.047	61.060
M 2 - 20 % S	22.200	13.050	289.710	18574.127	64.113	6.287			
M 3 - 20 % S	22.100	13.100	289.510	19004.447	65.643	6.437			
M 4 - 20 % S	22.400	12.950	290.080	17319.876	59.707	5.855			
M 5 - 20 % S	22.500	13.000	292.500	19866.107	67.918	6.661			
M 1 - 40 % S	22.100	13.000	287.300	21098.944	73.439	7.202	70.685	2.140	68.545
M 2 - 40 % S	22.000	13.000	286.000	19562.232	68.399	6.708			
M 5 - 40 % S	22.200	13.000	288.600	20895.001	72.401	7.100			
M 5 - 40 % S	22.300	13.100	292.130	20417.774	69.893	6.854			
M 5 - 40 % S	22.050	13.000	286.650	19863.048	69.294	6.795			
M 1 - 60 % S	22.200	13.000	288.600	24651.634	85.418	8.377	80.064	5.181	74.883
M 2 - 60 % S	22.000	13.100	288.200	24578.215	85.282	8.363			
M 3 - 60 % S	22.000	13.000	286.000	21608.802	75.555	7.409			
M 4 - 60 % S	22.000	13.000	286.000	21309.005	74.507	7.307			
M 5 - 60 % S	22.000	12.900	283.800	22578.552	79.558	7.802			
M 1 - 80 % S	22.000	12.850	282.700	23032.325	81.473	7.990	81.804	2.463	79.341
M 2 - 80 % S	22.100	13.300	293.930	24782.158	84.313	8.268			
M 3 - 80 % S	22.000	13.000	286.000	22554.079	78.860	7.734			
M 4 - 80 % S	22.100	13.000	287.300	24218.255	84.296	8.267			
M 5 - 80 % S	22.200	13.200	293.040	23465.705	80.077	7.853			
OBSERVACIONES:									
RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS			FIRMA			FECHA		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN						10/11/2021		
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN						10/11/2021		


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS											
PROTOCOLO											
COMPRESIO EN PILA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA											
NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.6013, NTP 399.605 Y NTP 399.604											
EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.											
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ					TAMAÑO DE MUESTRA:	25				
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA					MUESTRA:	M1, M2, M3, M4, M6				
FICHA DEL ENSAYO:	Nov-21					RESPONSABLE:	H.C.R				
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS					REVISADO POR:	G.R.R				
MUESTRA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbeltez	Factor	P (Kg-f)	f _m inic.	f _m corr.	Des.	f _m fin.
M 1 - 0 % S	21.95	13.10	28.25	287.55	2.16	0.75	8914.36	31.00	23.31	0.798	22.02
M 2 - 0 % S	22.00	13.00	28.20	286.00	2.17	0.75	8817.48	30.83	23.24		
M 3 - 0 % S	22.00	13.20	28.20	290.40	2.14	0.75	8487.10	29.23	21.89		
M 1 - 20 % S	22.10	13.10	28.10	289.51	2.15	0.75	9684.24	33.45	25.10	0.863	23.38
M 2 - 20 % S	22.20	13.00	28.10	288.60	2.16	0.75	9302.87	32.23	24.26		
M 3 - 20 % S	22.15	13.10	28.15	290.17	2.15	0.75	9032.64	31.13	23.37		
M 1 - 40 % S	22.20	13.00	28.15	288.60	2.17	0.75	10456.17	36.23	27.29	0.594	26.01
M 2 - 40 % S	22.30	13.10	28.10	292.13	2.15	0.75	10216.53	34.97	26.24		
M 3 - 40 % S	22.10	13.00	28.20	287.30	2.17	0.75	10016.67	34.86	26.28		
M 1 - 60 % S	22.10	13.20	28.15	291.72	2.13	0.75	10980.30	37.64	28.18	0.342	27.53
M 2 - 60 % S	22.20	12.90	28.10	286.38	2.18	0.75	10596.89	37.00	27.94		
M 3 - 60 % S	22.30	13.10	28.05	292.13	2.14	0.75	10715.18	36.68	27.50		
M 1 - 80 % S	22.30	13.20	28.10	294.36	2.13	0.75	12658.75	43.00	32.17	1.216	29.65
M 2 - 80 % S	22.20	13.30	28.20	295.26	2.12	0.75	12117.29	41.04	30.65		
M 3 - 80 % S	22.10	13.10	28.20	289.51	2.15	0.75	11468.75	39.61	29.77		
OBSERVACIONES:											
RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS					FIRMA	FECHA				
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN						15/11/2021				
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN						15/11/2021				


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. (I.P.) N° 77267

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO	COMPRESION DIAGONAL EN MURETE DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	
	NORMAS	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.613 Y NTP 399.621	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE.		
LADRILLERA:	LADRILLERA PÉREZ	TAMAÑO DE MUESTRA:	25
UBICACIÓN:	FRUTILLO - BAMBAMARCA	MUESTRA:	M1, M2, M3, M4, M5
FICHA DEL ENSAYO:	Nov-21	RESPONSABLE:	H.C.R
TIEMPO DE ENSAYO:	TRES DIAS	REVISADO POR:	G.R.R

MUESTRA	Lado 1	Lado 2	Diagonal	Espesor	Área	P	v/m	Promedio
0 % DE SUSTITUCIÓN	M1 - 0	60.10	60.00	84.92	13.15	1116.74	2184.00	1.956
	M2 - 0	59.90	60.00	84.78	13.00	1102.17	3841.00	3.485
	M3 - 0	57.00	58.00	81.32	13.20	1073.43	4137.00	3.854
20 % DE SUSTITUCIÓN	M1 - 20	60.00	60.10	84.92	13.10	1112.50	4356.00	3.916
	M2 - 20	59.00	59.50	83.79	13.05	1093.50	4287.00	3.920
	M3 - 20	60.00	60.00	84.85	13.10	1111.57	4409.00	3.966
40 % DE SUSTITUCIÓN	M1 - 40	60.00	60.00	84.85	13.00	1103.09	4457.00	4.040
	M2 - 40	61.00	60.50	85.91	13.10	1125.48	4497.00	3.996
	M3 - 40	60.00	61.00	85.56	13.20	1129.43	4503.00	3.987
60 % DE SUSTITUCIÓN	M1 - 60	57.00	58.00	81.32	13.20	1073.43	4551.00	4.240
	M2 - 60	58.00	59.00	82.73	12.90	1067.28	4576.00	4.288
	M3 - 60	59.00	59.00	83.44	13.10	1093.05	4738.00	4.335
80 % DE SUSTITUCIÓN	M1 - 80	59.00	29.50	65.96	13.20	870.72	5023.00	5.769
	M2 - 80	60.00	60.00	84.85	13.30	1128.54	5023.00	4.451
	M3 - 80	60.50	60.00	85.21	13.10	1116.21	6035.00	5.407

OBSERVACIONES:

RESPONSABLES	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA	FECHA
RESPONSABLE DEL ENSAYO	HENRY CLAVO RIMARACHIN		17/11/2021
COORDINADOR DEL LABORATORIO	GEREMIAS RIMARACHIN RIMARACHIN		17/11/2021


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Henry David Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267



"GSE" LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA (SEDIMENTACIÓN)
ASTM D422-63 (Reprobado en 2007)

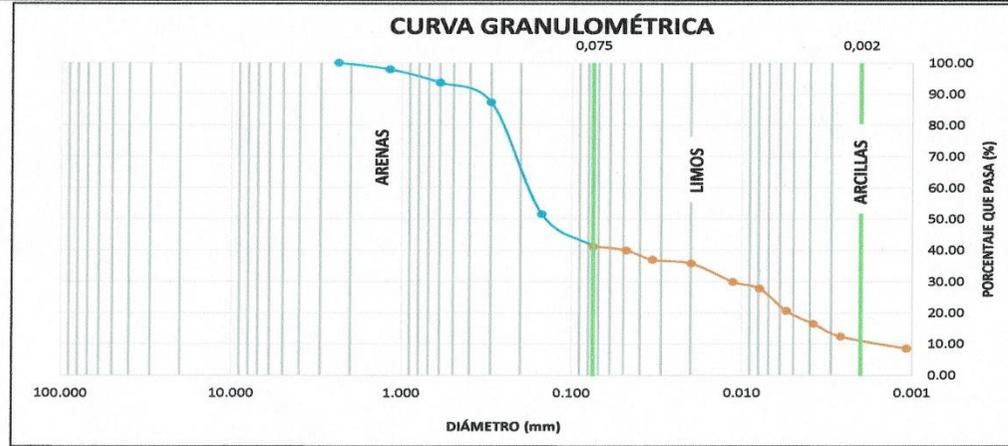
PROYECTO	"Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe"	RESP. LAB. : G.R.R.
MATERIAL	Residuos de diatomita	TEC. LAB. : H.C.R.
SOLICITANTE : Robert Guevara Dívila		FECHA : Febrero 2022

CALICATA :	
MUESTRA :	M-01
PROF. (m) :	

HIDROMETRO:	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0,05 N		
COORECCION POR DEFLOCULANTE Cd	1	CORRECCION POR MENISCO, Cm	0.0006	Hora de Inicio:	8:35		
VOLUMEN DEL HIDROMETRO	67,2 cm3	Ws, gr	50	Gs:	2.65	a =	1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R' M+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
Febrero 2022	8:35	1	41.80	21	0.20	41.000	131.70	41.8	12.7	12.70	0.01348	0.0480	54.33
Febrero 2022	8:36	2	28.70	21	0.20	27.90	89.62	28.7006	12.5	6.25	0.01348	0.0337	36.97
Febrero 2022	10:40	5	27.80	21	0.20	27	86.73	27.8006	10.8	2.16	0.01348	0.0198	35.78
Febrero 2022	8:50	15	23.40	21	0.20	22.6	72.59	23.4006	10.5	0.70	0.01348	0.0113	29.95
Febrero 2022	9:05	30	21.75	21	0.20	20.95	67.29	21.7506	10.3	0.34	0.01348	0.0079	27.76
Febrero 2022	9:35	60	16.40	21	0.20	15.6	50.11	16.4006	10	0.17	0.01348	0.0055	20.67
Febrero 2022	10:35	120	13.25	21	0.20	12.45	39.99	13.2506	9.6	0.08	0.01348	0.0038	16.50
Febrero 2022	12:45	250	10.15	21	0.20	9.35	30.03	10.1506	9.5	0.04	0.01348	0.0026	12.39
Febrero 2022	8:35	1440	7.25	21	0.20	6.45	20.72	7.2506	9.2	0.01	0.01348	0.0011	8.55

% PASANTE TAMIZ N° 200	41.25	%
CANTIDAD DE ARENA	58.75	%
CANTIDAD DE LIMO	28.89	%
CANTIDAD DE ARCILLA	12.36	%



LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 77267

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL



"GSE" LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA (SEDIMENTACIÓN)
 ASTM D422-63 (Reaprobado en 2007)

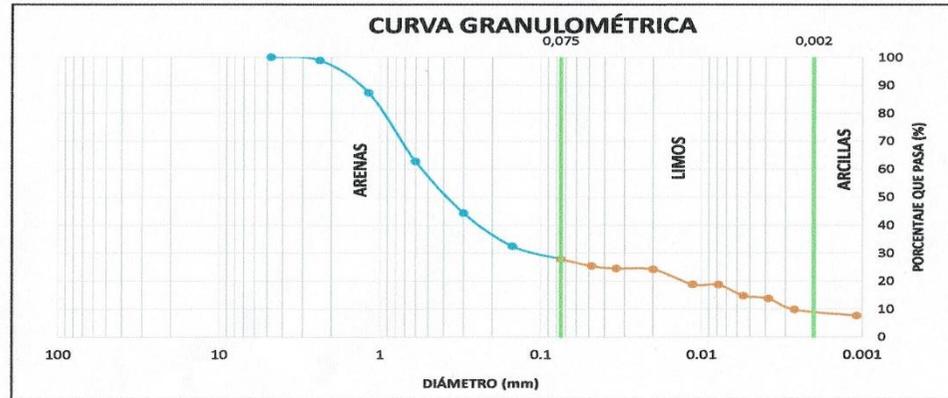
PROYECTO	"Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe"	RESP. LAB. :	G.R.R.
MATERIAL	Arena	TEC. LAB. :	H.C.R.
SOLICITANTE :	Robert Guevara Divila	FECHA :	Febrero 2022

CALICATA :	
MUESTRA :	M-01
PROF. (m) :	

HIDROMETRO:	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0,05 N
COORECCION POR DEFLOCULANTE Cd	1	CORRECCION POR MENISCO , Cm	0.0006	Hora de Inicio:	2:05
VOLUMEN DEL HIDROMETRO	67,2 cm3	Ws, gr.	50	Gs:	2.65
				a =	1.000

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'M+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
Febrero 2022	2:06	1	29.20	21	0.20	28.400	91.22	29.2	12.80	12.80	0.01348	0.0482	25.39
Febrero 2022	2:07	2	28.20	21	0.20	27.40	88.01	28.2006	12.60	6.30	0.01348	0.0338	24.49
Febrero 2022	2:10	5	27.85	21	0.20	27.05	86.89	27.8506	10.90	2.18	0.01348	0.0199	24.18
Febrero 2022	2:20	15	21.82	21	0.20	21.02	67.52	21.8206	10.60	0.71	0.01348	0.0113	18.79
Febrero 2022	2:35	30	21.75	21	0.20	20.95	67.29	21.7506	10.20	0.34	0.01348	0.0079	18.73
Febrero 2022	3:05	60	17.35	21	0.20	16.55	53.16	17.3506	9.95	0.17	0.01348	0.0055	14.79
Febrero 2022	4:05	120	16.20	21	0.20	15.4	49.47	16.2006	9.70	0.08	0.01348	0.0038	13.77
Febrero 2022	6:15	250	11.80	21	0.20	11	35.33	11.8006	9.60	0.04	0.01348	0.0026	9.83
Febrero 2022	2:05	1440	9.37	21	0.20	8.57	27.53	9.3706	9.30	0.01	0.01348	0.0011	7.66

% PASANTE TAMIZ N° 200	27.83	%
CANTIDAD DE ARENA	72.17	%
CANTIDAD DE LIMO	18.02	%
CANTIDAD DE ARCILLA	9.81	%



LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 HENRY DAVID CLAVO RIMARACHIN
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 77267

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



INFORME N° 016-2022-UNACH/UI/MAST

A : **Mg. Ing. Jane E. Alvarez Llanos.**
Presidente del Jurado evaluador.

ASUNTO : Constancia de Conformidad de Turnitin de Robert Guevara Dávila.

FECHA : Colpa Matara, 25 de marzo del 2022.

REFERENCIA:

- i) INFORME N° 015/2022-JEALL-UNACH
 - ii) Conformidad por parte del jurado en pleno
 - iii) Informe de tesis en .pdf
-

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar el acta de conformidad de turnitin de la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE”**, a cargo del bachiller **Robert Guevara Dávila**, para continuar con el proceso de sustentación.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.O.P. N° 157752

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de conformidad.
- 2) Tesis final con similitud $\leq 20\%$



CONSTANCIA

El que suscribe Mg. Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo, **JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota:

HACE CONSTAR

Que el bachiller: **Robert Guevara Dávila**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL SUSTITUYENDO PARCIALMENTE ARENA POR RESIDUOS DE DIATOMITA, MOTUPE”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 19 % de similitud, estando dentro de los límites permitidos, por tanto dando la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.

Colpa Matara, 25 de marzo del 2022.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
N.º 157797

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH