

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA, PARA
SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA
FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING
KONG, DE ACUERDO A LA NORMA E070 EN LA
CIUDAD DE AREQUIPA**

**PRESENTADA POR
DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA**

**ASESORES
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

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

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



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

**INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA, PARA SUSTITUIR
PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO
ARTESANAL TIPO KING KONG, DE ACUERDO A LA NORMA E070
EN LA CIUDAD DE AREQUIPA**

TESIS PARA OPTAR

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA

CHUCTAYA HUARZA, DAVID DANIEL

ASESORES:

MAG. ING. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

MAG. ING. MANUEL OBLITAS SANTAMARÍA

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres, hermanos por ser el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, por haber sentado en mis las bases de responsabilidad, deseos de superación, ser pilares fundamentales de mi formación y ser las fuentes inagotables de amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Padre que me brinda, salud, fortaleza e inteligencia para lograr este objetivo y me haya bendecido con una familia como ninguna otra; también estoy sumamente agradecido con las personas que me rodean y aportaron con consejos quienes aportaron con la formación académica personal.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos	8
1.4 Justificación	9
1.5 Importancia de la investigación	11
1.6 Alcance y limitaciones	15
1.7 Viabilidad	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	17
2.2 Bases teóricas	22
2.3 Definición de los términos básicos	62
2.4 Hipótesis	63
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Diseño metodológico	64
3.2 Población y muestra	65
3.3 Definición de variables	67
3.4 Operacionalización de variables	68
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	
4.1 Obtención de materiales	71
4.2 Ensayo de propiedad química y física de los materiales	78
4.3 Proceso de elaboración unidades artesanales	86
4.4 Proceso de evaluación del ladrillo en laboratorio	98
CAPÍTULO V. RESULTADOS	
5.1 Variación dimensional	118

5.2 Alabeo	131
5.3 Absorción	136
5.4 Resistencia a la compresión simple	142
5.5 Resultados a compresión axial en pila de ladrillos (f'm)	148
5.6 Resultados a la compresión diagonal (V'm)	151
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1 Contrastación de hipótesis	155
6.2 Contrastación de antecedentes	163
CONCLUSIONES	167
RECOMENDACIONES	169
ANEXOS	180

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Crecimiento de área construida en viviendas	1
Figura 2: Zona urbana construida en 1984	2
Figura 3: Zona urbana construida en 2010	2
Figura 4: Zona urbana construida en 2020	3
Figura 5: Cantidad de arcilla en los departamentos de Perú	4
Figura 6: Cantera de arcilla por provincias en Arequipa	5
Figura 7: Visita a cantera Angélica (extracción de arcilla)	5
Figura 8: Diagrama Causa - Efecto	6
Figura 9: Potencial de extracción diatomita en el Perú	10
Figura 10: Potencial de piedra pómez en Perú	10
Figura 11: Moldeado y Enrasado de Ladrillos	11
Figura 12: Ladrilleros artesanales en la actualidad	12
Figura 13: Viviendas con ladrillo artesanal precario	14
Figura 14: Forma piroclástico de pómez en la Ciudad de Arequipa.	24
Figura 15: Bloque de liparita	26
Figura 16: Diatomita de cantera Pocsi	27
Figura 17: Placas / Tabiques de diatomita con cemento	29
Figura 18: Material arcilloso encontrado en cantera Pocsi - Arequipa	30
Figura 19: Esquema de partículas en la arcilla	33
Figura 20: Arcilla con impurezas, actualmente en la industria artesanal no recibe tratamiento alguno para elevar su pureza.	39
Figura 21: El uso de arcilla en ladrillos artesanales.	40
Figura 22: Arena utilizada por las unidades artesanales en Mollebaya	41
Figura 23: Ladrillo artesanal	44
Figura 24: Ladrillo perforado	46
Figura 25: Unidad artesanal Macizo Moderno	46
Figura 26: Ladrillo modelo "hueco 12	47
Figura 27: Fabricación de ladrillo artesanal	47
Figura 28: Prensa de moldeo y corte	48

Figura 29: Técnica de medición de Alabeo en ladrillos	51
Figura 30: Pozos utilizados para el mezclado de materiales	54
Figura 31: Proceso de moldeado ladrillo artesanal	55
Figura 32: Retirado de ladrillo después de cocción	58
Figura 33: Ejemplo de compresión diagonal de murete	60
Figura 34: Muestra de ladrillos a usarse para evaluación.	65
Figura 35: Mapa de proceso para elaboración de ladrillo	71
Figura 36: Ubicación de cantera Mollebaya - Arcilla	71
Figura 37: Cantera Angélica – extracción de arcilla	72
Figura 38: Arcilla in situ	73
Figura 39: Extracción actual - arcilla y otros materiales	73
Figura 40: Ubicación de cantera Pocsi - diatomita	74
<i>Figura 41: Cantera Pocsi – distrito de Polobaya</i>	75
Figura 42: Extracción de material diatomita cantera	75
Figura 43: Ubicación de cantera Miguel Grau -liparita	76
Figura 44: Liparita de cantera Miguel Grau	77
Figura 45: Chancadora de material liparita en cantera Miguel Grau	77
Figura 46: Instrumentos para determinación química de material	79
Figura 47: Tamizado de materiales liparita - diatomita	81
Figura 48: Curva de porcentaje de material que pasa -diatomita	82
Figura 49: Curva de porcentaje de material que pasa en liparita	83
Figura 50: Materiales para determinar límite líquido e índice plástico	83
Figura 51: Ensayo de Atterbeg en diatomita y liparita	84
Figura 52: Constantes físicas de diatomita	84
Figura 53: Ensayo de constantes físicas de diatomita	85
Figura 54: Arena	87
Figura 55: Arcilla	87
Figura 56: Material greda	87
Figura 57: Material de diatomita	88
Figura 58: Material de liparita	89
Figura 59: Dosificación de materiales	91

Figura 60: Medidas determinadas para elaborar ladrillo	92
Figura 61: Moldeo de materiales	93
Figura 62: Afinado en cara superior de ladrillo	93
Figura 63: Secado de ladrillo con diatomita y liparita	94
Figura 64: Apilado de ladrillo en horno	94
Figura 65: Colocado de carbón entre capas de ladrillo	95
Figura 66: Precaentamiento de horno	96
Figura 67: Proceso de cocción en horno de ladrillos	96
Figura 68: Verificación de cocción uniforme dentro de horno	97
Figura 69: Enfriamiento de material	97
Figura 70: Selección de especímenes de prueba	98
Figura 71: Número de especímenes	99
Figura 72: Reconocimiento de materiales	99
Figura 73: Medida de ancho de ladrillo	101
Figura 74: Medida de ladrillo (alto)	101
Figura 75: Alabeo máximo en ladrillos	102
Figura 76: Superficie cóncava del espécimen	103
Figura 77: Superficie convexa del espécimen	103
Figura 78: Peso de ladrillo (muestra seca)	105
Figura 79: Sumergido de muestras con agua	105
Figura 80: Pesado de muestra saturada	105
Figura 81: Uniformado de unidad artesanal pre-ensayo	107
Figura 82: Máquina para ensayos de compresión	108
Figura 83: Posicionado de unidades artesanales	108
Figura 84: Ensayo de compresión espécimen con diatomita	109
Figura 85: Ensayo de compresión espécimen con liparita	109
Figura 86: Parámetros de corrección de f_m por esbeltez	110
Figura 87: Edificación de muros de albañilería	110
Figura 88: Elaboración de pila de ladrillos	112
Figura 89: Compresión axial ladrillo de diatomita	112
Figura 90: Compresión axila ladrillo de liparita	113

Figura 91: Rotura en muestra	113
Figura 92: Colocado de mortero en muretes	115
Figura 93: Fabricación de muretes (60x60 cm)	115
Figura 94: Colocado en prensa para rotura de muretes	116
Figura 95: Medición en ancho - diagonal de espécimen	116
Figura 96: Rotura en falla frágil	117
Figura 97: Comparación 0% vs. 5% sustitución diatomita - liparita	122
Figura 98: Comparación 0% vs. 15% sustitución diatomita - liparita	126
Figura 99: Comparación 0% vs. 25 % sustitución diatomita - liparita	130
Figura 100: Comportamiento de sustitución de diatomita	130
Figura 101: Comportamiento de sustitución de liparita	131
Figura 102: Comparación de ladrillo diatomita con ladrillo patrón	134
Figura 103: Comparación de ladrillo liparita en alabeo con ladrillo patrón	136
Figura 104: Comportamiento de absorción al sustituir con diatomita.	139
Figura 105: Comportamiento de absorción de sustitución con liparita	141
Figura 106: Variación en absorción de material diatomita - liparita	142
Figura 107: Comportamiento de sustitución del material de diatomita	144
Figura 108: Comportamiento de sustitución del material de diatomita	146
Figura 109: Variación de resistencia axial en diatomita y liparita	150
Figura 110: Variación en porcentaje al ladrillo inicial	151
Figura 111: Variación de compresión diagonal al 15% de sustitución en diatomita y liparita	153
Figura 112: Incremento en porcentaje de la sustitución en compresión diagonal	154

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Propiedades físicas de la diatomita	28
Tabla 2: Composición química de diatomita	28
Tabla 3: Muestra total para los ensayos elaborados en laboratorio	66
Tabla 4: Operacionalización de variables	68
Tabla 5: Resumen de instrumentos de la investigación	69
Tabla 6: Composición química de la arcilla	72
Tabla 7: Composición química de la diatomita	74
Tabla 8: Porcentaje de conjuntos químicos de la liparita	76
Tabla 9: Muestras al laboratorio de ensayo químico	78
Tabla 10: Comparación de resultados químicos	79
Tabla 11: Análisis granulométrico de diatomita	81
Tabla 12: Datos de granulometría en liparita	82
Tabla 13: Límite de Atterbeg de diatomita	85
Tabla 14: Límite de Atterberg de liparita	86
Tabla 15: Dosificación de ladrillo artesanal en la ciudad de Arequipa	89
Tabla 16: Dosificación de ladrillo en carretillas	91
Tabla 17: Cantidad usada con material diatomita y liparita	91
Tabla 18: Porcentaje de variación dimensional	101
Tabla 19: Porcentaje máximo de absorción	104
Tabla 20: Resistencia mínimo de ladrillo	107
Tabla 21: Aumento de $f'm$ por tiempo en días de prismas	111
Tabla 22: Resistencia características de albañilería Mpa (kg/cm ²)	111
Tabla 23: Parámetros de rectificación en prismas de albañilería	111
Tabla 24: Incremento de $V'm$ por tiempo para muretes	114
Tabla 25: Resistencia características de albañilería - Muretes Mpa (kg/cm ²)	115
Tabla 26: Medición (largo) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)	118
Tabla 27: Medición (ancho) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)	118
Tabla 28: Medición (altura) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)	119

Tabla 29: Variación dimensional de ladrillo patrón 0% sustitución	119
Tabla 30: Medición (largo) con 5% de sustitución (diatomita)	120
Tabla 31: Medición (ancho) con 5% de sustitución (diatomita)	120
Tabla 32: Medición (altura) con 5% de sustitución (diatomita)	120
Tabla 33: Variación en dimensión de ladrillo con 5% sustitución diatomita	121
<i>Tabla 34:</i> Medición (largo con 5% de sustitución (liparita)	121
Tabla 35: Medición (ancho) con 5% de sustitución (liparita)	121
Tabla 36: Medición (altura) con 5% de sustitución (liparita)	122
Tabla 37: Variación en dimensión de ladrillo con 5% sustitución liparita	122
Tabla 38: Medición (largo) con 15% de sustitución (diatomita)	123
Tabla 39: Medición (ancho) con 15% de sustitución (diatomita)	123
Tabla 40: Medición (altura) con 15% de sustitución (diatomita)	124
Tabla 41: Variación en dimensión en ladrillo con 15% sustitución diatomita	124
Tabla 42: Medición (largo) con 15% de sustitución (liparita)	124
Tabla 43: Medición (ancho) con 15% de sustitución (liparita)	125
Tabla 44: Medición (altura) con 15% de sustitución (liparita)	125
Tabla 45: Variación dimensional en ladrillo con 15% sustitución liparita	125
Tabla 46: Medición (largo) con 25% de sustitución (diatomita)	127
Tabla 47: Medición (ancho) con 25% de sustitución (diatomita)	127
Tabla 48: Medida (alto) con 25% de sustitución (diatomita)	127
Tabla 49: Variación en dimensión de ladrillo con 25% sustitución diatomita	128
Tabla 50: Medición (largo) con 25% de sustitución (liparita)	128
Tabla 51: Medición (largo) con 25% de sustitución (liparita)	128
Tabla 52: Medición (altura) con 25% de sustitución (liparita)	129
Tabla 53: Variación dimensional en ladrillo con 25% sustitución liparita	129
Tabla 54: Medida de especímenes con 0% sustitución (patrón)	132
Tabla 55: Alabeo de ladrillo con 0% sustitución	132
Tabla 56: Medida de ladrillos 5% sustitución (diatomita)	132
Tabla 57: Alabeo en ladrillo con sustitución 5% de diatomita	132
Tabla 58: Medida de ladrillos 15% sustitución (diatomita)	133
Tabla 59: Alabeo de ladrillo con sustitución 15% de diatomita	133

Tabla 60: Medida de ladrillos 25% sustitución (diatomita)	133
Tabla 61: Alabeo en ladrillo con sustitución 25% de diatomita	133
Tabla 62: Medida de ladrillos 5% sustitución (liparita)	134
Tabla 63: Alabeo en ladrillo de sustitución 5% de liparita	135
Tabla 64: Medida de ladrillos 15% sustitución (liparita)	135
Tabla 65: Alabeo de ladrillo con 15% de liparita	135
Tabla 66: Medida de ladrillos 25% sustitución (liparita)	135
Tabla 67: Alabeo de ladrillo con 25% en sustitución liparita	136
Tabla 68: Absorción de ladrillos con 0% sustitución (patrón)	137
Tabla 69: Absorción de ladrillos con 5% sustitución (diatomita)	137
Tabla 70: Absorción de ladrillos con 15% sustitución (diatomita)	138
Tabla 71: Absorción de ladrillos con 25% sustitución (diatomita)	138
Tabla 72: Absorción de ladrillos con 5% sustitución (liparita)	139
Tabla 73: Absorción de ladrillos con 15% sustitución (liparita)	140
Tabla 74: Absorción de ladrillos con 25% sustitución (liparita)	140
Tabla 75: Variación en la capacidad de absorción de los materiales	141
Tabla 76: Compresión simple con 0% sustitución	143
Tabla 77: Resistencia a la compresión con 5% sustitución (diatomita)	143
Tabla 78: Resistencia a la compresión con 15% sustitución (diatomita)	143
Tabla 79: Compresión simple con 25% sustitución (diatomita)	144
Tabla 80: Resistencia a la compresión con 5% sustitución (liparita)	145
Tabla 81: Resistencia a la compresión con 15% sustitución (liparita)	145
Tabla 82: Resistencia a la compresión con 25% sustitución (liparita)	145
Tabla 83: Variación en la resistencia al sustituir por diatomita y liparita	147
Tabla 84: Compresión simple diatomita Vs. liparita	147
Tabla 85: Compresión axial (f'm) con 0% de sustitución	148
Tabla 86: Compresión axial (f'm) con 15% de sustitución diatomita	149
Tabla 87: Resistencia a la compresión axial (f'm) con 15% de sustitución liparita	149
Tabla 88: Resistencia a la compresión axial (f'm) con 25% de sustitución liparita	150

Tabla 89: Compresión diagonal (V'm) con 0% de sustitución	151
Tabla 90: Compresión diagonal (V'm) al 15% de sustitución diatomita	152
Tabla 91: Compresión diagonal (V'm) con 15% de sustitución liparita	152
Tabla 92: Compresión diagonal (V'm) con 25% de sustitución liparita	153
Tabla 93: Validación hipótesis general	155
Tabla 94: Validación hipótesis específica H1	156
Tabla 95: Validación hipótesis específica H2	157
Tabla 96: Validación hipótesis específica H3	158
Tabla 97: Validación hipótesis específica H4	159
Tabla 98: Validación hipótesis específica H5	161
Tabla 99: Validación hipótesis específica H6	162
Tabla 100: Contrastación con antecedente internacional N°1	163
Tabla 101: Contrastación con antecedente internacional N°2	164
Tabla 102: Contrastación con antecedente nacional N°1	165
Tabla 103: Contrastación con antecedente nacional N°2	166

RESUMEN

El constante incremento de habitantes en la ciudad de Arequipa ha originado una alta demanda de construcción de viviendas, esto conlleva el uso ladrillos para la edificación de las mismas, ello implica la arcilla como materia prima. Esta se encuentra escasa y se tiene que extraer cada vez más lejos de la ciudad. Por eso es conveniente sustituir el ladrillo con diatomita y liparita debido a que estos materiales son abundantes y no se explotan en la provincia. La finalidad de este estudio es determinar cómo influye al incorporar diatomita y liparita para sustituir parcialmente la arcilla para la fabricación de ladrillo artesanal, tipo King Kong, de acuerdo a la norma E-070. La metodología usada es tipo aplicada explicativa, con un diseño experimental donde la variable independiente es: Diatomita y Liparita. La muestra consiste en 777 ladrillos, con una dosificación de 0%, 5%, 15%, 25%, de sustitución. Dichos elementos fueron evaluados en alabeo, absorción, variación dimensional y resistencia a la compresión simple que están relacionadas a las características del ladrillo y que demuestra que el porcentaje de sustitución óptimo es 15%, 25% de Liparita y 15% de Diatomita. Los ladrillos se clasifican en ladrillo Tipo I, Tipo II y Tipo I respectivamente; 25% de sustitución con Liparita la resistencia de tracción diagonal ($V'm$) es 6.01 Kg/cm² y la prueba de compresión axial ($f'm$) señaló 37.17 Kg/cm², clasificándolo como ladrillo Tipo II, Tipo I, respectivamente es apta cumpliendo con lo especificado en la norma E-070. Este proceso garantiza que la sustitución parcial de la arcilla con diatomita y liparita mejoran notablemente las características iniciales del ladrillo y genera la confiabilidad de que no ocurra fallas estructurales en la edificación.

Palabras clave: Arcilla, diatomita, liparita, ladrillo, alabeo, dimensión, absorción, tracción diagonal, compresión axial.

ABSTRACT

The constant increase in inhabitants in the city of Arequipa has caused a high demand for the construction of homes, this entails the use of bricks for their construction, which implies clay as a raw material. This is scarce and has to be extracted further and further from the city. That is why it is convenient to replace the brick with diatomite and liparite because these materials are abundant and are not exploited in the province. The purpose of this study is to determine how it influences incorporating diatomite and liparite to partially replace clay for the manufacture of artisanal brick, King Kong type, according to the E-070 standard. The methodology used is applied explanatory type, with an experimental design where the independent variable is: diatomite and Liparite. The sample consists of 777 bricks, with a dosage of 0%, 5%, 15%, 25%, substitution. These elements were evaluated in warping, absorption, dimensional variation and simple compression resistance that are related to the characteristics of the brick and which demonstrates that the optimal substitution percentage is 15%, 25% Liparite and 15% diatomite. The bricks are classified into Type I, Type II and Type I brick respectively; 25% replacement with Liparite, the diagonal tensile strength ($V'm$) is 6.01 Kg/cm² and the axial compression test ($f'm$) indicated 37.17 Kg/cm², classifying it as Type II brick, Type I, respectively, it is suitable complying with what is specified in the E-070 standard. This process guarantees that the partial replacement of clay with diatomite and liparite significantly improves the initial characteristics of the brick and generates the reliability that structural failures do not occur in the building.

Keywords: Clay, diatomite, liparite, brick, warping, dimension, absorption, diagonal traction, axial compression.

NOMBRE DEL TRABAJO

NCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA, PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LA

AUTOR

DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA

RECUENTO DE PALABRAS

46417 Words

RECUENTO DE CARACTERES

226804 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

197 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

8.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 2, 2023 11:13 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 2, 2023 11:15 AM GMT-5

● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

Biblioteca FIA

Patricia Rodríguez Toledo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el contexto del proceso de materia, para la obtención de un producto; existe un gran inconveniente a lo largo del sistema productivo, ya sean unidades de producción de menor o gran escala. Puntualmente, la obtención y explotación de materia prima se vuelve un obstáculo a largo plazo, el gran porque se resume en una sencilla respuesta; existe gran cantidad de recursos no renovables, por ende, estamos obligados como comunidad científica a proponer de manera constante una variedad de posibilidades existentes para el reemplazo de estas. Mucho más si se tratan de materiales que se encuentran en constante uso tal como son las materias primas para el rubro de la construcción.

En nuestro país, encontramos grandes requerimientos de materiales para la construcción, entre agregados, unidades de albañilería, etc. Nos enfocaremos en el ladrillo, componente muy importante a la hora de planificar y realizar grandes y pequeñas construcciones. La materia prima utilizada para realizarlos se encuentra escasa cada vez más, esto por el hecho de que es un recurso no renovable, los costos se elevan cada vez más, esto a consecuencia de que los yacimientos existentes se encuentran en agotamiento y su exploración al igual que el transporte representan un gran gasto, esto hace inevitable la constante suba de precios.

Entonces, esta investigación propone el reemplazo parcial con materiales que tienen características similares a la arcilla, los cuales son diatomita y liparita que hay en abundancia en la ciudad de Arequipa y que aún no son explotados; se propone a estos materiales como variable dependiente debido a que serán manipulados en porcentajes para luego ser evaluado en las características de las unidades artesanales y murete, de acuerdo a la norma E070, tales como:

Variación dimensional, que consiste en la medida del largo, ancho y altura del ladrillo una vez retirado del horno esta medida se hace en mm.

Alabeo, lo cual representa a la parte cóncava y convexa de las superficies del ladrillo midiéndolos milimétricamente.

Absorción donde se determina la retención de agua de las nuevas muestras al reemplazarlas por otro material, pesando ladrillos secos y por ende con agua saturada.

Firmeza a la compresión simple que va determinar la capacidad estructural como unidad del ladrillo mediante la rotura del espécimen.

Resistencia a la compresión axial, esta prueba se ejecuta una vez obtenido el resultado anterior para poder determinar la capacidad como muro portante de un conjunto de ladrillo en forma vertical.

Resistencia a la compresión diagonal, este ensayo va vinculado al de resistencia axial y se evalúa en conjunto de ladrillos colocándolos en tipo soga teniendo con medidas de 60x60 cm para su respectivo ensayo.

La importancia de la siguiente investigación permitirá un ahorro con respecto a la arcilla garantizando la sostenibilidad de la materia prima, de igual manera generará un incremento de venta en el mercado teniendo como resultado un ladrillo que cumple las características según la normativa peruana, generando empleo mejorando la calidad estructural de una vivienda

De esta manera la tesis está conformada por seis (6) capítulos. En el primer capítulo, se aborda el planteamiento del problema, así como los objetivos y se da a conocer el impacto que tendrá la presente investigación con respecto a la realización del ladrillo según la norma E070. En el segundo capítulo, se propone los antecedentes y se detalla los primordiales conceptos, al igual las normativas nacionales que ayudaran a encaminar y validar el estudio. En el tercer capítulo, se muestra la metodología usada, donde se determina la población y muestra en conjunto con las variables y su operacionalización. En el cuarto capítulo, se informa del procedimiento realizado en el reemplazo parcial de la arcilla por la diatomita y liparita; se inicia con la obtención de los elementos, hasta la verificación del producto final con los distintos porcentajes propuestos para cada tipo de material. En el quinto capítulo, se muestran resultados, ello nos permitirá verificar sus propiedades físicas y mecánica de los ladrillos, a su vez también se corrobora las especificaciones de muretes. Por último, en el sexto capítulo se validó las hipótesis propuestas y se presenta la discusión de resultados a través de un análisis.

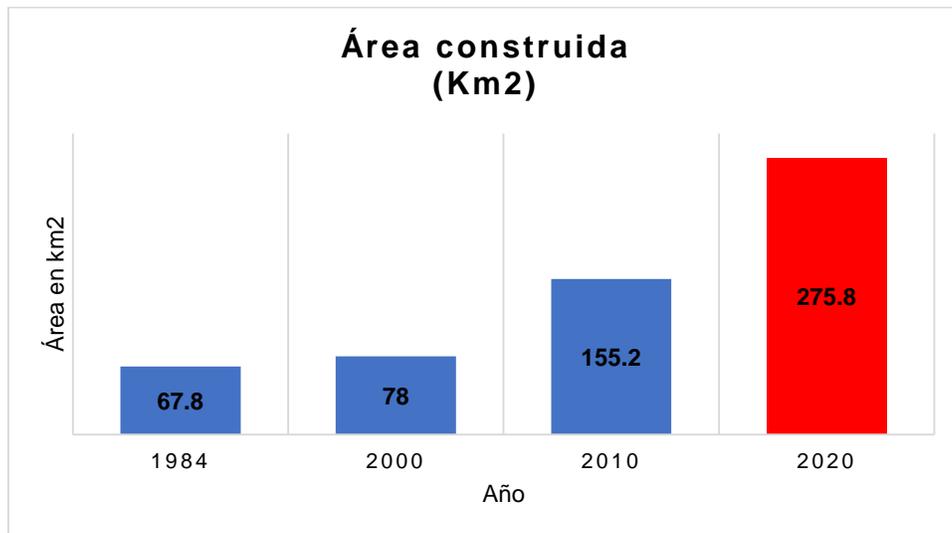
CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Se presenta que con el pasar de los años la variación de población ha aumentado considerablemente teniendo un total de 33 millones 396 mil personas en el año 2022 distribuidas en el territorio peruano, según estadísticas nos muestra a su vez que el departamento de Arequipa se encuentra ocupando un cuarto lugar con respecto al aumento de población lo cual indica que hay un surgimiento de grandes ciudades que demandan otras exigencias con respecto a calidad de vida (INEI, 2022), teniendo como factor preocupante el área que cada individuo quiere ocupar y edificar, tal como se evidencia en la figura siguiente.

Figura 1: *Crecimiento de área construida en viviendas*



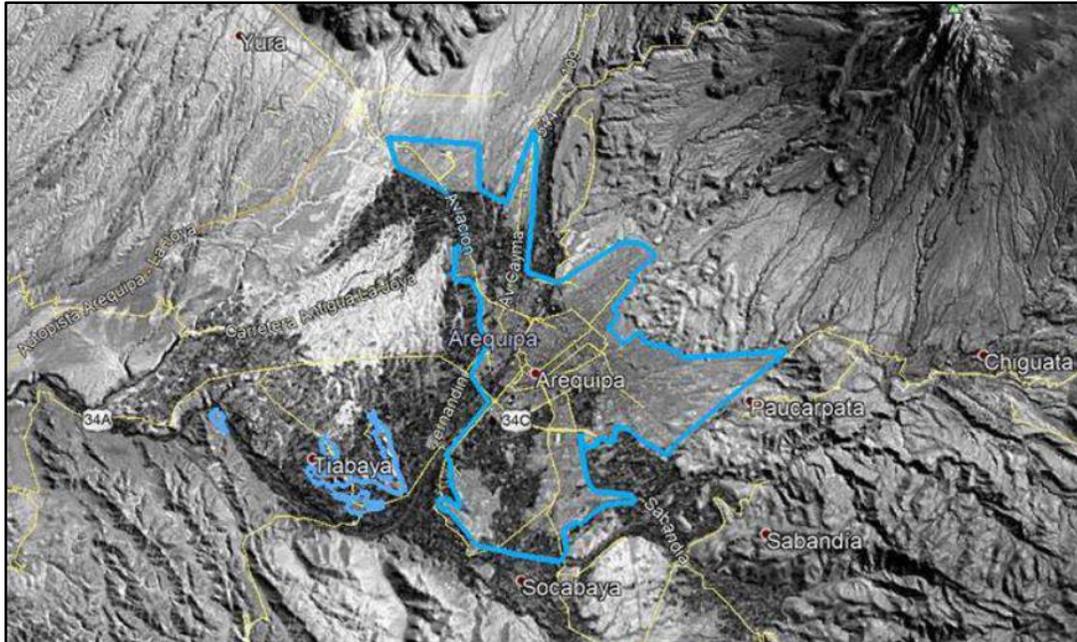
Nota: Desde 1984 se tiene un incremento poblacional a gran magnitud, según estadísticas para el año 2030 se tiene un incremento de 367.5 km² en zonas construidas

Fuente: (Arela-Bobadilla, 2021)

El incremento de población en Arequipa aumenta así como en todo el territorio peruano, estudios nos indican que entre los años abarcados de 1984 a 2020 ha ampliado su zona urbana y ello conlleva hacer la referencia a áreas construidas que hacen un total de 67.8 km² a 275.8 km² respectivamente (Arela-Bobadilla, 2021); este

crecimiento es originado debido a que el ser humano quiere un lugar propio donde vivir con su familia o tener un propio negocio donde salir adelante.

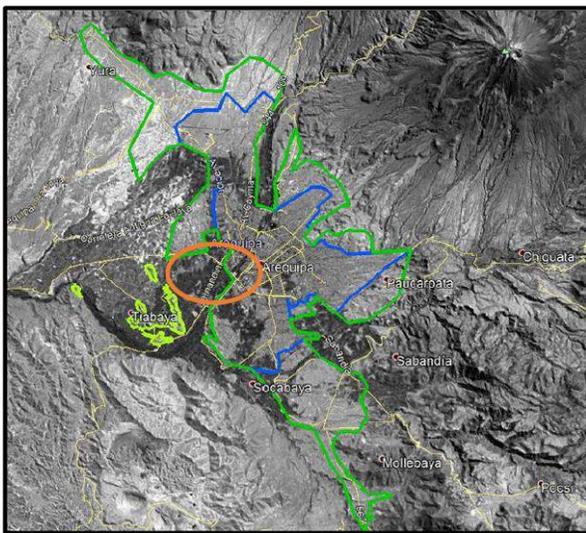
Figura 2: Zona urbana construida en 1984



Nota: Podemos observar que el área construida abarca 67.80 Km² aproximadamente, a su vez que las zonas de área verde y producción agrícola abundan en los exteriores del centro de la ciudad.

Fuente: (Arela-Bobadilla, 2021)

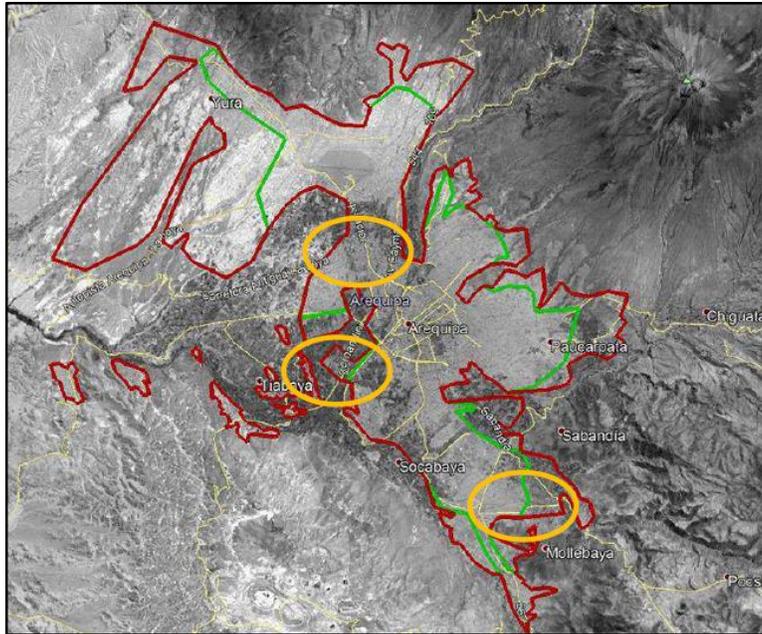
Figura 3: Zona urbana construida en 2010



Nota: Según imagen el área construida al año 2010 es de 155.2 Km² aproximadamente, por consecuencia se denota disminución de áreas verdes y agrícolas en la ciudad, apareciendo nuevas viviendas en los distritos de Yura la parte alta de Cayma, además de los exteriores de Socabaya hasta Mollebaya.

Fuente: (Arela-Bobadilla, 2021)

Figura 4: Zona urbana construida en 2020



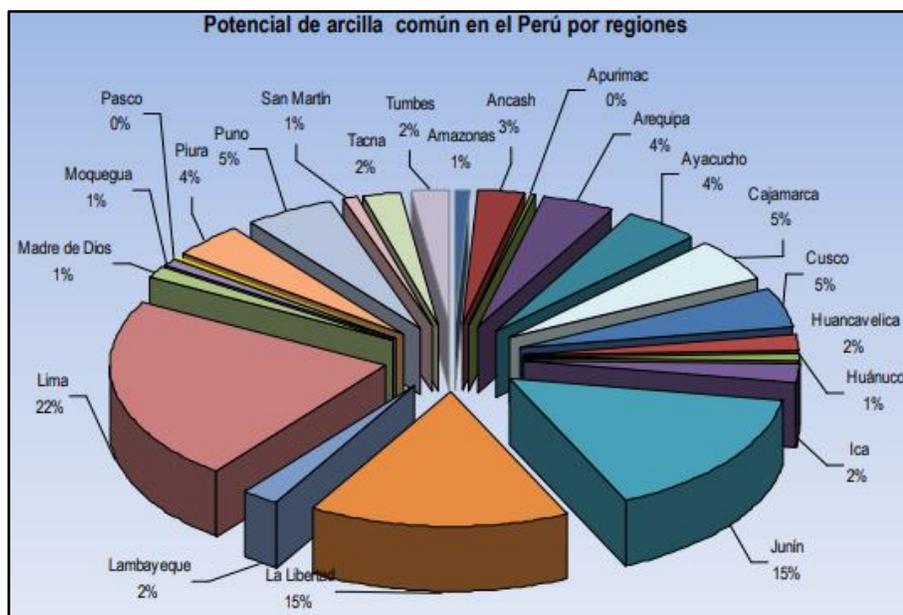
Nota: Según imagen el área construida al año 2020 es de 275.8 Km² aproximadamente al doble del año 2010, donde se visualiza poca área verde en el distrito de Cayma, Cerro Colorado, Sachaca y Socabaya, se extienden la zona a construir de camino a la Joya ocupando una gran área de Yura.

Fuente: (Arela-Bobadilla, 2021)

En consecuencia, al área urbana construida nos indica que se van usar materiales para la edificación de viviendas y esta tendrá una alta demanda que requiera cumplir los estándares para una estructura resistente. Como ende en una edificación se tendrá que realizar diversas estructuras las cuales son muros de albañilería, columnas, vigas, etc.; tomando en cuenta que los materiales a usarse serán el cemento, fierro, hormigón, ladrillos, agua entre otros que no demandan tanta importancia como los antes mencionados.

Se desprende que como material importante que se usa para la construcción de muros de albañilería será el ladrillo ya que ayudan en ajustar la temperatura debido a que estos almacenan un aire fresco, ventilado y su peso es menor a comparación de usar concreto en la totalidad de la vivienda, del ladrillo se tiene que en su realización usa un material predominante el cual es un recurso no renovable y se denomina arcilla, el antes mencionado según datos en el departamento de Arequipa no es tan abundante como en otras regiones del país teniendo un porcentaje de 4.00% a comparación de Lima que es la capital que cuenta con un 22.00% del total, y en la ciudad de Arequipa existe solo un 0.44% ya que lo demás de encuentra fuera de la provincia en Caylloma, Caravelí, Camaná (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010).

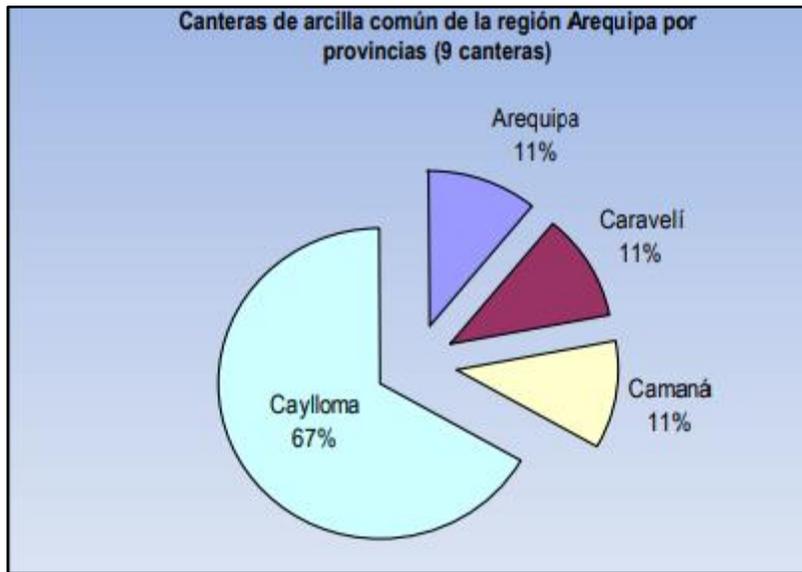
Figura 5: Cantidad de arcilla en los departamentos de Perú



Nota: La presente figura muestra la cantidad de arcilla por cada departamento de los cuales se verifica que el departamento de Arequipa cuenta con un 4.00% del total, convirtiéndose en una advertencia debido a que la arcilla es un recurso no renovable.

Fuente: (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010)

Figura 6: *Cantera de arcilla por provincias en Arequipa*



Nota: Según la imagen anterior del total de 4% dentro del departamento de Arequipa se tiene solo un 11% en la ciudad, y por ello cada vez se hace más complicado conseguir de este material, debido a que se encuentra en zonas más alejadas y su traslado es más costoso.

Fuente: (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010)

Figura 7: *Visita a cantera Angélica (extracción de arcilla)*



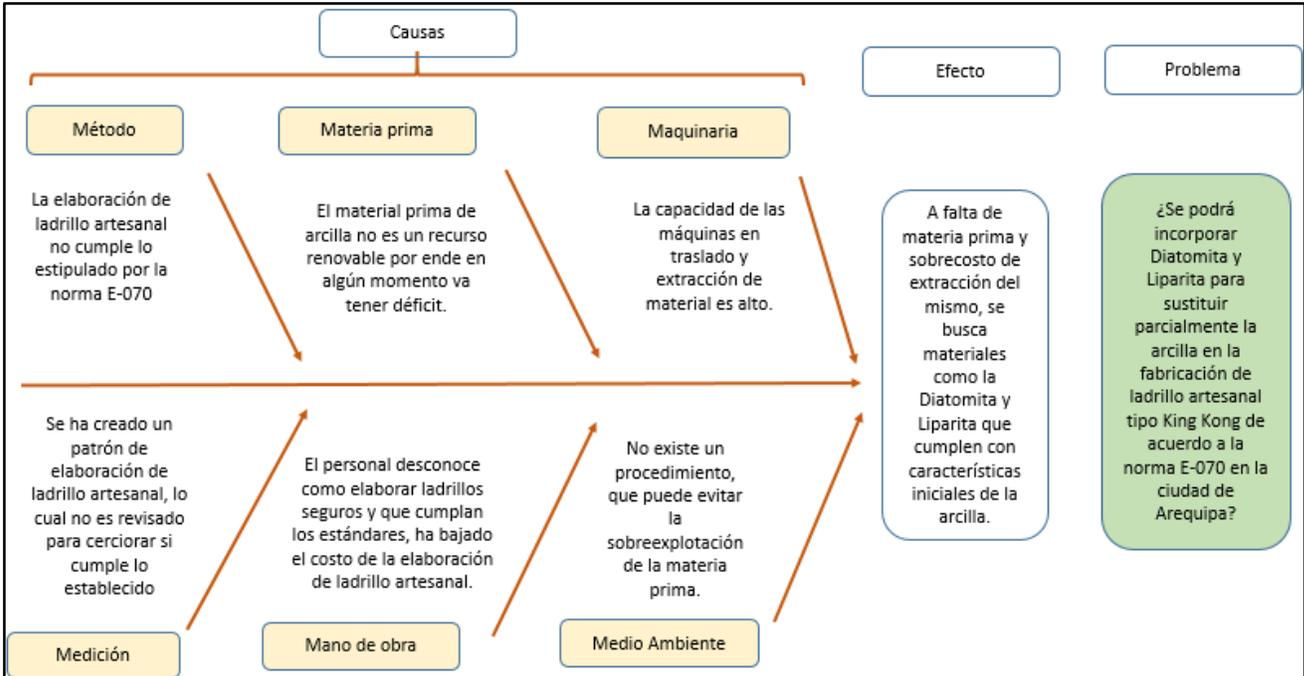
Elaboración: El autor (2023)

La imagen anterior evidencia que la extracción de arcilla ha llegado a su tope encontrándose otro material a ser explotado, esto ha originado que se busque el material en lugares más alejados a lo encontrado dentro de la zona, generando un sobre costo en el material prima y molestias en los artesanos quienes son los principales afectados con respecto a este tema, por consecuencia ya no se usa en su totalidad arcilla en la fabricación de ladrillo, si no derivados los cuales terminan disminuyendo la calidad de producto final.

Esto por consecuencia no garantiza viviendas estructuralmente estables y las cuales generan grietas / fisuras que al existir un evento sísmico alto pueden generar el colapso de dicha vivienda.

1.2 Formulación del Problema

Figura 8: *Diagrama Causa - Efecto*



Elaboración: El autor (2023)

Tomando en cuenta las causas previstas dentro de la investigación se propone tomar en cuenta que el efecto para la investigación siguiente es la falta de arcilla y proponer un ahorro donde se pueda evitar la extracción de este en grandes proporciones.

Las viviendas en la ciudad de Arequipa usan materiales denominados ladrillos artesanales, mecanizados para la edificación de sus viviendas, sin embargo, el más frecuente dentro de sus usos es de unidades artesanales por el efecto de costos; el proceso de fabricación y resistencia de estos materiales no siempre cumplen con la Norma Técnica Peruana.

Dichas unidades artesanales están compuestas en su mayor parte de arcilla, arena y agua en dosificaciones variables según cada artesano y la obtención de la materia prima; la arcilla se obtiene cada vez de lugares más lejanos y esto conlleva a que el costo aumente o en su defecto usen menos material en la elaboración llegando a no cumplir con parámetros del ladrillo.

Por ello se ve la opción de sustituir con materiales alternativos que se encuentren cerca de donde fabrican el ladrillo con el fin de no generar sobrecosto en el traslado o en la explotación de los mismos, aparte de ello se deberá tener la seguridad que dicho material al ser un sustituto tenga similitud con la composición química de la arcilla; estos serían la diatomita y liparita que se encuentran en grandes cantidades sin ser explotadas en la ciudad de Arequipa.

En la ciudad de Arequipa ambos recursos de diatomita y liparita tienen características similares en composición química con la arcilla, con esta investigación queremos demostrar cual será el nuevo comportamiento al sustituir dicho material en determinados porcentajes y saber la influencia de dicho material, al comprobar si llegamos a cumplir con las descripciones mostradas según la norma E-070 debido a que otros ladrillos elaborados no llegan a cumplir esa especificación.

1.2.1 Problema general:

¿En qué medida influye la incorporación de diatomita y liparita para sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa?

1.2.2 Problemas específicos:

¿De qué manera puede influir la variación dimensional según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?

¿De qué manera podemos determinar el alabeo según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?

¿En qué manera puede influir la absorción según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?

¿Cómo podemos determinar la resistencia a la compresión axial f'_m según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?

¿Cómo podemos determinar la resistencia a la tracción diagonal V'_m según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer la influencia en la incorporación de diatomita y liparita para sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la variación dimensional al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

Determinar la variación del alabeo al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

Determinar la variación en la absorción al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa,

Determinar la variación de la resistencia a la compresión simple f'_b al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

Determinar la variación de compresión axial $f'm$ al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

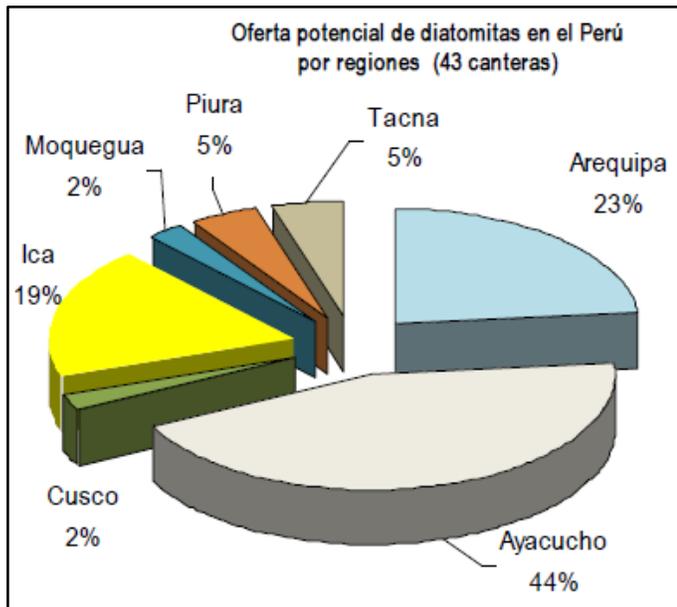
Determinar la variación de la resistencia a la tracción diagonal $V'm$ al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.

1.4 Justificación

Se tiene que según la composición química los minerales como liparita y diatomita son potenciales materias de remplazo para el uso de la arcilla en la elaboración de ladrillos artesanales, al igual sus propiedades mecánicas son muy similares, esto es muy importante ya que es la clave para garantizar la realización del ladrillo a partir de estos minerales, esto ayudara a que no solo se dependa de un material para la elaboración de unidades artesanales en nuestra región.

La diatomita es un material con alto índice de sílice que cumple con las características químicas de la arcilla además de tener propiedades de absorción, necesita tener una calcinación de 800 a 1000°C para optar sus mayores características teniendo como antecedente que se usa en la construcción y diferentes actividades de relleno por ser de densidad baja; este material se encuentra en diferentes canteras de la ciudad de Arequipa teniendo teniéndolo en un segundo lugar dentro del Perú, como tal el material no se extrae en grandes cantidades y es de fácil acceso sin restricción alguna.

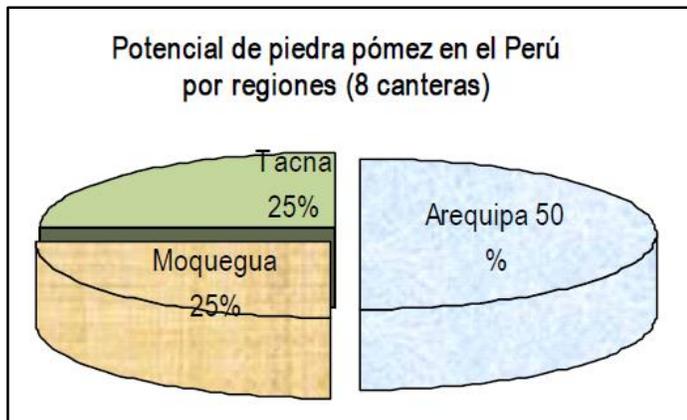
Figura 9: *Potencial de extracción diatomita en el Perú*



Fuente: (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010)

El segundo material de sustitución es el mineral denominado liparita más conocido como piedra pómez de igual manera este material no es extraído en grandes cantidades y se usa en pocos fines de los cuales es para materiales de construcción de bloquetas en la ciudad debido a que es duro y no inflamable, también como material filtrante de aguas servidas, hay un total de cuatro canteras, de esta manera ocupa el primer lugar en el Perú de contener este material su mercado de extracción es pequeño y en Arequipa se usa en cantidades menores llegándose a explotar un total de 30 a 45 m³ por día.

Figura 10: *Potencial de piedra pómez en Perú*



Fuente: (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010)

Por tal motivo se pretende usar ambos materiales para ver su comportamiento y teniendo como antecedente que no se extrae mucho, además de poseer propiedades físicas y químicas que serán evaluadas más adelante.

1.5 Importancia de la investigación

Fijar argumentos que favorezcan y den a saber la relevancia de la investigación, al igual que los factores involucrados; es crucial para poder fijar la viabilidad de un proyecto en este caso de este trabajo de investigación.

1.5.1 Impacto teórico

Existen diferentes investigaciones tanto en el ámbito nacional e internacional, con relación a la incorporación de nueva materia prima en el proceso de elaboración de unidades de albañilería tales como ladrillos, bloquetas, etc. Tener precedentes ayudan a poder direccionar la investigación, entonces en estudios realizados en el extranjero, por ejemplo, de manera resumida, la incorporación de lodos de una PTAR en el proceso de elaboración de ladrillos, de igual manera en la evaluación de características mecánicas realizadas a ladrillos hechos con materiales innovadores; aportan al estudio de manera directa, puesto que aseguran que es posible poder obtener ladrillos de calidad a partir de nuevos materiales.

Figura 11: Moldeado y Enrasado de Ladrillos



Fuente: (Camargo, 2020)

De esta forma el propósito de la investigación también es poder orientar futuros estudios acerca de la incorporación de materiales innovadores, acerca

de la diatomita y Liparita como materiales potencialmente útiles en la industria de fabricación del ladrillo y/o bloquetas. Por ende, el impacto teórico queda definido a los resultados a obtener y de validar las hipótesis expuestas y propuestas.

Siendo más específicos, para determinar cuál será el impacto de la investigación se tomó en cuenta fuentes científicas, normativas y un diseño experimental que dará por fruto el conocimiento de cuál será el porcentaje óptimo de sustitución sin alterar las características de calidad finales del ladrillo tipo King Kong, que tiene un proceso de elaboración totalmente artesanal.

Entonces se propone y se quiere asegurar que la adición de liparita y diatomita, mejora o iguala las cualidades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas actualmente artesanalmente en el distrito de Mollebaya en la ciudad de Arequipa, por ello los resultados nos ayudaran a saber si es posible el reemplazo parcial de la arcilla en dichas fabricas artesanales; por ende si cumplen con la resistencia exigida en la norma E070, dicha norma ayudara de manera importante para poder comprobar el cumplimiento de los objetivos propuestos, y de tal forma establecer que ambos materiales se podrán tomar en cuenta en el proceso y obtención del ladrillo para su respectiva puesta en venta.

Figura 12: Ladrilleros artesanales en la actualidad



Elaboración: El autor (2023)

Por tal motivo podremos verificar que las investigaciones previas hechas internacionalmente son verídicas y son aplicables a la realidad garantizando un producto óptimo según lo establecido por las normas peruanas. De resultar datos desfavorables la investigación de igual manera tendrá un impacto teórico, puesto que se rechazarán las hipótesis y por ende los materiales a incorporar serían desechados en este tipo de estudios.

Por último, es relevante mencionar que el estudio ,en tal caso los resultados de este proporcionara , en una primera instancia no solo dos materiales nuevos para explotar si no, que a través de la evolución de ladrillos patrón con 0 % de reemplazo de material, dará idea a los distintos productores artesanales dedicados a la industria del ladrillo, saber si sus unidades producidas actualmente efectúan con las exigencias mínimos de la normativa peruana, en este caso de la norma E070, viendo el caso de que si se cumpla, se asegurara su favorable uso, en caso contrario solo desfavorecerá la puesta en mercado de sus productos.

1.5.2 Importancia práctica

Inicialmente identificar a los agentes beneficiarios, será la clave para poder reconocer el impacto practico, sobre el reemplazo parcial de la arcilla por parte de la diatomita y liparita, minerales que se encuentran en abundancia en la región de Arequipa, que una vez comprobar su favorable uso en la producción de unidades de albañilería tales como los ladrillos, tal afirmación será impulsor principal para iniciar con trabajos de exploración de nuevos yacimientos , también del diseño de proyectos de explotación de dichos minerales.

Es así que encontramos el primer agente benefactor que será la población en general de la región, puesto que proyectos ya mencionados para la obtención y traslado de los minerales generará un gran número de puestos de trabajo, fuerza laboral calificada y no calificada, de tal manera se estaría aportando con el crecimiento económico regional.

Figura 13: Viviendas con ladrillo artesanal precario



Elaboración: El autor (2023)

De la misma manera, llevar a cabo la realización de esta investigación ayudara y aportara de forma directa al mercado regional de Arequipa ya que se tendrá un producto a bajo costo que contenga y cumpla los estándares de calidad exigidos según norma E070, brindado así confiabilidad para su respectivo uso en diferentes proyectos de construcción, tanto a gran y menor escala, otra ventaja de poder cumplir con la normativa podrá competir con las demás unidades pertenecientes al mercado actual.

Un ejemplo más como agente benefactor será a las distintas unidades de producción de ladrillos artesanales del distrito de Mollebaya y Polobaya; distritos donde aún podemos encontrar mayoría de productores artesanales y gran movimiento comercial de estas unidades.

El impacto es directo ya que se aportará dos nuevos materiales que puedan ser usados por ellos, es entonces que esto significara una gran disminución de su inversión económica a la hora de obtener materia prima, dado que actualmente los costos de compra de arcilla son elevados, esto a consecuencia de que su proceso de exploración y extracción son costosos cada vez más debido al agotamiento de canteras y el alejamiento inminente de nuevos yacimientos.

Un factor que favorece los elevados costos, involucra a unidades mecanizadas de fabricación de ladrillos, ya que no tienen un control respectivo a la hora de la explotación de canteras, y tampoco hay normativas que puedan restringir los actos indiscriminados de extracción que tienen dichas empresas, entonces de esta manera afecta al pequeño productor dejando con pocas reservas de material y un gasto elevado a la hora de obtener arcilla más que otros materiales como arenas, etc.

Es de importancia mencionar que la utilidad del ladrillo es también un impacto relevante, esta además manifiesta que los ladrillos que se fabricaran cumplirán con las principales funciones estructurales en una construcción del tipo que sea. La unidad de estudio el cual es el ladrillo de tipo King Kong, con su respectivo reemplazo correcto de liparita y diatomita, correcto porque se identificará el porcentaje de reemplazo más eficiente, esto quiere decir que se seleccionará el ladrillo que cumpla la mayoría de estándares de calidad, con el fin que pueda desempeñarse como una unidad que pueda soportar carga estructural.

Finalizando la importancia práctica que tiene la investigación, todo se sintetiza en la idea que los minerales Liparita y diatomita sean candidatos perfectos para la sustitución de la arcilla en la formulación tradicional de ladrillos en nuestra región, es así aumentando el mercado de materiales a la hora de fabricación y producción de estas unidades, también de ser una alternativa para que la producción artesanal sea aún rentable y que muchas personas puedan sustentarse a través de esta actividad.

1.6 Alcance y limitaciones

Como alcances se tienen los ya mencionados antes acerca de la importancia de la investigación con ello hace referencia a saber cuál puede ser el porcentaje más apto de sustitución siguiendo las normas especificadas por la E-070.

Sin embargo, dentro de las limitaciones se tiene que en la ciudad de Arequipa no hay muchos laboratorios que realicen pruebas de compresión diagonal en muretes y los pocos que realizan se encuentran saturados de tiempo y demoran en la realización de los resultados.

1.7 Viabilidad

El estudio es totalmente viable debido a que los materiales que se usarán son de fácil obtención, tanto en el procedimiento de extracción y manejo, cabe resaltar que transporte de los minerales es a pequeña escala por ende no se necesita de maquinarias especiales para su extracción y traslado hacia la unidad de elaboración.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Lozada, D.; Pinos, A.; Santiana, C.; Yuquilema, B. (2022), en el artículo de investigación titulado "*Diseño Experimental para la Optimización del Ladrillo Cerámico Prensado*", su objetivo fue evaluar las distintas materias primas usadas en la producción a través de diseños experimentales y con ello poder verificar la cantidad de dosificación óptima disponible, utilizando datos experimentales de laboratorio de esta manera concluye que la forma que más se ajusta es al modelo cuadrático y que la cantidad óptima requerida es de 5%, 10% debido a que garantiza una compresión de 6 MPa, 4.9 Mpa con ello llega a la resistencia requerida en su investigación.

Romero, J. (2021), en su tesis, titulada "*Determinación de la resistencia a la compresión de ladrillos macizos elaborados con varios tipos de cantón pastaza arcilla y comparación con el ladrillo común.*" El objetivo de la investigación experimental fue determinar las particularidades físicas y mecánicas de algunas de las rocas en forma de arco que se encuentran en la provincia de Pastaza, variando las tasas de absorción de humedad y probando qué tan bien resistían a la presión y flexión los ladrillos macizos hechos a mano. Para su ejecución se eligieron tres lugares de la provincia de Pastaza, donde se recogieron cuatro ejemplares de suelo arcilloso durante la realización del ensayo "Cinta de Barro". Además, se realizaron pruebas de granulometría para determinar la cantidad de arcilla en el suelo, y pruebas químicas para determinar la proporción de rodaja, ya que es uno de los principales componentes de la arcilla. Posteriormente, se transportaron al país las muestras de arcilloso suelo. Adicionalmente, se escogieron tres sondas tradicionales de ladrilleras de las provincias tungurahueses. Tras el envío de las sondas de laboratorio para su análisis, se procede a determinar las características físicas y mecánicas de cada lote mediante el procesamiento, examen, interpretación y comparación de los resultados. Los resultados de 80

estudios realizados posteriormente demuestran que la tierra arcillosa de Santa Clara es una adición eficaz a la mezcla tradicional que elaboran los artesanos en sus ladrilleras, ya que mejora significativamente la calidad de los productos terminados.

Bermúdez, J.; Cifuentes, F.; Daza, M. (2021), en su tesis titulada *"Prototipo de Ladrillo de Fibra de Caamo Vegetal como Alternativa Sostenible a los Ladrillos de Arcilla Tradicionales Utilizados en la Construcción de Edificios Residenciales en la Ciudad de Bogotá"*, proponen una alternativa sostenible. La finalidad de este proyecto de investigación es diseñar y ver la viabilidad técnica y financiera de la producción de un Ladrillo elaborado con Fibra de Caamo Vegetal. Se analizó la información necesaria para aplicar y ejercer el proyecto de acuerdo con la normatividad colombiana para el desarrollo de la investigación, tanto en la obtención de la materia prima como para los aspectos técnicos. En los primeros capítulos se identificó a la empresa creadora y gestora organizacional del proyecto. Lo mismo ocurre con la exhibición del producto y la información técnica. A continuación, se presentan los estudios y análisis de mercado de competidores y consumidores. Por el contrario, la estrategia de marketing, los costes del producto en cada fase y la financiación del proyecto se establecen en los dos últimos capítulos. Asimismo, se realizó dos pruebas con los ladrillos, la primera fue realizada a las 72 horas del secado y la segunda fue realizada a los 30 días del secado. En la prueba de absorción de agua, los resultados de la primera prueba fueron del 18,4% y los de la segunda del 14,4%, cumpliendo ambos con el mínimo de la NTC 4017. Por último, debido a su producción limpia, se puede afirmar que usar fibras vegetales en la construcción es práctico y respetuoso con el medio ambiente. Tanto la producción como el uso del caviar pueden expandirse en Colombia, y esto podría convertir eventualmente la alternativa del país en un importante motor económico.

Camargo, L.; Yambay, B. (2020), en su proyecto de investigación *"Elaboración de ladrillos artesanales a través de la utilización de los resultados del proceso de purificación en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales"*

de Quitumbe", El objetivo del presente estudio fue determinar si era factible utilizar los lodos sobrantes de la depuración de la Planta de Tratamiento de Aguas Recuperadas (PTAR-Q) de Quitumbe como ingrediente principal en la producción de ladrillos artesanales. Para ello, se utilizó un diseño experimental con ensayos de laboratorio donde uso variedad de niveles de contenido de humedad residual -5%, 10% y 15% en los casos de humedad seca y dañada-. Tras su desarrollo, se examinaron las características mecánicas en los experimentos de compresión y absorción de agua -los experimentos menores solicitados por la NTE INEN 3049-5-. Posteriormente, se descubrió que los ladrillos con una cantidad adicional del 5% de aceite caramelizado residual se comportan mejor en términos de firmeza a la compresión que los ladrillos comunes debido a un aumento del 23% en su peso. En particular, la PTAR-Q y los ladrillos se benefician del uso de materiales frágiles en la industria de la construcción.

Zúñiga, A. (2018), en su tesis doctoral denominada "*Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*". El objetivo de la investigación es evaluar ladrillos elaborados con materias primas alternativas como tierras diatomeas y lodos de relave de mina de oro, usando un diseño experimental obtenidos de las ladrilleras usadas en los sectores de Catamayo y Malacatos además de usar las tierras diatomeas muestra un alto factor de mejora en la resistencia a la compresión simple sube a 21.95 Mpa/kg en una relación de 60/40 donde aumenta esa característica en un 117% y bajando su peso en un 21% clasificándolo según norma en ladrillo Macizo Tipo C. En lodos de relave usa concentración de del 26% a una temperatura de 120°C con ello aumenta su resistencia en 6.44 Mpa/kg clasificándolo como Tipo A o B, estos resultados se hicieron de caracterización físico-químico y técnica analítica.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Guevara, D. (2022), en su tesis denominada "*Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe*". Para determinar si la ladrillera artesanal cumple con los requisitos según la

norma E.070 Albañilería y sugerir una proporción ideal de sustitución, la ladrillera debe ser evaluada reemplazando parcialmente la arena por residuos de diatomita. La presente investigación es fundamental ya que busca profundizar el conocimiento de acuerdo a su objetivo o meta. Para la prueba se utiliza un diseño experimental de control. 470 ladrillos artesanales (94 ladrillos por cada porción de sustitución) conformaron la muestra, la cual fue construida tomando las especificaciones de la Norma Técnica Peruana 399.613 luego de ser templada. A partir de los experimentos, se descubrió que los ladrillos con 0, 20, 40, 60 y 80% de sustitución exhiben variaciones dimensionales de 4.370, 3.696, 3.739, 3.750 y 4.130%, respectivamente, con respecto a su longitud. - 0,740, -0,288, -0,519, -0,558, y -0,654% en antracita y 17,500, 18,306, 17,208, 19,389, y 19. 056% en altura; de los ensayos de alabeo se desprende que las unidades con porcentajes de sustitución de 0, 20, 40, 60 y 80%, respectivamente, tienen un alabeo máximo de 3,71, 2,86, 3,48, 4,00 y 3,93 mm; de La tasa de sustitución más efectiva, en base a los ensayos y resultados, es del 80%, lo que califica a estas unidades como Tipo I según la Norma E.070 Albañilería y les confiere mejores características físicas que los ladrillos con base o sólo con sustitución.

López, A. (2022), propuso establecer la variación del "*Comportamiento Mecánico de Muros de Albañilería con Ladrillo Macizo de Mortero Cemento Arena Modificado con Eucalipto, Huamanga, Ayacucho 2022*" y aplicó el método científico. De acuerdo a los datos obtenidos, la firmeza máxima a la compresión del Eucalipto es de 244,27 kg/cm² con un rango de variación de 12,09 kg/cm². La firmeza máxima a la flexión de los eucaliptos es de 1,75 kg/cm² con un rango de variación de 0,01 kg/cm², y la firmeza máxima a la compresión de los eucaliptos es de 9,74 kg/cm² con un rango de variación de 0,32 kg/cm². Llegamos a la siguiente conclusión a partir de nuestra investigación: El comportamiento mecánico de los muros de albañilería con ladrillo artesanal macizo de mortero cemento arena modificado con cenizas de eucalipto hasta una máxima de 5% aumenta la resistencia en el

comportamiento estructural de muros de albañilería confinados. Se deduce que la resistencia tiende a disminuir con porcentajes mayores.

Gutierrez, A.; Oyarce, G. (2021), en su tesis titulada "*Adición de residuos solventes al ladrillo artesanal de arcilla para mejorar sus propiedades en consonancia con la Norma E-070- Cajamarca*", basada en un estudio experimental, se propusieron mejorar las características del ladrillo artesanal mediante la adición de residuos solventes, para compararlo con el ladrillo de Norma E-070. Para ello, se elaboraron artesanalmente 280 ladrillos de arcilla, con cuatro grupos iguales, un grupo control y grupos que incluían distintas cantidades (3%, 5% y 7%) de residuos sólidos (cerámica fundida, serrín y mortero de revestimiento). En el transcurso de los 30 días siguientes, se ejecutaron pruebas de laboratorio en la Universidad del Norte sobre variación dimensional, alabeo y firmeza a la compresibilidad. Los resultados muestran que el ladrillo de arcilla tiene una firmeza media favorable a la compresión de 28,84 kg/cm² sin adición de residuos, y que esta firmeza aumenta a 35,96 kg/cm² cuando se añaden residuos al 3%; sin embargo, cuando se añaden residuos al 5% y al 7%, esta resistencia disminuye significativamente. La firmeza a la presión aumenta en un 24,69% cuando se adicionan residuos del 3% con respecto al patrón muestra, y disminuye en un 10% cuando se incluyen residuos del 5% y 7%, apoyando la hipótesis planeada en estos porcentajes.

Cáceres, M.; Mamani, A. (2021), en su tesis de título "*Propiedades físico mecánicas de ladrillos de concreto con adición de fibras de caucho reciclado*" La presente investigación es de tipo experimental correlacional ya que se realizó en gran parte en el entorno inmediato del laboratorio real de la facultad de ingeniería civil con el objetivo de obtener la cantidad ideal según nuestra combinación propuesta y su comportamiento. Para establecer nuestros objetivos, se desarrolló un análisis de los materiales empleados, así como estudios de las diferentes distribuciones para la creación del LCR (ladrillo con caucho reciclado) y la realización de los ensayos correspondientes. Se determinó que la dosificación óptima para la construcción de los ladrillos del estudio era P2 de proporciones constantes de 25% de cemento, 11,25% de

fibras de caucho y 63,75% de hormigón, sustituyendo el 15% del volumen del hormigón por fibras de caucho. La firmeza a la compresión y la densidad probadas de los cubos de hormigón han sido de 155 kg/cm² y 1,92 g/cm³, respectivamente.

Bohorquez, H. (2019), en su tesis titulada *“Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de Polobaya - Arequipa Adicionando Diatomita y Liparita”*, Colocando Diatomita y Liparita en" El presente estudio se ha centrado en utilizar los minerales Diatomita (localizado en la cantera "Andrea" del área de Polobaya) y Liparita (localizado en la cantera del distrito de Mariano Melgar) para crear mortero y luego utilizarlo en la albañilería como material de revestimiento. También se ha medido la resistencia de las unidades de albañilería empleadas en la zona de Polobaya-Arequipa (Ladrillera Yanqui - Mollebaya, se llega a la conclusión de que la adición de diatomita y liparita mejoraba la adherencia del ladrillo-mortero mediante pruebas de firmeza a la presión de pilas (f'm) así como pruebas de presión diagonal (v'm). En el primer experimento, se estableció que la adición de mineral (diatomita y diatomita con liparita) al mortero aumentaba la firmeza de la pila, y en el segundo experimento, se descubrió que los morteros hechos con unidades mecanizadas y los morteros que contenían 10% de diatomita, así como 10% de diatomita y liparita tenían fallos de adherencia diagonal, lo que significaba que el mortero y la unidad se cortaban mientras que el mortero cumplía la adherencia requerida.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Liparita

También conocida como pumita o pómez de piedra. Es una roca piroclástica porosa también conocida como ceniza volcánica o toba que se forma como resultado de erupciones volcánicas. El cuarzo y el ferro magnesio son componentes de este magma de alta viscosidad que se inflama violentamente durante este proceso. La piedra de charco tiene una baja densidad y una alta porosidad debido a su naturaleza vesicular. Estas características son la base de su valor como aditivo ligero, aislante, absorbente

y abrasivo en el mercado. En su estado natural, es blando, quebradizo y, en ciertos casos, está recubierto de cemento, formando depósitos superficiales o crestas que posteriormente se han cubierto como consecuencia de fenómenos geofísicos.

La forma más típica de encontrarlo es en grandes mantos que se han almacenado durante extensos periodos de tiempo en zonas bastante llanas y cubiertas por una capa eólica. Las erupciones vesubianas típicas se caracterizan por la acumulación de grandes cantidades de lluvia de pómez pétreo, que puede sepultar grandes extensiones de terreno e incluso desgarrar. (Bohorquez, 2019)

2.2.1.1 Composición de la liparita

Los minerales primarios de la piedra pómez, pumita y liparita son sílice y aluminio, con cantidades ponderadas de 70% SiO₂ y 13% Al₂O₃ en su composición. Este material es un material piroclástico volcánico. Este material es ligero (su densidad se encuentra entre 0,4 y 0,9 g/cm³), eficaz como barrera térmica y tiene características de la puzolanas. La Piedra Pómez es un elemento clave en la creación del cemento Portland, ya que aumenta su resistencia química (es decir, las condiciones al ataque del agua pura, carbónica, agresiva o ligeramente ácida). Se considera un puzolano natural de bajo coste. (Bohorquez, 2019)

Figura 14: *Forma piroclástico de pómez en la Ciudad de Arequipa.*



Fuente: (INGEMMET, Evaluación de peligros geológicos en el distrito de Paucarpata, 2020)

2.2.1.2 Propiedades físicas

Se debe a la gasificación y descompresión que experimenta la lava al ser propulsada al aire. La consistencia de liparita es bastante baja (entre 0,7 y 1,1) y su porosidad es superior a la de la mayoría de las rocas. (Bohorquez, 2019)

Tiene formas subangulares a subredondeadas con un tamaño que oscila entre unos pocos centímetros y 0,4 metros, textura suelta, con un color gris claro, peso específicamente bajo y rigidez baja. Formada por arcillas limo-arenosas y cenizas volcánicas que forman parte de los depósitos piroclásticos. (Bohorquez, 2019)

Color: Muy parecido al color de las piedras volcánicas tienen un tono claro grisáceo amarillento.

Brillo: Piedras con brillo sedoso de apariencia como polvo crudo

Tiene una baja densidad; no es inflamable ni combustible, y resiste el frío, el fuego y las inclemencias del tiempo, es maloliente, no tiene solubles de venta en agua. Su poder abrasivo es muy débil, se clasifica como sustancia que no

supone ningún riesgo para el medio ambiente y es inerte. (Gutierrez C. A., 2021)

2.2.1.3 Propiedades químicas de la liparita

La contextura de la liparita varía en función del yacimiento en el que se encuentre; no obstante, suele estar formada por dióxido de silicio (silicato de aluminio amorfo), óxido de aluminio y trazas de otros oxidantes.

Dióxido de silicio (SiO_2) = 74%

Óxido de aluminio (Al_2O_3) = 12.6%

Óxido ferroso (Fe_2O_3) = 0,7%

Sodio (Na_2O) = 2,1%

Potasio (K_2) = 3,0%

Calcio (CaO) = 0,7%

Dióxido de titanio = 0.1%

Oxido de magnesio = 0,3%

Agua = 3,4%

2.2.1.4 Aplicaciones de la liparita en ingeniería civil

En la construcción, se utiliza como aditivo para crear bloques livianos de hormigón. Un material habitual en la creación de hormigón ligero es la piedra pómez. Es el material primario más adecuado para un buen muro, ya que es poroso, ligero, duradero (en comparación con la solidez granular) y no inflamable. Además, se utiliza para limpiar superficies delicadas en la construcción civil y monumental, como estucos, esgrafiados, bajorrelieves y, en general, cualquier superficie que requiera un manejo delicado. También se utiliza para superficies metálicas que necesitan un mateado muy fino. (Baquero, 2019)

Figura 15: *Bloque de Liparita*



Fuente: (Lealba, 2019)

2.2.2 La diatomita

Las rocas conocidas como "diatomeas-tierras" son rocas estratificada, orgánicas y silíceas formadas por la acumulación de frondas de diatomeas. Esta acumulación se produce en ambientes sedimentarios extensos y poco profundos, donde el agua es rica en nutrientes y limo. Para que el acopio sea suficientemente rica en el resto de las regiones de Silesia es necesario que se produzca en medios protegidos de aportes terrígenos. (Baquero, 2019)

En casi todos los hábitats acuáticos, las diatomeas son algas unicelulares microscópicas bastante comunes según su especie. Pueden encontrarse solitarias o en grupos, en aguas dulces o agrias, y son originarias de extensos medios sedimentarios poco sumergidos, con lenta deposición de sedimentos clásicos, y donde el agua es rica en nutrientes y sustancias químicas.

Todas las diatomeas proceden de un organismo vivo llamado diatomea, que tiene la capacidad de conservar una porción de su hábitat acuático original. Los depósitos de sedimentos orgánicos se producen al morir y quedar encorvados. La desintegración de los componentes orgánicos permite el acaparamiento de caparzones silíceos, que posteriormente se compactan y convierten en depósitos de diatomita. (Moreno & Iles, 2009)

Figura 16: *Diatomita de cantera Pocsi*



Elaboración: El autor (2023)

Estos organismos microscópicos poseen la capacidad de extraer trozos de sus hábitats nativos. Cuando un organismo muere, se arroja al agua, creando como resultado un sedimento orgánico. Este sedimento orgánico se descompone a continuación, acumulando capas limosas que acaban combinándose para crear posibles depósitos de diatomeas.

Clasificación comercial según el aspecto:

Diatomita extra: de colores blancos y aspecto limpio.

Diatomita de primera: de tonos blanquecinos.

Diatomita segunda: de tonos grises o amarillo blanquecino.

2.2.2.1 Propiedades físicas de la diatomita

A pesar de ser un microamorfo en términos de su análisis cristalográfico, la diatomita exhibe morfología cuando se observa a través de un microscopio. Se puede observar que hay - 4 cristobalita y una cantidad aproximada de -cristobalita por la difracción de rayos X. La información proporcionada anteriormente sugiere que la diatomita es isotáctica. La baja consistencia, la alta capacidad de absorción, la gran superficie, la baja capacidad abrasiva y la baja conductividad térmica de la estructura esquelética de la diatomita permiten su uso en diversas aplicaciones industriales. (Calderón, Quispe, & E y Rebatta, 2017), las propiedades físicas se evidencian en la siguiente tabla N°1.

Tabla 1: *Propiedades físicas de la diatomita*

Color	Blanco brillante (en caso de alta pureza)
	Blanco (calcinado con fundente)
	Rosa (calcinado)
Brillo	Mate y terroso
Fractura	De pulverulenta a sub- concoidal
Transparencia	Opaca
Tenacidad	Desmenuzable a friable
Solubilidad	Insoluble en ácidos
Porcentaje de humedad	10% hasta un 60%
Estructura química	Inerte
Absorción de líquidos	Absorbe hasta un 150% de su peso en agua

Fuente: (Ruiz, 2019)

2.2.2.2 Propiedades químicas de la diatomita

Según la Nomenclatura Internacional de Minerales, pertenece a la clase de los silicio-minerales, y su componente esencial es un ensamblaje de los iones silicio-oxígeno con la fórmula SiO_2 , NH_2O , estos componentes son indispensables para la investigación ya que se quiere sustituir dicho material se muestra los componentes en la siguiente tabla N°2

Tabla 2: *Composición química de diatomita*

Componente	Composición (%)
SiO_2	65-95
$\text{Al}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	0.2 - 0.8
$\text{CaO} + \text{MgO}$	0.1 - 7
$\text{K}_2 + \text{Na}_2\text{O}$	0 - 5
$\text{H}_2\text{O} + \text{Materia orgánica}$	4 a 15

Fuente: (Ruiz, 2019)

2.2.2.3 Aplicaciones de la diatomita en ingeniería civil

Sin embargo, existen muchas otras formas de utilizar la diatomita, como el tratamiento preparatorio mediante calcinación (cocción a $800\text{-}1000^\circ\text{C}$) y activación (cocción a unos $1000\text{-}1200^\circ\text{C}$ con adición de fundida).

El aumento de su homogeneidad facilita su manipulación, reduce la ración de agua agria en la composición y evita que se segreguen posteriormente. Sin embargo, esto aumenta su eventual impermeabilidad. Además, se utilizan para hacer mayonesa, losetas, baldosas, placas/tabiques, ladrillo volátiles y baldosas, entre otras cosas. También se utilizan para preparar estucos con cemento, call.

Figura 17: *Placas / Tabiques de diatomita con cemento*



Fuente: (Tamayo, 2022)

En los últimos años, los intelectuales han estudiado los materiales absorbentes con el objetivo de optimizar químicamente su capacidad de eliminación. El éxito del material modificado en el proceso de absorción dependerá de variables como el pH de la solución, el tamaño de las partículas, la temperatura y la dosificación. (Zapata, 2019)

2.2.3 Materia prima para la fabricación del ladrillo

2.2.3.1 La arcilla

La definición y el uso del término "arcilla" son ambiguos y difíciles de precisar. En cuanto al origen, el significado de la arcilla no está claro porque puede ser un almacén sedimentario, un meteorito, un producto hidrotermal o la consecuencia de una sinapsis. La ambigüedad del término se debe a que conceptualmente significa algo diferente para un ceramista, un geólogo, un especialista en educación o un fabricante de ladrillos. (Saldarriaga, 2009)

Los minerales utilizados en las arcillas son en su mayoría silicatos hidratados de aluminio con una estructura cristalina parecida a la mica. La meteorización o alteración hidrotermal de la sílice rica en aluminio es la causa

de su formación. La principal causa de este cambio físico-químico es el agua. Las arcillas transportadas y depositadas suelen clasificarse como cuarzós o limos, y se utilizan para fabricar tabulares o lentes.

En su estado nativo, la arcilla suele estar constituido por uno o varios minerales arcillosos. Además de los silicatos de aluminio, que constituyen la mayor parte de los minerales de la arcilla, existen otros componentes como fragmentos de roca, oxidantes hidratados, álcalis, materiales coloidales, así como subproductos hidratados de deterioro de rocas aluminosas y silicatadas.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las arcillas son estructuras naturales resultantes del deterioro natural de rocas gnéísicas o feldespáticas, así como de depósitos aluviales o eólicos.

Figura 18: *Material arcilloso encontrado en cantera Pocsi - Arequipa*



Fuente: (Díaz Valdiviezo, 2010)

Según la definición más rigurosa, la arcilla es un agregado de minerales y sustancias que contienen coloides, creados por la desintegración química de fuentes de rocas alcalinas. Se ha obtenido mediante procesos de envejecimiento planetario de naturaleza geofísica. Se considera un recurso fluido y abundante, ya que el envejecimiento es un proceso continuo que ocurre

en todas partes del mundo. Dado que el feldespato es el mineral más frecuente en la Tierra, constituye la gran mayoría de las rocas que forman la corteza terrestre. Este tipo de roca formada por feldespato se conoce como roca feldespática. La formación de la arcilla se atribuye a la descomposición de estas rocas. (Viera, 1987)

2.2.3.2 Tipos de arcillas

Según su origen:

- a) Arcillas iniciales o residuales: En el mismo lugar que sus rocas madre, se formaron depósitos primarios de arcillas. La causa directa de las arcillas es el deterioro natural de las rocas gneis o felspáticas. Por ello, aunque son pocas, las arcillas originales de estos yacimientos proporcionan los productos más puros. Al no haber sido movidas por el agua, el viento o el hielo, estas arcillas suelen ser más puras. Esto se debe a que las partículas con más impurezas son las que han sido arrastradas por el viento o el agua. La mayoría de los almacenes de arcilla de las escuelas primarias tienen adoquines no dañados hechos de roca. El hecho de que la arcilla no haya sido sometida al proceso de granulación al estar suspendida en agua provoca, en cambio, la mezcla de granos grandes y pequeños. En general, las arcillas de primaria suelen tener granos gruesos y poca plasticidad. (Indecopi., 1978)

Aunque las arcillas primarias suelen estar libres de impurezas, no es posible encontrar arcillas 100% puras en ningún almacén de arcilla. Esto se debe al hecho de que pueden encontrarse algunas impurezas en las arcillas residuales como resultado de la interacción entre los diversos minerales de la arcilla y otros minerales. Dado que sólo se desarrollan a temperaturas inferiores a 1750 °C, las arcillas primarias se distinguen por su elevada refractariedad.

Pureza relativa como resultado del alto contenido en aluminio y arcilla, bajos niveles de cromo hexavalente y otras impurezas químicas.

Adquiere un color blanco tras la cocción como consecuencia de su bajo contenido en impurezas.

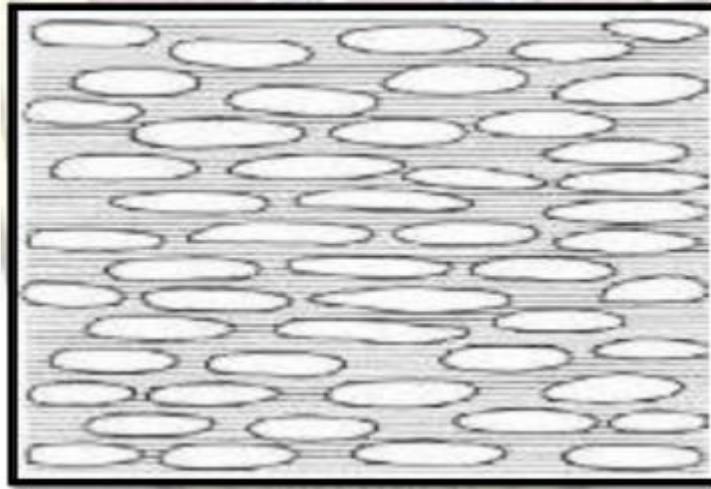
Plasticidad limitada tras el moldeado debido a que ya no tienen la forma que se les dio durante el proceso de moldeado.

b) Arcillas secundarias o sedimentarias:

Los depósitos secundarios se deben al desplazamiento de la arcilla por la acción del agua, el viento o el hielo. La arcilla que se origina en estos depósitos es la que predomina en la Tierra. El término "arcillas secundarias" se refiere a un tipo de arcilla que ha sido transportada a un lugar diferente y que no está presente donde se destruyó su roca madre. El medio de transporte más común para los constituyentes de este tipo de arcilla es el agua, aunque el viento y los glaciares también sirven para este propósito. Las arcillas que son transportadas por el agua pasan por dos procesos. Cuando llegan a aguas tranquilas, primero sufren un proceso de selección que hace que disminuyan de tamaño como consecuencia de la pérdida causada por el rozamiento entre las partículas.

En esta fase de selección, las partículas más pequeñas, que aún están suspendidas en el agua, se depositan y se separan en partículas más grandes. Debido al hecho de que las arcillas secundarias son una mezcla de varias arcillas creadas por la erosión en varios lugares, este tipo de arcilla tiene una pureza menor que las arcillas primarias. Debido a esto, es común encontrar impurezas como mica, alquitrán y otras impurezas en la composición química de estas arcillas. Es extremadamente infrecuente, pero no imposible, encontrar arcillas secundarias que tengan un nivel de pureza superior al de la mayoría de este tipo de arcillas. Estas arcillas, a veces denominadas "arcillas de bola", son increíblemente útiles para realzar la plasticidad de las arcillas primarias, conservando al mismo tiempo su tonalidad blanca. Este tipo de arcilla incluye los llamados "caolines secundarios", que tienen una concentración de madera relativamente baja. (Verdeja, Vásquez, & Barranzuela, 1993)

Figura 19: *Esquema de partículas en la arcilla*



Fuente: (Menacho, 2019)

Debido al menor tamaño de sus gránulos, las arcillas secundarias presentan las siguientes características fundamentales:

Alto grado de plasticidad

Tras la cocción, pueden adoptar diversos colores, que van del blanco al granate oscuro; esto se debe a que contienen una gran cantidad de impurezas.

Normalmente, su punto de fusión se sitúa entre 1150° C y 1500° C.

Según su composición:

Pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica.

Calcarías: Tienen un contenido en carbonato cálcico de alrededor del 15% crean ladrillos de color amarillo.

No calculas Compuestas de sílice de aluminio, contienen entre un 2 y un 10% de óxidos de hierro y estaño, y adquieren un aspecto oxidado o salado cuando se calientan.

Cuando se crean unidades albaileras, se utilizan este tipo de arcillas, y el atractivo estético no es una consideración.

Según su capacidad de absorción de agua tenemos 2 clases:

Grasas: Son arcillas excesivamente plásticas, incluso con muy poca humedad. En su composición, tienen una alta concentración de minerales arcillosos y una baja concentración de rocas ígneas silíceas. Además,

tienen una alta capacidad de absorción de agua, contienen muchos componentes coloidales y sufren torceduras excesivamente severas cuando se consumen. Estas arcillas son fáciles de moldear, pero su fuerte adherencia impide la correcta deconstrucción del artículo fabricado.

Magras: No absorben mucha agua y tienen poca plasticidad. No sienten ninguna resistencia cuando secuestran. Tendrás mucha arena contigo.

Arcillas para la fabricación de ladrillos:

Las características de la mezcla que compone cada tipo de arcilla que estuvo presente a lo largo de su formación, en este caso para la elaboración de ladrillos, vendrán determinadas por dichas características. Esto dependerá de las circunstancias y elementos que afectaron a la formación de las arcillas.

Para la elaboración de ladrillos se suelen utilizar (casi siempre) arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o materiales algo impermeables.

Las arcillas utilizadas en la mezcla deben ser plásticas cuando se combinan con agua, independientemente de si se crean en moldes o utilizando máquinas de extrusión que moldean y dan a las unidades de arcilla su forma final. Cuando se calientan a altas temperaturas, sus constituyentes deben ser capaces de unirse y tener suficiente adherencia para mantener la estabilidad de la unidad después de su demolición. De acuerdo con estas características, las únicas arcillas aptas para la fabricación de ladrillos son las superficiales.

Debido a que se correlacionan con una formación sedimentaria reciente, estos tipos de arcillas son los más fáciles de explotar y, por lo tanto, los más utilizados. Sin embargo, por su mayor exposición a la contaminación por ventas por causas naturales y por el uso agrícola del suelo, resultan las unidades más susceptibles al crecimiento eruptivo. (Cáceres & Mamani, 2021)

2.2.3.3 Propiedades físicas de la arcilla

Tiene la complejidad y proporción de los componentes que componen la arcilla determinan sus características.

El nivel de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos elaborados con arcilla, como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc., dependen de la distribución granulométrica, que es una característica muy significativa. Debido al hecho de que las características físicas de las arcillas varían, la dimensión de los granos de arcilla puede variar significativamente según el tipo de arcilla al que se haga referencia.

Hay un número significativo de arcillas que incluyen un alto porcentaje de partículas que son más pequeñas que un diámetro microscópico (0,001 mm). Estas partículas son grandes, planas y de forma dilatada. La combinación del tamaño de sus componentes y su forma le da a la arcilla una superficie muy grande por unidad de volumen. (Calderón, Quispe, & E y Rebatta, 2017)

La dimensión muy pequeña de las partículas de arcilla es la consecuencia del aplastamiento de los fragmentos de roca entre sí, lo que provocó la desintegración de la roca. Sin embargo, se pueden encontrar fragmentos mezclados de mayor tamaño en conjunto a los granos más pequeños de ciertas arcillas. Estos granos más grandes pueden ser feldespato que no haya sido alterado, cuarzo u otro mineral que se haya combinado con la arcilla durante el tránsito o la sedimentación. La extensión de grano típico, según SUCS, está entre 4,75 mm y 0,075 mm de diámetro para arenas, y menos de 0,075 mm de diámetro para arcillas. La proporción de minerales en una arcilla variará dependiendo del tamaño del grano, lo que significa que ciertos minerales preferirán concentrarse dentro de límites de cierto tamaño. Por ello, el cuarzo y mucho más el feldespato se acumulan preferentemente cerca de la fractura de la arcilla gruesa (2-0.2). (INGEMMET, Memoria Anual, 2010)

Por otro lado, las fracturas más finas contienen las concentraciones más altas de minerales específicos de arcilla. En general, solo hay minerales de

arcilla y algunos oxidantes en tamaños inferiores a 0,2. Sólo realizando las necesarias separaciones o fracturas de tamaño adecuado se puede lograr la determinación completa de una arcilla. Las características que presentan los minerales en su estado natural deben ser preservadas a través de una adecuada identificación.

Contracción:

Propiedad de las arcillas que genera que las dimensiones de lo que se moldea se encojan al evaporarse la humedad. La arcilla está caliente y tiene un elevado contenido en agua en el momento del moldeado, y al realizar el proceso de secado, la mezcla pierde el agua que contenía, reduciendo la dimensión de la pieza moldeada. Ocasionan dos tipos diferentes de operaciones:

Conflicto al aire, que se produce tras la formación de la unidad, pero antes de su cocción en el horno.

Choque de fuego, que se produce durante el proceso de quemado. Cualquiera de estos tipos de fricción, si es demasiado grande, puede provocar arenillas y deformaciones en la unidad albañilería.

Refractariedad: Propiedad que se refiere a la capacidad de soportar aumentos de temperatura. Todas las arcillas tienen esta propiedad, sin embargo, algunas tienen un grado mayor que otras. El contenido químico del aluminio y de la rebanada es responsable de la variación de refractariedad entre arcillas adyacentes. Esta propiedad será más valiosa si la arcilla posee un alto porcentaje de estos componentes.

Porosidad: La permeabilidad de las arcillas varía según el tipo. La dimensión del grano que contiene la arcilla influye mucho en esta propiedad. La porosidad de una arcilla de grano más voluminoso será mayor que la de una arcilla de grano chico. Las arcillas de grano pequeño permanecen más unidas entre sí, mientras se empieza a dar forma y compacta la mezcla que se utilizará para hacer la unidad albañilería. Esto impide que se almacene agua entre ellas y, al sellar la

pieza, se reducen las cavitaciones ocasionadas por la evaporación del agua.

Color: El blanco es el color más puro de la arcilla, pero aparte de eso, tiende a ser más o menos gris, a veces azul o negro, y a menudo amarilla, roja o parda. Los distintos tipos de matriz vienen determinados por su composición química, sin embargo, en este caso no es la cantidad de aluminio y de arcilla lo que determina la composición, sino las impurezas de origen, tanto orgánico como mineral, que destacan entre ellas: ácido oxálico, oxalato de cobalto, oxalato de cobre, oxalato de cobalto y oxalato de manganeso.

2.2.3.4 Propiedades químicas de la arcilla

La capacidad de capturar cationes e intercambios aniónicos ocurre en las arcillas minerales y, a menudo, ocurre en un ambiente acuoso. Los siguientes son los iones intercambiables que se ven con mayor frecuencia: Se pueden encontrar numerosas aplicaciones industriales para la propiedad de intercambio iónico de Ca^{+2} , Mg^{+4} , H^{+} y Na^{+} .

El Al_2O_3 es una sílice que ha sido hidratada por aluminio, y su fórmula química es $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Destaca por adquirir plasticidad cuando se mezcla con agua y por adquirir solidez y durabilidad cuando se calienta por encima de $800\text{ }^\circ\text{C}$.

2.2.3.5 Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcillas

No hay una sola arcilla que sea completamente pura; más bien, siempre se mezclan con materiales extraños que forman lo que se conoce como impurezas. Estas impurezas pueden haber estado presentes en ella desde el principio o pueden haber sido introducidas accidentalmente mucho más tarde. (Limay, 2019)

Impurezas de origen: A menudo provienen de los escombros que han dejado las rocas al desintegrarse y dar lugar a la arcilla. Los dos que se

encuentran con más frecuencia y en mayor cantidad son el cuarzo y la mica. En consecuencia, las principales impurezas a tener en cuenta son solo la mica y el alquitrán. Puede haber momentos en los que se puedan encontrar más, pero esos casos son tan pocos y poco frecuentes que no es importante tenerlos en cuenta o no. (Caraza, 2015)

Impurezas accidentales: Aparecen en arcillas que han sido desplazadas y arrastradas a lugares distintos de los de su formación como consecuencia de perturbaciones geofísicas, por lo que tiene sentido que cualquier cuerpo extraterrestre que haya sido capturado durante su desplazamiento haya quedado atrás. Estos incluyen compuestos ferruginosos, rutilo, que es el anhídrido de titanio, y alcalinotérreos o carbonatos pesados (calcio, magnesio). En las arcillas, las pepitas de hierro no siempre parecen ser muy puras; a veces, están completamente oxidados. Bajo la influencia del calor, la arcilla que contiene las piritas se vuelve porosa. La acción de un dispositivo conocido como reductor hace que la pirita se transforme en azufre del cuerno que se convierte fácilmente en un gas que puede causar hendiduras. La producción de azufre oxigenado y derivados de la madera aparece bajo una llama oxidante. (Caraza, 2015)

Debido al hecho de que estos ingredientes se alteran fácilmente como resultado, estas combinaciones sulfurosas pueden causar serios problemas al cocinar las lentejas. Cada gránulo de azufre, al oxidarse, contribuye irreversiblemente a la destrucción de la homogeneidad de la región arcillosa que lo encierra, y esta falta de homogeneidad da lugar a la rotura. Las piezas elaboradas con azufre de hierro permanecen calentadas durante bastante tiempo. La presencia de calcio es más notable en el estado de carbonato. A veces, este carbonato se encuentra en marañas densas, pero con mayor frecuencia se mezcla directamente con la arcilla y solo puede detectarse mediante un experimento químico. Una cantidad importante de carbonato cálcico daña la arcilla porque el producto se ensucia y pierde cohesión. Cuando la arcilla se cuece de forma inadecuada, el sulfato de calcio, que puede ser anhidro (anhidrita) o hidratado (distintas variedades de yeso), se deshidrata

instantáneamente y luego se rehidrata rápidamente bajo la influencia del aire caliente, dando lugar a una variedad de capilares en la mezcla. lienzos que simultáneamente debilitan el material y lo convierten en una sustancia heladizante.

El carbón, una impureza común en las arcillas, puede aparecer en forma de carreras, vetas causantes de turbulencias, o en cofres goteantes, como en el caso del carbón, o puede estar disperso en partículas muy pequeñas, como en el caso de los carbonatos y los bituminosos. esquistos Cuando se utiliza como combustible, es útil, pero también es muy perjudicial, sobre todo cuando hay una variación en la cantidad y la calidad. Es necesario alargar la válvula en este último caso, o incluso oxidar completamente el hidrato de carbono. Por otro lado, tendrás que aceptar recibir un producto que ha sido manipulado por dentro o quizás "hinchado". (Caraza, 2015).

Figura 20: *Arcilla con impurezas, actualmente en la industria artesanal no recibe tratamiento alguno para elevar su pureza.*



Elaboración: El autor (2023)

2.2.3.6 Usos de la arcilla en ingeniería civil

Se utiliza, entre otras cosas, para estabilizar charcas, impermeabilizar trincheras, estabilizar grietas y grietas en roca, absorber humedad para evitar derrumbes de túneles o excavaciones y estabilizar grietas. Para poder utilizarse, debe tener un carácter tixotrópico claramente definido, viscosidad,

una gran capacidad de enredamiento y una buena dispensabilidad. Las mejores propiedades para este uso las proporciona la bentonita salina o la bentonita activada con carbonato cálcico. Las aplicaciones en este campo podrían incluir:

La realización de membranas impermeables sobre barreras de tierra o su utilización como cimentación de excavaciones.

La prevención de ataques de perros. El desplome de muros puede prevenirse durante la construcción lubricándolos con sanguijuelas de bentonita.

Protección de tuberías: rellenando grietas y actuando como lubricante.

En el cemento, aumenta la trabajabilidad y plasticidad del material.

En la construcción de túneles, ayuda a la estabilización y al sostenimiento. Un lodo del 3-5% de arcilla bentónica mantenida a una presión específica sostiene la parte delantera del tubo y funciona como lubricante.

Figura 21: *El uso de arcilla en ladrillos artesanales.*



Elaboración: El autor (2023)

2.2.4 La arena

Uno de los principales añadidos que componen la mezcla asfáltica es la arena. Debemos tener en cuenta que tanto los materiales agregados como los procesados tienen propósitos específicos, y sin ellos, el asfalto simplemente no

se podría hacer. En este artículo, puede aprender un poco más sobre las características de la arena.

La estabilidad mecánica del asfalto está influenciada por los envejecimientos. Sus funciones incluyen llevar el peso del tráfico (los vehículos en movimiento) y transferir o distribuir ese peso a otras capas menos obvias. Por ello, la condición de estos materiales es primordial para el buen funcionamiento de la obra.

Cada pieza de material de jardinería debe estar libre de cualquier impureza, incluyendo arcilla, materia orgánica y otras materias que puedan dañar la estabilidad de la mezcla. Recuerde que la grava, la piedra triturada y, por supuesto, la arena abrasiva son algunos gránulos agregados más empleados en la construcción de alfombras asfálticas.

Figura 22: Arena utilizada por las unidades artesanales en Mollebaya



Elaboración: El autor (2023)

- **Propiedades físicas de la arena**

El hecho de que la arena esté formada por diferentes tipos de rocas y minerales significa que tiene una amplia gama de propiedades químicas. La mayor parte de la arena está compuesta de arcilla, que en su mayoría está oxidada con sílice. Físicamente hablando, la arena se compone de pequeñas rocas o gránulos minerales que son más pequeños que la grava, pero más grandes que la limo.

El cuarzo es un mineral muy duro, de dureza 7 en la escala de Mohs. La figura cristalina más común es hexagonal, y el cristal puro es transparente a la luz.

El basalto, roca ígnea que escupen los volcanes, especialmente el tipo que da a la playa, constituye una parte importante de la arena. Una parte importante de la corteza de los océanos de la Tierra está formada por el basalto. Debido a su composición rica en magnesio, los minerales plagioclasa y piroxeno son ejemplos de los minerales de hierro y magnesio que se utilizaron para crear la base. Otros tipos de arena son de coral artificial, caracol de coral artificial, coral artificial y caracolas de almejas artificiales. (Camargo, 2020)

Existen numerosos colores posibles para la arena. Algunas playas de Hawái son famosas por su arena negra, mientras que las playas del Caribe lo son por su arena rosa. La arena se compone de diversos materiales, por lo que es posible examinar los áridos al microscopio para determinar su origen y finalidad.

La aspereza de una mezcla de asfalto se ve afectada por la ausencia de arena, y el exceso de arena necesitará más agua para proporcionar el asentamiento necesario. La capacidad de la arena para minimizar las fisuras que podrían desarrollarse en la mezcla de rocas amorfas a medida que perdura es una de sus principales características.

Los recursos utilizados para extraer la arena y la ubicación de la fuente son solo dos de las muchas variables que afectan su precio. Dependiendo de las características de la mezcla, la arena debe encofrarse para obtener el tamaño deseado, hay muchos usos industriales para la sílice, y no todos implican su uso como aditivo de un solo componente.

2.2.5 El ladrillo

En el transcurso de la historia, el ladrillo se ha utilizado para la construcción de albañilería, y particularmente en el mundo antiguo, el ladrillo era nativo de las regiones pedregosas al igual que la piedra. Debido a que surgió en suelo aluvial entre el Tigris y el Éufrates, donde la arcilla y la arena eran las materias primas más abundantes, Mesopotamia fue la primera

civilización en desarrollar la industria cerámica. El primer mes del verano se conocía como "mes del ladrillo" en Caldea. En un principio, los materiales de construcción utilizados en estas estructuras eran el adobe, que es la arcilla en bruto expuesta a los rayos del sol. A esta combinación se le agregó junquillo, paja y una cantidad sustancial de abrasivo para evitar retracciones y agrietamientos durante el proceso de secado. (Baquero, 2019)

El uso del ladrillo real aumentó con el tiempo, pero solo se usaba para renovaciones exteriores elaboradas o desafiantes y construcciones opulentas, ya que era más difícil y costoso de conseguir. Aunque Asir tenía canteras de piedra, el ladrillo fue más popular por su fácil producción y la influencia de su vecina Caldea. El procedimiento de construcción era bastante diferente a la actual porque los adobes todavía eran martillados cuando se pusieron en construcción y se unieron bajo presión para convertirse en las masas homogéneas que se ven ahora. Más que estructuras de nueva construcción. (Bermúdez, Cifuentes, & Daza, 2021)

Los ladrillos son diminutas piezas cerámicas paralelepípedos hechas de tierra arcillosa que han sido comprimidas, moldeadas y cocidas. Por su estructura uniforme y manejo sencillo, pueden ser utilizados en muchos tipos de construcción.

Ladrillo es el término utilizado en la Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) para la unidad de aleación de aluminio fabricada con arcilla, esquisto arcilloso o sustancias terrosas similares, formada por prensado, moldeado o extrusión, y sometida a un proceso de calentamiento a alta temperatura.

Anteriormente, en las tradicionales ladrilleras, el proceso de amasado de cebada utilizaba peonías; estos fueron reemplazados más tarde por varios animales, y hoy en día se hace con un tenedor y una cuchara. Los procesos de modelado y secado se realiza incrementando de manera sucesiva el molde con la cebada indispensable para hacer cada ladrillo en un molde preparado, haciendo quedar allí los zarcillos y permitir que sea natural la evaporación para continuar al apilamiento y seguidamente secar la laca seca. (Cruzado, 2017)

Los antiguos asiáticos usaban el ladrillo sin cocinarlo, mientras que los romanos y los bizantinos lo usaban cocido. Los ladrillos son materiales que sirven para la construcción todo ello a base de un molde de arcilla el cual se seca el ladrillo al sol de manera crudo para cocer al horno. Una pieza arquitectónica conocida como ladrillo es típicamente cerámica, de forma rectangular y está hecha de material cerámico como barro, arcilla o cerámica que ha sido cocida o secada. Este maravilloso elemento de construcción combina una serie de cualidades que están orientadas a proteger a los humanos, entre ellas, resistencia a la compresión, baja conductividad térmica, aislamiento acústico, absorción de agua, resistencia al fuego y durabilidad. Una práctica más común ahora es construir con ladrillos resilientes, es decir, sin armamento, proyectos de cinco pisos o incluso más grandes, alejándose de categorizar al ladrillo como si solo sirviera como un riachuelo y protección contra las inclemencias del tiempo.

Figura 23: Ladrillo artesanal



Fuente: (Quiroz Carranza J., 2021)

2.2.5.1 Tipos de ladrillo

Clasificación por su resistencia

Tipo I: Muy Baja resistencia y durabilidad. Apropriada para la construcción de albañilería en condiciones mínimas de servicio.

Tipo II: Baja durabilidad y resistencia. Apropriado para construcciones con albañilería en condiciones moderadas de servicio.

Tipo III: Moderada resistencia y durabilidad. Apropriado para construcciones con albañilería de uso general.

Tipo IV: Fuerte resistencia y durabilidad. Ideal para construcciones con albañilería en condiciones estrictas de servicio.

Tipo V: Alta durabilidad y resistencia. Apropriado para la construcción de edificios de aluminio en condiciones de servicio especialmente rigurosas.

Clasificación por su geometría

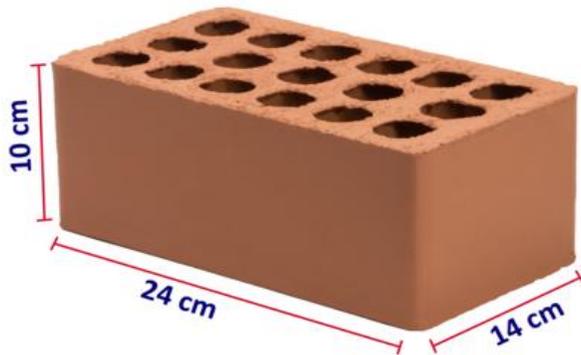
Tiene forma rectangular y tiene forma de prisma, siendo el soga su mayor tamaño. Tizón y espantoso son los nombres que recibe el resto de sus dimensiones. Además, los nombres de tabla, canto y testa (siendo la tabla la más grande) se dan a las diversas caras de ladrillo. En general, la soga tiene el doble de largo que el tizón, o más precisamente, el doble de largo que dos tizones juntos, lo que permite la libre combinación de ambos. Por otro lado, es posible que no se pueda modular grotesco.

Los ladrillos vienen en una variedad de formas, pero por lo general son lo suficientemente pequeños como para manejarlos con una mano. Destacan el formato métrico, con unas medidas de 24 x 11,5 x 5,25 cm (nótese que cada dimensión es el doble de pequeña, más 1 centímetro), y el formato catalán, con unas medidas de 29 x 14 x 5 cm. particular. (Baquero, 2019)

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

Ladrillo perforado, tienen como característica las perforaciones en la tabla que ocupan más del 10% de su superficie. Muy apreciados para la ejecución de fachadas en diente de sierra.

Figura 24: Ladrillo perforado



Fuente: Ladrillera “ El diamante” (2021)

Los que tienen menos del 10% de perforaciones en la tabla se consideran ladrillo macizo.

Figura 25: Unidad artesanal Macizo Moderno



Fuente: (M. S. Camino Olea, 2017)

Ladrillo tejar, similares o parecidos a los antepasados de los ladrillos artesanales, con apariencia rugosa y caras toscas. Presentan cualidades decorativas.

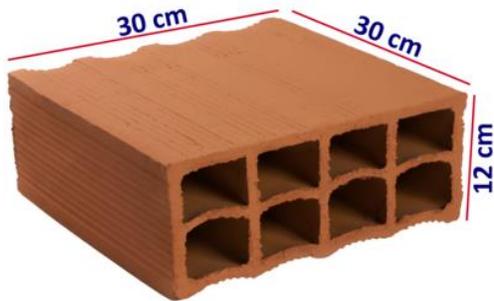
Ladrillo hueco son los que tienen agujeros en voladizo o testa que disminuyen la porción de material cerámico usado en su viviendas. Son los que se utilizan para que la tabiquería no soporte ninguna carga extra. Pueden ser de diferentes tipos:

Rasilla: En comparación con su tizón, su grueso y su soga son sustancialmente más grandes. Sus medidas normales son 24x11.5x2.5

Ladrillo hueco simple: Tiene una testa con una hilera de perforaciones.

Ladrillo hueco doble: Tiene dos hileras testiculares perforadas.

Figura 26: Ladrillo modelo "hueco 12"



Fuente: Ladrillera El diamante (2021)

Clasificación por su proceso de fabricación

Artesanales: Estos ladrillos son hechos a mano y producidos con métodos manuales, lo que resulta en pequeñas variaciones de una unidad a otra en cuanto a acabados. Este tipo de fabricación es realizada principalmente por pequeñas empresas y productores locales. Estas empresas suelen operar en entornos rurales o de pequeñas ciudades, tienen acceso a un horno y queman combustibles baratos y de alto contaminante como carbón, pajillas de arroz, llantas, plásticos e incluso queroseno de motores encendidos. Los principios rectores de estos fabricantes en circunstancias típicas son altos niveles de calidad y buenas prácticas. Y ni que decir tiene que la experiencia de los propietarios o empleados explica la "calidad" alcanzada. (Caraza, 2015)

Figura 27: Fabricación de ladrillo artesanal

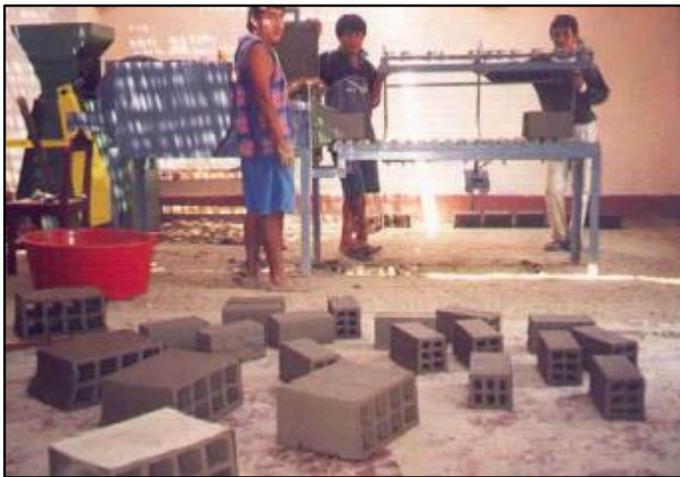


Fuente (Quiroz Carranza J., 2021)

Semi-industriales. La forma de moldeado se ejecuta mediante una sencilla máquina que extrude la masa de arcilla a presión mínima, lo que contrasta a estas unidades de ejecución de albañilería de otras. Una cualidad distintiva de un producto fabricado con este método es que sus superficies son lisas.

Industriales. Los especímenes ejecutados mediante este método tienen la propiedad única de ser homogéneas entre sí, debido a que la elaboración del mismo es mediante equipos que realizan toda la actividad en un solo proceso

Figura 28: Prensa de moldeo y corte



Fuente: *(Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales, 2010)*

2.2.5.2 Características de los ladrillos

El ladrillo debe ser impermeable a los efectos provocados por el pasar del tiempo y tener la confianza de dureza en soportar cargas estructurales, dado que se utiliza sobre todo para construir muros, mesas y otras estructuras.

Las siguientes características generales deben estar presentes en un buen ladrillo para esqueletos albañilería: tener un cuerpo bien formado, que incluya costillas alineadas, extremidades paralelas y bordes y ángulos redondeados. La presencia de un sonido metálico al golpearlo con un martillo o una herramienta parecida es señal de que el ladrillo tiene una buena cocción y no presenta daños en la unidad. Además, tiene que ser poroso, pero no en exceso para que pueda absorber eficazmente la humedad, no incluir sales con el

fin de no tener eflorescencia, y no contener salazones. Debe tener una estructura vitrificada y quebradiza con deformidades y arenillas, y sus geometrías deben ser homogéneas, compactas, claras y sin caliches.

Tampoco debe ser sacado del horno caliente ya que se obtendría un ladrillo violeta o negra. Aunque un ladrillo demasiado cocido es bastante duro, las heridas acaban por debilitar su resistencia. Nada debe estar poco hecho o sin sabor, ya que estas condiciones podrían provocar fácilmente la desmoronación y un sonido extraño. Por último, pero no menos importante, las características físicas del ladrillo incluyen la necesidad de una curación continua, un color similar y un ruido característico mientras se machaca. (Limay, 2019)

Se prohíbe el uso de materiales complementarios como guijarros, conchuelas, o nidus calcáreos en el exterior o interior del ladrillo, de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones (Norma E.070 Albailera). Además, el ladrillo al estar bien cocido, no presenta fallas en sus características. No tendrá defectos que reduzcan su dureza y/o durabilidad, tales como grietas, roturas, manchas de henna o arenillas. No habrá rayas o blanquecinas causadas por la salitosa u otro tipo de daño. (Limay, 2019)

De acuerdo con la NTP 331.017, los ladrillos deben estar con cero defectos, incongruencias y reparaciones superficiales, además de grietas, que puedan reducir materialmente la resistencia o el rendimiento de la construcción. (Limay, 2019)

Las cualidades deben estar presentes en cada unidad de aluminio que se considere adecuada para un edificio: Es necesaria una buena porosidad para que se adhiera bien al mortero; la ausencia de ventas inclinadas evita la aparición de eflorescencias; y un buen moldeado, que incluye superficies planas, costados uniformes, así como esquinas y aristas vivas; tiene la capacidad de producir un sonido metálico al ser golpeado con un palo o un elemento de tipo similar, ya que oír este sonido indica que el dispositivo es adecuado para su uso en edificios. (Barranzuela, 2014)

2.2.5.3 Propiedades

Es importante comprender las características primarias de las unidades albañilería con respecto al producto finalizado, se pueden clasificar en dos categorías:

Cualidades físicas asociadas a la forma del material:

Color: Está sujeto a las cualidades químicas del material primario y del grado de extinción. El efecto del hierro sobre el color es mayor que el de cualquier otro oxidante que se encuentre comúnmente en las arcillas. Esta propiedad tiene una conexión directa con la composición química de los componentes utilizados para hacer el espécimen y el tiempo en el horno. Es el óxido de hierro el que predomina sobre el matiz de los especímenes y le da una tonalidad herrumbrosa.

Textura: Es el efecto que tiene un objeto en su superficie o su aspecto como consecuencia de cómo se ha fabricado.

Propiedades mecánicas:

Basadas en la característica estructural del material:

Compresión simple: Característica mecánica que accede a evaluar la cantidad de fuerza que actúa sobre la unidad.

Variación en la dimensión con respecto a la unidad inicial, o mejor aún, con respecto a la unidad media y, lo que es más importante, con respecto al cambio en el alto de la unidad.

Alabeos, inclinaciones o concavidades en las caras de la unidad.

Capacidad de absorción inicial en el respaldo.

Figura 29: Técnica de medición de Alabeo en ladrillos



Fuente: (Ruiz, 2019)

En relación con la durabilidad:

Absorción: Característica física que se refiere a la capacidad de almacenamiento de agua dentro del espécimen.

Resistencia a la congelación: Característica de los ladrillos para poder soportar temperaturas mínimas y que a su vez eviten grietas.

Resistencia al fuego: Característica física de la unidad a poder aguantar elevadas temperaturas sin tener como efecto el daño en la misma.

Aislamiento térmico: Característica física de baja conductividad termodinámica que impide la transmisión de calor.

Elaboración: El autor (2023)

2.2.5.4 Efectos de la materia prima en el producto final

Numerosos elementos, entre ellos la química del material de la munición, actúan en las características y capacidades de los especímenes. Si bien el moldeado y la cocción son procesos muy significativos, son determinados según forma de la materia prima. De ejemplo, la presencia de ceniza afecta al color de las unidades, produciendo un tono oxidado en cantidades tan bajas como el 7% mientras que un tono azul-turquesa en proporciones más altas. El óxido de magnesio también proporciona un tinte rojizo, aunque en mucha menor cantidad que el hierro. El proceso de oxidación del hierro rojo produce unidades de color rojo o blanco con porcentajes inferiores al 5%. Si el proceso de cocción no está bien controlado, la presencia

de dióxido de carbono puede resultar en unidades ennegrecidas internamente. Además, la presencia de demasiadas hojas secas de paja puede dar lugar a coloraciones indeseables. La aparición de superficies costrosas en el producto obtenido también puede dar lugar a cambios en la textura de los especímenes. Si hubiera demasiados de estos minerales, el material perdería su cohesión y homogeneidad. Minerales como sílice, calcio y feldespato brindan compatibilidad a las unidades. Por tanto, la rodaja debe permanecer entre el 50% y el 60%, y el contenido debe ser menor al 10%. Dichos límites de valores más altos evitan que el mal fallas en la unidad artesanal. Otros minerales, como el pedernal, disminuyen la retracción al tiempo que aumentan la refractariedad. La almina en cantidades superiores o iguales a cinco contribuye a aumentar la refractariedad del material.

La aparición de calcio determina falencias en el alabeo. Las deformaciones de las unidades provocarían un exceso de calorías (de al menos un 10%). La presencia de carbono a lo largo de todo el proceso de cocción daría lugar a una unidad articulada. El hecho de que las unidades no deban florecer es una característica vital; para evitarlo, el contenido de alcohol y acetona del material de juego debe mantenerse por debajo del 0,2%. La resistencia a la compresión es una de las cualidades a mencionar. Uno de los materiales que dañan es el sulfato de calcio, que podría provocar una unidad poco cocida y poco resistente. El óxido de magnesio se deterioraría por expansión superficial si las concentraciones fueran superiores al 1%. También se ha descubierto que, al oxidarse el azufre del carbono, se destruye la homogeneidad, disminuyendo la resistencia y provocando fallas en la estructura.

2.2.6 Fabricación del ladrillo artesanal y su proceso

La producción de los mencionados implica el uso de muchos materiales diversos, la mayoría de los cuales son en variedad de materia prima presente. También existen varios procedimientos en la producción. En consecuencia, no debería haber una aplicación directa del intercambio de experiencias o resultados de estudios. Sin embargo, sirven como valiosos indicadores para la

investigación y el trabajo en curso. No sólo depende del factor principal, sino en defecto de las alteraciones realizadas durante el proceso de elaboración, la arcilla o la masa sean óptimas para producir el ladrillo. En consecuencia, basándose únicamente en la materia prima, no es suficiente para determinar si la arcilla es adecuada para poder elaborar ladrillos; el dictamen también tiene que tener en cuenta cómo se manipula el material. Es posible utilizar numerosas combinaciones y mezclas que afectan significativamente a las cualidades del material utilizado, ya que existen tantos tipos de arcilla y métodos de trabajo diferentes. En otra situación, en consecuencia que pasa el tiempo a lo largo de la extracción de la cantera (o yacimiento), el tema del material primario se vuelve más importante debido a los factores drásticamente cambiante de las capas de arcilla del yacimiento. (Alarcón, 2017)

2.2.6.1 Acopio de materiales

Arcillas plásticas, aleaciones metálicas y carbón constituyen la materia prima, que puede obtenerse de canteras propias o de minas abandonadas, depende del lugar de obtención y de la capacidad de ser disponible en la factoría. En las minas, las actividades de extracción se realizan manualmente o, en la posición de las micro empresas de artesanos, con el uso de explosivos, maquinaria pesada y transporte. La materia sustraída se transporta en volquetes hasta el punto de elaboración; en determinadas zonas se combina tierra agrícola y arcilla; las proporciones de la mezcla varían del 50% al 80% en base al producto final que se quiera obtener y de la calidad de arcilla que se usa en la fabricación del mismo. (Caraza, 2015)

2.2.6.2 Mezcla de materiales

Para producir la pasta, primero se mezclan los ingredientes en batidoras mecánicas; en cambio, en las ladrilleras manuales, la pasta se mezcla a mano y luego se posiciona en depósitos elaborados en el terreno, posterior a ello es amasado por el artesano y sus colaboradores

Mezcla manual: La combinación manual se ejecuta al finalizar la labor del día, en concordancia de una lámpara, se elabora en zonas de moldeado, las mencionadas son de dimensiones en 1m de largo x 2m de ancho y de treinta

a cincuenta centímetros de profundidad, para determinar una mezcla uniforme debe hacerse con los pies con el fin de desaparecer la mayor cantidad de gránulos en la consistencia. Ciertos encargados de la elaboración agregan ingredientes adicionales, los cuales son incluir cenizas, café, arroz entre otros. Los elementos malos que puedan aparecer en la arcilla y la tierra, como rudimentos vegetales, toconos de árboles y fragmentos de roca, se eliminan manualmente al momento que la masa se vuelve uniforme y tiene la textura adecuada para el moho o la labranza. Para el control granulométrico, el producto inicial no se selecciona ni se somete a calibrado molecular. Sin embargo, se deja macerar de un día para el otro para que puedan desaparecer los elementos no mezclados. La elaboración y las características concluyentes de la mezcla vienen determinadas por su consistencia, teniendo en cuenta la experiencia, la accesibilidad de los materiales o los requerimientos de cada artista. (Cruzado, 2017)

Figura 30: Pozos utilizados para el mezclado de materiales



Fuente: (Quiroz Carranza J., 2021)

Dosificación de materiales: conociendo las características ideales de los insumos que se usan en la creación de los ladrillos, es posible diseñar las dosificaciones utilizando una metodología experimental basada en una evaluación de la compresión cubo por lado y varias dosificaciones de materiales para lograr la mezcla correcta. (Mamani, 2015)

2.2.6.3 Moldeo

El proceso de moldeo consiste en colocar la masa en moldes rectangulares para producir la unidad artesanal. En las ladrilleras pequeñas, el producto se amasa de manera manual sin dividirla en más unidades a la vez, usando moldes de metal o madera ligeramente aceitados o tratados con ceniza. El proceso de moldeo se realiza en moldes o máquinas de extrusión de plástico.

Figura 31: Proceso de moldeo ladrillo artesanal



Fuente: (Quiroz Carranza J., 2021)

2.2.6.4 Secado

La fase con alto grado de complejidad y duraderas en la elaboración del ladrillo, es el secado también requiere una consideración cuidadosa de una serie de variables, incluida esencia de obtención de la arcilla, la forma de preparado de material y las condiciones de clima, el potencial de tensiones internas en el molde, la forma y configuración del molde, el secado continuo, etc. En el proceso quitado de humedad se puede efectuar en un horno, aunque con frecuencia también es necesario tener un horno con temperatura constante. Este proceso de la temperatura constante sería la primera en ser realizado, debería hacerse a una humedad que rodee el 80 a 90% de lo habitual, retrasando un secado algo apresurado, que se caracteriza por una fina capa de desecación que dificulta el resto del secado y provoca grietas en la pieza. Está listo para cocer en el momento que el espécimen logra una temperatura sin

cambio aparente. Comenzando al principio del periodo de secado propiamente dicho y continuando hasta que la humedad desaparezca, la temperatura es siempre inferior a la del aire circundante. El llamado punto crítico se produce cuando el agua deja de salir de la superficie del objeto porque ya no queda agua libre en su interior. En este punto, el agua comienza a conectarse eléctricamente a la superficie de las partículas de arcillosa y a evaporarse. El sistema es menos eficiente cuanto más difícil es evaporar el agua, lo que reduce significativamente el rendimiento. (Martínez, 2014)

2.2.6.5 Carga del horno

El "dique marino" o dispositivo de encendido es lo primero que se coloca para crear una cúpula a lo largo de la bocina. Dependiendo de la forma y tamaño de la bóveda, las brasas se ensamblan como una parrilla hecha con ladrillos enteros que se cuentan manualmente. Tres o más briquetas de carbón están encima de esta parrilla. Debe haber al menos tres a cinco milímetros entre cada ladrillo para permitir la circulación de aire, un flujo libre de gases de combustión calientes y la transmisión de calor y gritos durante la cocción. El proceso de carga y montaje puede demorar varios días según el tamaño y las proporciones del horno. (Martínez, 2014)

2.2.6.6 Cocción

Gracias al uso de hornos intermitentes o continuos, las piezas cerámicas se exponen a altas temperaturas durante esta etapa crítica y compleja del proceso de fabricación, con el fin de dotarlas de la resistencia mecánica indirecta adecuada al uso previsto. En primer lugar, se debe establecer una curva de temperatura adecuada para evitar el precalentamiento, la cocción y el, lo que maximizará la eficacia de este tratamiento.

Estas grietas son causadas por variaciones de conductividad eléctrica o expansión que ocurre dentro de la misma pieza de material, otro factor importante a tener en cuenta a la hora de optimizar la es el comportamiento de estas diferencias a lo largo del proceso de cocción según se produzca una reacción exotérmica, endotérmica o el material tenga un coeficiente de

difusión térmica mayor o menor. Molde en el horno 600°, el agua hirviendo no escurrida durante el secado se escurre a 200°C. La rotación de parásitos puede ocurrir si este proceso de eliminación de agua no progresa o si el contenido de agua es alto. La arcilla pierde agua debido a la oxidación de la materia orgánica entre 200 y 400°C. Entre 450 y 6500°C, la estructura del material arcilloso cambia, se elimina el agua de la composición y se produce una contracción y un endurecimiento irreversible

Zona de cocción: Entre 680 y 800 °C ocurre la descarbonatación (liberación rápida de CO₂ o descomposición), que puede dar lugar a grietas o hinchamiento del material. Para evitar brotes eruptivos, la fase de descarbonatación debe estar terminada antes de que pueda iniciarse el proceso de vitrificación. El proceso de vitrificación comienza a 800 °C. La temperatura máxima de coquización varía en función del tipo de materia a usarse. Ocurre a esta posible temperatura o a una algo superior (850 °C), momento en el que muchos fabricantes empiezan a utilizar técnicas de cincelado para evitar que sus productos alcancen los niveles de resistencia necesarios. Por lo tanto, es crucial controlar cuidadosamente el umbral de aumento de temperatura para evitar que sea repentino, ya que de hacerlo podrían producirse grietas cuando el material ya está seco a la temperatura adecuada. El material entra ahora en la fase de quema, cuando empieza a ganar calor y eleva gradualmente su temperatura hasta niveles cercanos a los 1000 °C. (Martínez, 2014)

Hay una reacción exotérmica que se produce en torno a los 970 °C y que se asemeja con la creación de una fase cristalina ocurrente conocida como mullita en materiales que han sido calentados a temperaturas más altas y durante periodos de tiempo más largos. Es fundamental destacar que estos factores influyen de manera significativa en las propiedades del material. A modo de ejemplo, se puede demostrar que más resistencia la absorción de agua disminuye. (Martínez, 2014)

2.2.6.7 Descarga de horno

Las persianas de ventilación de la bocina se abren gradualmente para permitir que los alimentos continúen cocinándose sin ser llamados hasta cinco días después de que el fuego haya alcanzado la parte superior y se hayan consumido todos los carbohidratos. Corresponden las corrientes de aire en el conflicto son las que están provocando la inflamación, por lo que se está produciendo de abajo hacia arriba. Antes de comenzar la extracción, es necesario esperar a que el cuerno se inflame. Los ladrillos comienzan a descargarse durante los períodos de alta demanda mientras aún están calientes en lugar de esperar el típico período de enfriamiento. Menos de un día después del tiempo de carga, la descarga está completa. (Rojas, 2017)

Figura 32: Retirado de ladrillo después de cocción



Elaboración: El autor (2023)

2.2.6.8 Enfriado

El proceso de cocción es el resultado de un proceso físico-químico de calentamiento, según un plan predeterminado, utilizando las piezas del molde de hierro fundido que han sido cortadas en trozos, seguido de un enfriamiento igualmente bien definido. Sin hidratarse, las arcillas de la mezcla se transforman en silicatos cristalinos de aluminio. Este proceso da como resultado una modificación fundamental de las propiedades del material,

reemplazando el material original con una sustancia fuerte que no puede alterar su forma. (Rojas, 2017)

Los ladrillos suelen estar en el horno entre las horas de 5 y 7 días, batallando constantemente durante el día y la noche. Cada 12 horas, la carga de lea se cambia en cada uno de los extremos de las troneras y las puertas del extremo opuesto se cierran para mantener una temperatura constante dentro del horno.

Las etapas de precalentamiento a 300°C y eliminación del agua retenida en la arcilla, calentamiento hasta 700°C, maduración de biscocho entre 900 y 1000°C, enfriamiento lento hasta 500°C, y finalmente el enfriamiento final de ladrillos, a qué punto están listos para la venta, todos tienen lugar durante este período de tiempo. (Rojas, 2017)

2.2.7 Especificaciones del ladrillo

2.2.7.1 Propiedades físicas

Absorción: Propiedad física que se refiere a la capacidad de una sustancia para volver a convertirse en estado líquido (en este caso, agua).

Resistencia a la congelación: Se da cuando los ladrillos tienen la capacidad para soportar temperaturas bajas sin sufrir fracturas y no perder sus propiedades.

Coeficiente de saturación.

Resistencia al fuego: Es la propiedad física del ladrillo que le permite resistir elevadas temperaturas sin que se le ocasionen daños.

Aislamiento térmico: Se habla de la propiedad física el cual, por su baja conductividad térmica, impide el flujo de calor.

2.2.7.2 Propiedades mecánicas

Resistencia a la compresión: Trata de la propiedad mecánica que soporta el ladrillo ante una compresión.

Resistencia a la tracción: Es por el cual existe resistencia a la tracción o flexión indirecta.

Variabilidad dimensional con respecto a la unidad nominal, o mejor aún, con respecto a la unidad media y lo que es más importante, a la variabilidad de la altura de la unidad.

Alabeos, medidos como inclinaciones o concavidades en las superficies de asiento.

2.2.8 Muros de albañilería

2.2.8.1 Resistencia a la compresión diagonal de muretes

En este aspecto se ve cómo referencia los lineamientos que establece la norma, que instituye que el murete debe ser dócil a una carga axial cuando se le comprime desde cero hasta la carga de rotura tomando los datos de deformación axial adecuados, se utiliza el espacio museístico específico del murete para determinar el grupo de propiedades relacionadas con la compresión. Los moldes que se utilizaron en el proceso de creación de las unidades se utilizaron como sistema de transmisión para avalar una distribución axial y uniforme de la carga.

Figura 33: Ejemplo de Compresión Diagonal de Murete



Fuente: (Ccama Apaza Edwin D., 2021)

2.2.8.2 Resistencia a la compresión axial de pilas

Cantidad máxima de soporte que un material puede proporcionar cuando está dependiente a un aplastamiento de una carga. En rangos algo flexibles, la renuencia al comprimir un material que se fractura por rotación puede definirse como una propiedad independiente. Sin embargo para los materiales que no se destroran durante la debida compresión, la resistencia al estrujar se denomina como la cantidad de fuerza necesaria para desfigurar el material a una determinada cantidad arbitraria. El cálculo de la resistencia a la compresión consiste en dividir la carga máxima por el área transversal inicial de una sonda.

Los pilotes de alabastro son prismas formados de dos o más unidades de altura completa (ladrillos o bloques) que se apilan unas sobre otras y se sujetan con mortero para realizar de manera más sencilla su construcción, almacenando y transportando desde la obra hasta el laboratorio. Dichas pruebas se realizan sobre estos pilotes, cuya edad media es de 28 días, y cada resultado se utiliza para diseñar los muros de construcción estructuralmente sólidos, así como para hacer un seguimiento de calidad en la edificación0000 de la albañilería.

2.2.9 Normas técnicas peruanas

2.2.9.1 El objeto de las normas NTP 399.604 y 399.613,

“Dispone los procedimientos para la demostración y evaluación de las características físicas y mecánicas del ladrillo recubierto de arcilla utilizado en albañilería”

2.2.9.2 Norma Técnica Peruana E.070

La mencionada norma especifica cada prerrequisito mínimo para la evaluación, selección y diseño de materiales, control de calidad, construcción e inspección de cada edificación hechas principalmente de piedra armada y labrada. Para determinadas estructuras de aluminio, como chimeneas, arcos y muros de contención y espacios de almacenamiento, los requisitos que ofrece dicha norma se cumplirán en la disposición en la que puedan aplicarse. Todo sistema de albañilería que esté fuera del ámbito de aplicación de la mencionada

norma deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Salud. (San Bartolome, 2005)

2.3 Definición de los términos básicos

Arcilla: Material terroso que está hecha principalmente de sílice hidratada finamente dividida de diversos minerales y de aluminio, se emplea para hacer cerámica, ladrillos y otros artículos que son flexibles cuando se calientan, pero se endurecen cuando se enfrían.

Arcilla cocida: Es una técnica que utiliza la arcilla natural para cocerla y se utiliza para hacer materiales como ladrillos, tejas, y baldosas entre otros.

Diatomita roca: La sílice se clasifica en un mineral no metálico de raíz sedimentario y organogénico. Sus principales constituyentes son porciones petrificadas de algas microscópicas y unicelulares conocidas como diatomeas.

Ladrillo: Este término se refiere a una unidad práctica de tamaño para la construcción o pavimentación que es típicamente rectangular y mide alrededor de 24 por 13 por 9 cm y está hecho de hierro hematita calentado. INDECOPI de 2005. Para construir diversos tipos de edificios, las vigas de arcilla ortoédrica se forjan, se sellan y desde mismo modo cuecen a temperaturas altas en un horno.

Ladrillo Artesanal: Estas diminutas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo se fabricaban con arcilla arcillosa, se moldeaban a mano, se comprimían y se cocían en un horno. Se realizaban de forma artística.

Propiedades físico-mecánicas: Es la característica básica del ladrillo, entre ellas la firmeza al comprimir, una debida absorción, la solidez al corte, la alteración dimensional y el alabeo.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general:

La incorporación de diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong cumple los parámetros indicados según la norma E-070.

2.4.2 Hipótesis específicas

H1: La variación dimensional no excede el 8% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

H2: El alabeo no sobrepasa los 10mm al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

H3: La variación en la absorción no excede el 25% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

H4: La resistencia a la compresión simple f'_b sobrepasa los 50 Mpa (kg/cm²) al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

H5: La resistencia a la tracción diagonal V'_m aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

H6: La compresión axial f'_m aumenta en 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo

La presente se basa en una orientación aplicada debido a que se va resolver un problema en relación a escasez de materia prima denominada arcilla de las canteras de Arequipa, con ello se pretende generar formas de entender el procedimiento de sustitución y el comportamiento posterior que se darán en los materiales, se prueba y adapta teorías con instrumentos de medición acorde a lo necesitado.

Referido a como se irá adquiriendo la información es de tipo cuantitativa debido a que la muestra que será evaluada tendrá como resultados datos numéricos provenientes de la evaluación previa y esto va conllevar a un análisis estadístico. Respecto al tipo de investigación es descriptiva debido a que determinaremos si son correctas las características del producto final y veremos las circunstancias en las que evaluaremos dichos fenómenos usando instrumentos estandarizados, los cuales posteriormente serán analizados con los datos obtenidos; con ello podremos crear un cuadro estadístico que va permitir comparar y crear diferencias con producto obtenido.

3.1.2 Nivel

El nivel de la investigación es explicativo debido a que manipula la variable independiente y posterior a ello medir las posibles consecuencias de este cambio, de esta manera se explica el procedimiento, las características y los escenarios que se experimentan durante el proceso de fabricación del ladrillo, por último probamos las hipótesis planteadas dentro de la investigación.

Al tener un diseño explicativo se tiene como antecedente información verídica de muchas fuentes de información debido a que han manipulado la variable independiente con diferentes tipos de materiales donde se puede observar que los resultados son favorables en muchos aspectos por tal motivo

se quiere determinar con la investigación el escenario causal al sustituir la arcilla por diatomita y liparita.

3.1.3 Diseño de la investigación

Por otro lado, se tiene para el control de diseño como experimental debido a que su principal característica es de manipular la variable independiente con ello se pretende ver el impacto consecuente sobre la variable dependiente. (Ramos Galarza, 2021), la cual consiste en obtener materiales de asociadas alrededor de la ciudad de Arequipa que son diatomita y liparita, estas serán llevadas al laboratorio para conocer las propiedades físicas y químicas, luego determinaremos el porcentaje de sustitución que usaremos para elaborar las unidades artesanales por cada porcentaje propuesto; estos serán llevados a laboratorio para conocer las propiedades mecánicas del ladrillo, una vez analizado se determinará cual porcentaje es óptimo y se procederá hacer pilas y muretes todo esto con el fin de cumplir las características proporcionadas con la norma E-070 de albañilería confinada.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La presente investigación estará compuesta por el acumulado de unidades artesanales que realiza la ladrillera; estos los realiza en el distrito de Mollebaya con los materiales de diatomita y liparita correspondiente de la cantera Pocsi y cantera Olivos respectivamente.

3.2.2 Muestra

Figura 34: Muestra de ladrillos a usarse para evaluación.



Elaboración: El autor (2023)

Tabla 3: Muestra total para los ensayos elaborados en laboratorio

Ensayo	Porcentaje al sustituir parcialmente la arcilla por Liparita y diatomita	Muestra (Cantidad)	Total (Unidades)
Variación Dimensional	Ladrillo con 0% sin sustitución	10	70
	Ladrillo con 5% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 15% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 25% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	10	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	10	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	10	
Alabeo	Ladrillo con 0% sin sustitución	10	70
	Ladrillo con 5% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 15% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 25% sustituido con Liparita	10	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	10	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	10	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	10	
Absorción	Ladrillo con 0% sin sustitución	5	35
	Ladrillo con 5% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 15% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 25% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	5	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	5	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	5	
Resistencia a la compresión simple f ^b	Ladrillo con 0% sin sustitución	5	35
	Ladrillo con 5% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 15% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 25% sustituido con Liparita	5	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	5	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	5	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	5	
Resistencia a la compresión axial f ^m (pilas)	Ladrillo con 0% sin sustitución	9	63
	Ladrillo con 5% sustituido con liparita	9	
	Ladrillo con 15% sustituido con liparita	9	
	Ladrillo con 25% sustituido con liparita	9	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	9	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	9	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	9	
Resistencia a la compresión diagonal V ^M (murete)	Ladrillo con 0% sin sustitución	72	504
	Ladrillo con 5% sustituido con liparita	72	
	Ladrillo con 15% sustituido con liparita	72	
	Ladrillo con 25% sustituido con liparita	72	
	Ladrillo con 5% sustituido con diatomita	72	
	Ladrillo con 15% sustituido con diatomita	72	
	Ladrillo con 25% sustituido con diatomita	72	
Total de muestra de ladrillos a elaborar			777

Elaboración: El autor (2023)

La muestra estará determinada por la NTP 399.613 y 399.604 que se engloba en la norma E-070, quien nos indica una cantidad mínima a ser considerada a ser evaluada para llevar los datos estadísticos más confiables según las características de un ladrillo; se tomarán en cuenta una muestra de 777 ladrillos (111 por dosificación), los cuales estarán considerados entre 0% (patrón a comparar), 5%, 15%, 25% al sustituir parcialmente la arcilla con diatomita y liparita.

Estos ensayos se harán para conocer las propiedades que están relacionadas con la fabricación de ladrillos artesanales, con el fin de determinar un porcentaje óptimo; las cantidades se especifican en la tabla N°3.

3.3 Definición de variables

3.3.1 Definición conceptual

Las variables del estudio de investigación constituyen a información que puede medirse y que a su vez puedan responder las preguntas planteadas dentro de la misma; en este caso serán tomadas aquellas que lleguen al propósito de la investigación las cuales en este caso estarán denominada como dependientes e independientes y se mencionan adelante

3.3.1.1 Variable dependiente:

Especificaciones de ladrillo: Estarán determinadas por las características dadas por la norma E070 en ladrillos, se mencionan adelante:

Alabeo

Variación dimensional

Absorción

Resistencia a la compresión simple

Especificación de albañilería confinada: Estas características se realizan para determinar si el ladrillo a usarse soporta cargas estructurales estipuladas por la norma los cuales son:

Resistencia de tracción diagonal

Compresión axial

3.3.1.2 Variable independiente

Diatomita: Se identifican como rocas sedimentarias, se presentan en la ciudad de Arequipa de manera extensa y en terreno poco profundos, este material es absorbente de bastante agua y contiene un alto índice de sílice, lo cual asemeja en propiedades a la arcilla que se piensa sustituir (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010).

Liparita: El material se presenta también con el nombre de piedra pómez y es un derivado de la ceniza volcánica; posee una composición química similar a la arcilla esto con el propósito de cumplir especificación principal de sustitución.

3.3.2 Definición operacional

En la variable independiente estará definida por las propiedades químicas y físicas de los insumos presentados, esto se considera de tal manera para poder comparar con el material principal a sustituir la arcilla.

De la variable dependiente se tendrá como indicador las características de ladrillo y del murete elaborado todo según norma E-070 y revisado en laboratorio

3.4 Operacionalización de variables

Antes lo expuesto se toma en cuenta las variables y como se procesa la información que está referida a los resultados que se van a obtener.

Tabla 4: *Operacionalización de variables*

Variable	Indicador
Variable Independiente	Propiedades químicas Propiedades físicas
Variable Dependiente	Variación dimensional Alabeo Absorción Resistencia a la compresión simple Resistencia a la tracción diagonal (V'm) Resistencia a la compresión axial (f'm)

Elaboración: El autor (2023)

3.4.1 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

3.4.1.1 Instrumentos

El instrumento utilizado en la recopilación de información nos permitirá conseguir datos más confiables y dar un paso importante en el proceso de crear data; con ello se genera confiabilidad dentro del proceso de la elaboración de ladrillo.

Observación: Este instrumento permitirá obtener información de la percepción y visualización en el campo dentro de la investigación, con ello se pretende inscribir todos los sucesos ocurridos

Cuaderno con apuntes: Con este instrumento recolectaremos información y se anotará para su posterior ejecución en la investigación y aplicación del mismo, estos datos serán tomados en el proceso de fabricación del ladrillo.

Ensayos de laboratorio: Estos serán ensayos que tomaremos en cuenta para llegar a resultados de comparación; para este caso de diatomita y liparita se considera el análisis químico (composición) y físico (límite de atterbeg) de los materiales; para los ladrillos estarán los especificados según norma para determinar si clasifica como ladrillo, además de las especificaciones dadas por albañilería confinada todo ello según norma E070.

Formatos virtuales: Estos estarán comprendidos con los programas de Microsoft Office que nos permitirá evaluar datos y crear datos, aparte programas que nos servirá para un análisis de procesamiento de datos estadísticos.

Tabla 5: *Resumen de instrumentos de la investigación*

Técnicas	Instrumentos	Instrumento de registro
Observación	Guías	Cámara, papel, lápiz
Cuaderno de apuntes	Libreta	Cuaderno, corrector, lápiz
Ensayos de laboratorio	Protocolos de ensayo	Formato de laboratorio
Formatos virtuales	Programas	Hoja de cálculo, Excel

Elaboración: El autor (2023)

3.4.2 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

Instrumentos

Se usan instrumentos relacionados a lo especificado tanto por la norma E070 y especificaciones dadas por la misma que engloba varios artículos, con el fin de obtener resultados que garanticen que un ladrillo cumpla con lo estipulado de la NTP 399.613, 331.017 y 399.604 (Instituto, 2015)

Para determinar que cumpla lo correspondiente a la compresión de prismas de albañilería para muros portantes será determinado según la NTP (399.605, 2018).

NTP que nos permite tener parámetros de cómo realizar muretes de albañilería y su respectivo tratado posterior a la realización. (INDECOPI, 2015)

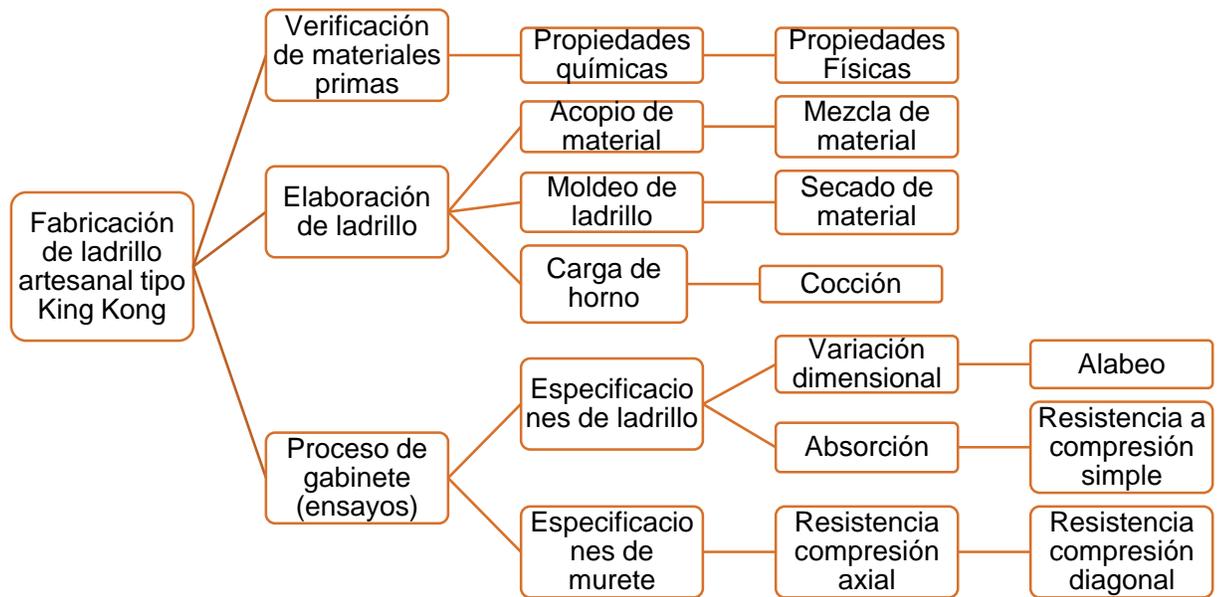
Técnicas utilizadas para procesar los datos obtenidos

Microsoft Excel 2022, con ayuda de este programa podremos ingresar datos obtenidos de laboratorio con el cual crearemos gráficos tablas comparativas que nos permitirá visualizar mejor los resultados

Ensayos de laboratorio, estos estarán determinados una vez se termine de realizar el producto de ladrillo para ver los posibles cambios en la nueva realización del mismo.

CAPÍTULO IV DESARROLLO

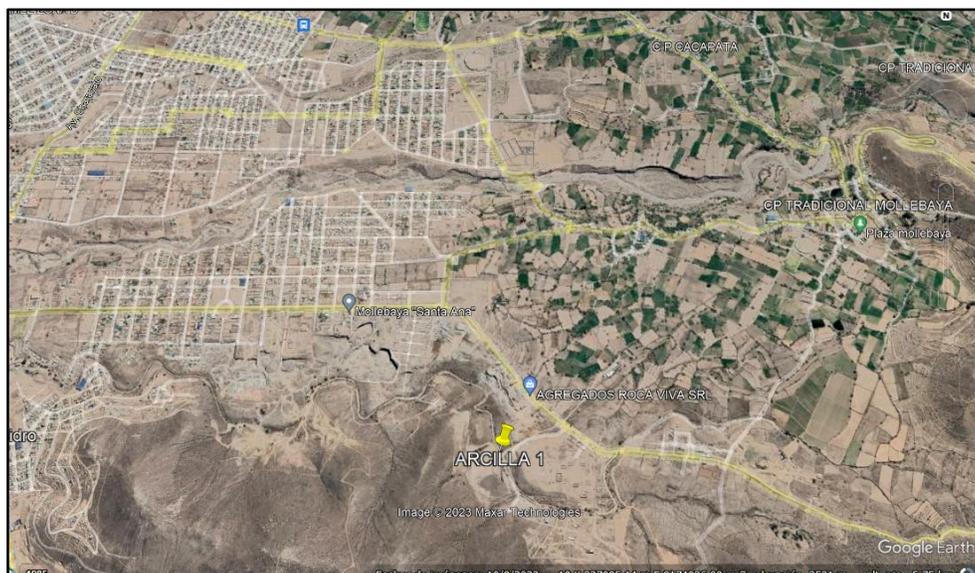
Figura 35: Mapa de proceso para elaboración de ladrillo



Elaboración: El autor (2023)

4.1 Obtención de materiales

Figura 36: Ubicación de cantera Mollebaya - Arcilla



Fuente: Google earth (2023)

Como materia prima que es la arcilla se tendrá en cuenta su composición química la cual se observa en la tabla siguiente, estos valores se encuentran estandarizados y no varían mucho según su composición, dicho material se obtendrá de la cantera Angélica que está situado en Mollebaya distrito de Arequipa teniéndolo con ubicación de UTM Zona 19 Sur en 8174511N y 235150E, para mejor visualización de la ubicación ver figura N° 36.

Tabla 6: *Composición química de la arcilla*

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ti ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ARC-0003	63.00	20.70	2.48	0.70	0.29	0.14	1.58	0.71	0.07	0.01	<0.01	0.02	11.30

Fuente: (Alejandra D. V., 2010)

En la tabla N°6, muestra la composición química de la arcilla y nos indica cuales son los requisitos necesarios para poder tomar en cuenta antes de sustituir la materia prima por otros materiales, y poder con ello realizar determinados ensayos con los nuevos materiales a usarse.

Figura 37: *Cantera Angélica – extracción de arcilla*



Elaboración: El autor (2023)

Cabe mencionar que este material se encuentra muy escaso en la zona teniéndose que explotar cada vez más lejos de zona mostrada por dicha cantera, por ende, el precio ha fluctuado al alza en los últimos periodos, lo cual conlleva que el artesano que realiza ladrillos use una dosificación menor de arcilla y por ello el producto final carece de propiedades dadas por la Norma Técnica Peruana.

Figura 38: *Arcilla in situ*



Nota: Material de arcilla comprada y apartado por ladrillera mecanizada con abasto a diez años, se extrae material de zonas más alejadas de los alrededores para fabricación de ladrillo.

Elaboración: El autor (2023)

Figura 39: *Extracción actual - arcilla y otros materiales*



Nota: Como se denota en la imagen se explota otros materiales aparte de la arcilla debido a que este no es el único mineral encontrado y la arcilla como tal empieza a escasear por ende se extrae cada vez más lejos del lugar de origen.

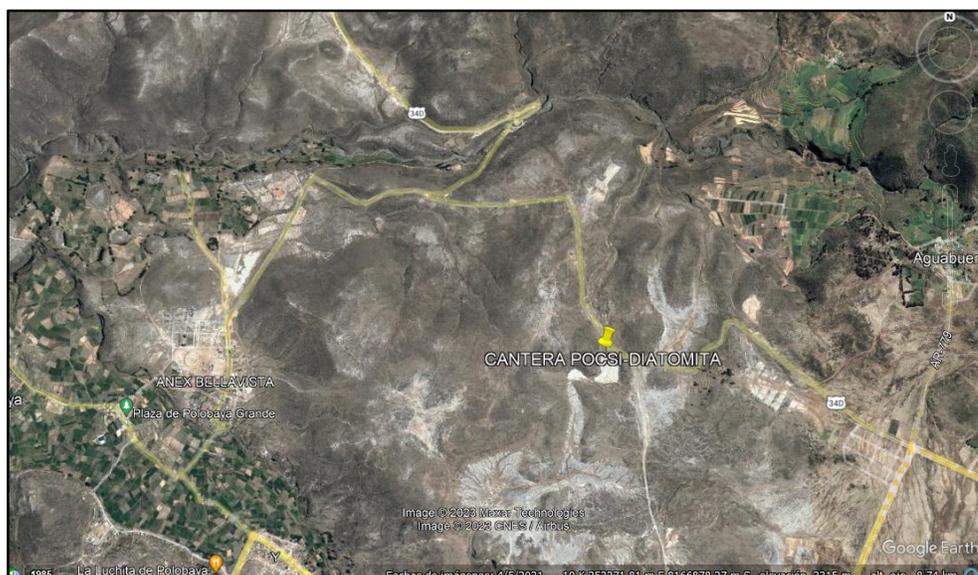
Elaboración: El autor (2023)

Para recaudar materiales alternativos que en este caso son la diatomita y liparita se tuvo como referencia la investigación previa proporcionada por (Alejandra D. V., 2010), donde se menciona los minerales y rocas que están alrededor de la

ciudad de Arequipa, se escogerá las canteras más próximas al lugar donde se realiza el ladrillo que es el distrito de Mollebaya, ello con el fin de aminorar costos en la movilización de material; sin embargo hay que mencionar que para dichos materiales tienen que cumplir con las características de la arcilla la cual queremos sustituir para ello se procederá a obtener el material in situ lo cual se detalla a continuación:

- Diatomita; dicho material como se menciona es poroso, el cual tiene la capacidad de captación de agua más alto referido a su peso; se encuentra en canteras cercanas al distrito de Mollebaya y contiene una composición química siguiente que es similar al de la arcilla.

Figura 40: Ubicación de Cantera Pocsi - Diatomita



Fuente: Google earth (2023)

Tabla 7: Composición química de la diatomita

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ti ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ARC-0003	62.20	17.30	3.24	0.98	3.07	2.78	1.90	0.63	0.19	0.19	<0.01	0.02	8.55

Nota: Con estos porcentajes podemos indicar que (SiO₂) se presenta en mayor cantidad de porcentaje y tiene similitud con la composición química de la arcilla.

Fuente: (Alejandra D. V., 2010)

Obtendremos determinado material de la “Cantera Pocsi”; por dos factores uno que se encuentra cerca de donde realizan el ladrillo artesanal, y el otro que se obtiene un material más puro sin tanto contaminante el cual se encuentra a 19 km

de la ciudad, su ubicación geográfica es zona 19 Sur UTM con coordenadas 8167312N y 250475E.

Dicho material al reconocerlo tiene un alto potencial de ser utilizado debido a que se encuentra al aire libre y de acceso fácil, se encuentra a su vez lugares donde ha entrado maquinaria a retirar de este material, pero de estos no hay mucho, pobladores indican que se desconoce de la cantera por ende nadie utiliza de este recurso.

Figura 41: Cantera Pocsi – distrito de Polobaya



Nota: Se muestra material en la superficie del terreno, el cual no ha sido trabajado ni tratado

Elaboración: El autor (2023)

Según lo mostrado el material presenta un color amarillento y blanquecino la superficie de dicho material es dura y se accede con picos y lampas para proceder a retirar el material, la estabilidad de terreno se presenta más concentrado a 1 m de profundidad, se puede identificar que el material es absorbente de líquidos y no pierde fácilmente de esta humedad, aunque este suelto.

Figura 42: Extracción de material diatomita cantera

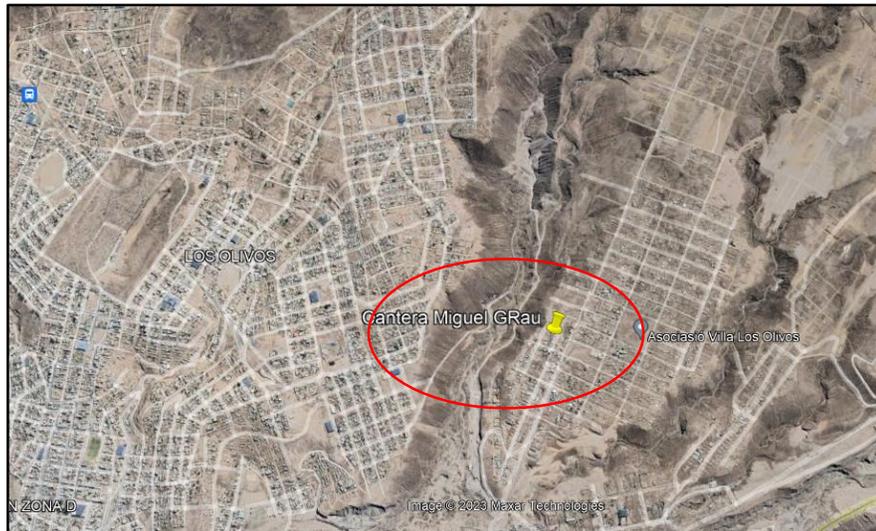


Nota: El yacimiento del mineral corresponde a la cantera Pocsi del distrito de Polobaya
 Elaboración: El autor (2023)

Según (Alejandra Díaz Valdiviezo y José Ramírez Carrión, 2010), indica que el área aprovechable de este material es 42 550 m² con un volumen de 85 100 m³, con ello también indica que este material tiene características que garantizan el uso en construcción dentro del ámbito nacional como en el mercado externo.

- Liparita: es un tipo de roca piro plástica que se encuentra a grandes cantidades en la ciudad de Arequipa y en diferentes canteras las cuales son Cadasa, Los olivos y Miguel Grau estas están ubicadas a 30 minutos de la ciudad de Arequipa, en este caso usaremos la Cantera de Miguel Grau donde el potencial estimado es más alto con un volumen total de 27´426,840 m³ del material.

Figura 43: Ubicación de cantera Miguel Grau -Liparita



Fuente: Google earth (2023)

Tabla 8: Porcentaje de conjuntos químicos de la Liparita

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ti ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ARC-0003	59.50	16.60	5.71	2.56	5.19	3.84	2.19	0.72	0.25	0.09	<0.01	0.02	2.23

Nota: Con estos porcentajes podemos indicar que el (SiO₂) se presenta en alto contenido y tiene similitud con la composición química de la arcilla.

Fuente: (Alejandra D. V., 2010)

Se encuentra a 8 km de la ciudad de ubicación geográfica en zona 19 Sur UTM con coordenadas 8187431N y 238218E; al ubicar dicho material se denota que

ya se usa en el sector de la construcción para realizar bloquetas sin embargo no se usa mucho, aparte se tiene una pequeña chancadora que trata el material en una granulometría más fina, esto apoya para conseguir una mezcla más uniforme al momento trabajar el material.

Cabe mencionar que la forma del material al ser tratada es parecida a una arena con alta cantidad de finos, en la elaboración de ladrillo, se procede a llevar una cantidad de material a laboratorio tanto de diatomita como liparita para verificar si la composición química es la adecuada con la cual determinaremos si pueden ser buenos elementos para sustituir a la arcilla; de ambos materiales se optará por extraer unos 20 kilos.

Figura 44: *Liparita de cantera Miguel Grau*



Nota: El material se presenta en granulometría gruesa sin ser tratada, al natural y al igual que el anterior material no es muy usado debido a pocos lo conocen.

Elaboración: El autor (2023)

Figura 45: *Chancadora de material Liparita en cantera Miguel Grau*



Nota: Para que el material sea acomodado con otros agregados es necesario tratarlo y obtener una composición más fina, este caso realiza de este proceso para mejorar las características del mismo.

Elaboración: El autor (2023)

Habiendo extraído ambos materiales de las canteras predeterminadas procederemos a enviarlas a laboratorio donde determinaremos la composición física del material y confirmaremos si es correcto la composición química brindada por el informe realizado de los minerales alrededor de la ciudad de Arequipa

4.2 Ensayo de propiedad química y física de los materiales

4.2.1 Ensayos de propiedades químicas

Se procede a llevar las muestras obtenidas a laboratorio dedicado a obtener compuestos químicos de materiales, en este caso se dio parámetros de identificar los proporcionados por la arcilla debido a que estos materiales serán reemplazados en el ladrillo y con el fin de tener la seguridad que tiene características similares se procede a llevar material.

Según especificación de laboratorio indico llevar un material de tres kilogramos por muestra:

Tabla 9: *Muestras al laboratorio de ensayo químico*



Elaboración: El autor (2023)

Para determinar las características del material se usó el ensayo para rocas de fusión alcalina donde determinamos la composición química el cual consiste en determinar los elementos presentes en una determinada sustancia química y se usan principalmente en materiales con problemas de disolución en ácidos estos son los suelos.

El procedimiento para ello se procede calentando una determinada porción de sal con la muestra, se aumenta la temperatura de esta fusión hasta ver la reacción de la mezcla al hacer fundición posterior a ello se coloca a secar; este proceso se repite para complementar los siguientes elementos químicos propuestos se hace mezcla con otra sales y ceniza húmeda, es importante que las mezclas al reaccionar contengan oxígeno, sulfuros y procesos que estén vinculados a una buena fusión de material. (Lafuente, 2017)

Figura 46: Instrumentos para determinación química de material



Fuente: Ensayo de laboratorio Fusión de Sodio.

Tabla 10: Comparación de resultados químicos

Comparación de elementos obtenido de laboratorio				
Componente	Símbolo	Arcilla común	Diatomita	Liparita (piedra pómez)
Óxido de silicio	SiO ₂	57.02%	84.96%	59.70%
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	19.15%	4.89%	15.78%
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	6.70%	1.97%	7.12%
Óxido de magnesio	MgO	3.08%	0.25%	2.68%
Óxido de calcio	CaO	4.26%	0.03%	0.58%
Óxido de sodio	Na ₂ O	2.38%	2.64%	7.20%
Óxido de potasio	K ₂ O	2.03%	0.60%	4.05%

Elaboración: El autor (2023)

Los datos obtenidos por el laboratorio están en la tabla N°10, podemos determinar que la composición química que nos propone INGEMMET en comparación

a la obtenida, es conforme y que también los componentes de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 que tienen en más alto porcentaje en la arcilla son igual de altos en los materiales propuestos; podemos concluir que podemos proceder a sustituir estos materiales lo cual veremos posteriormente cual será el resultado al realizar la investigación.

4.2.2 Ensayo de propiedad física

Con respecto a las propiedades físicas de los materiales se llevará al laboratorio referido a suelos donde determinaremos la clasificación de suelo según el método AASHTO (M 145); el cual separa al suelo mediante su composición granulométrica, indica el límite líquido y el grado de índice de plasticidad.

Los suelos que tengan partículas que pasen por el tamiz N° 200 (0.075 mm) en una cantidad mayor al 35% serán considerados como finos limo – arcillosos; lo bueno de estos ensayos es que garantizan el conocimiento de cómo se comportan los materiales frente a diferentes circunstancias.

4.2.2.1 Análisis de granulometría

Las muestras obtenidas se separan a través de una serie de elementos denominado tamices que tienen espacios que van variando de tamaños grande a pequeño, todo ello para poder identificar el tamaño propio de los materiales. Instrumentos; Es necesario usar balanzas para los materiales de diatomita y liparita cumpliendo el tamizado correspondiente según la NTP350.001, será manualmente el trabajo ya que el material es de partículas pequeñas.

Procedimiento; Secar una muestra, y definir el tamizado a usarse, pesar tamices y porción de material a usarse, colocar el material en lo tamices correspondientes al tamaño de los agujeros de diámetro grande a pequeño, se procede a tamizado manual y posterior a ello se va pesando el material que ha ido pasando por cada tamiz y se procede a obtener resultados.

Figura 47: Tamizado de materiales liparita - diatomita



Elaboración: El autor (2023)

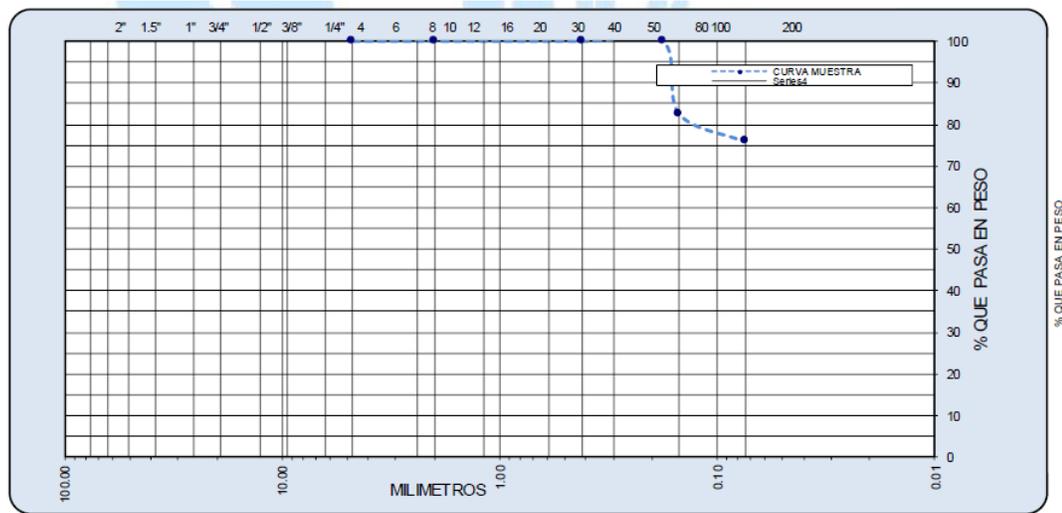
Tabla 11: Análisis granulométrico de diatomita

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						MUESTRA : M-01
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						HUM. NATURAL : 368.56
2"	50.800						TAMAÑO MAX. : #100
1 1/2"	38.100						PESO TOTAL : 398.50 gr.
1"	25.400						MATERIAL : DIATOMITA
3/4"	19.050						LIMITE LIQUIDO : 140.8
1/2"	12.700						INDICE PLÁSTICO : 3.75
3/8"	9.525					30 - 65	CLASIFIC. SUCS : MH
1/4"	6.350						CLASIF. AASHTO : A-5 (25)
# 4	4.760	0.0	0.00	0.00	100.00		GRAVA = 0.00%
# 10	2.000	0.0	0.00	0.00	100.00		FINOS = 100.00%
# 20	0.840	0.0	0.00	0.00	100.00		CU : 1.00
# 40	0.420	0.0	0.00	0.00	100.00	18 - 26	CC : 1.00
# 80	0.177	0.0	0.00	0.00	100.00		
# 100	0.149	69.3	17.39	17.39	82.61		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	26.9	6.75	24.14	75.86		
< # 200		302.30	75.86	100.00	0.00		

Elaboración: El autor (2023)

Se observa en la tabla N°11 que material de diatomita cumple con respecto a ser un fino limo arcilloso, en este aspecto para poder mezclar los materiales es importante que la granulometría sea pequeña y tener una fusión homogénea de los materiales.

Figura 48: Curva de porcentaje de material que pasa -diatomita



Elaboración: El autor (2023)

Tabla 12: Datos de granulometría en liparita

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. A.C.	%Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						MUESTRA : M-02
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						HUM. NATURAL : 1.54
2"	50.800						TAMAÑO MAX. : # 10
1 1/2"	38.100						PESO TOTAL : 500.00 gr.
1"	25.400						MATERIAL : PIEDRA POMEZ TRATADA
3/4"	19.050						LIMITE LIQUIDO : 15.0
1/2"	12.700						INDICE PLÁSTICO : NP
3/8"	9.525					30 - 65	CLASIFIC. SUCS : SM
1/4"	6.350						CLASI. AASHTO : A-2-4 (0)
# 4	4.760	0.0	0.00	0.00	100.00		GRAVA = 0.00%
# 10	2.000	52.8	10.56	10.56	89.44		FINOS = 100.00%
# 20	0.840	82.9	16.58	27.14	72.86		CU : 5.00
# 40	0.420	86.4	17.28	44.42	55.58		CC : 0.65
# 80	0.177	130.4	26.08	70.50	29.50		
# 100	0.149	18.3	3.66	74.16	25.84		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	43.7	8.74	82.90	17.10		
< # 200		85.5	17.10	100.00	0.00		

Elaboración: El autor (2023)

Nota: En la tabla N° 12, se presente material de liparita se clasifica como suelo granulado arcilloso o barroso, que contiene un alto contenido de finos y cumple en este aspecto para poder mezclar los materiales es importante que la granulometría se pequeña y tener una fusión homogénea de material.

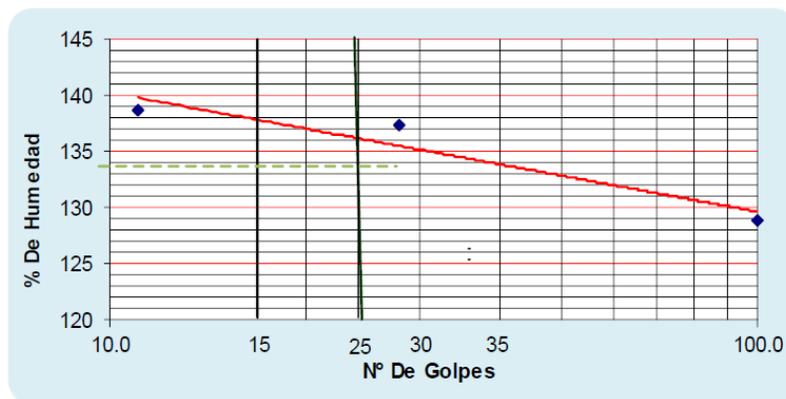
Procedimiento: Límite líquido una porción de material se procede a liberar partículas de humedad en el horno con temperatura que no exceda los 60° C una muestra que no exceda los 150 gr y se ira agregando en cantidades necesarias de agua en el material para llegar a una consistencia manejable se pondrá en la cuchara de Casagrande y se procede a marcar en la mitad a pasta de material con el acanalador, donde se dará un aproximado de 10 a 25 golpes para poder cerrar la ranura, luego se continua con otra porción de material pero esta vez se dará más cantidad de golpes con el fin de llegar a un porcentaje óptimo o en su defecto menos golpes, se repetirá tres veces para poder crear una tabla estadística.

Figura 51: *Ensayo de Atterbeg en diatomita y liparita*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 52: *Constantes físicas de diatomita*



Elaboración: El autor (2023)

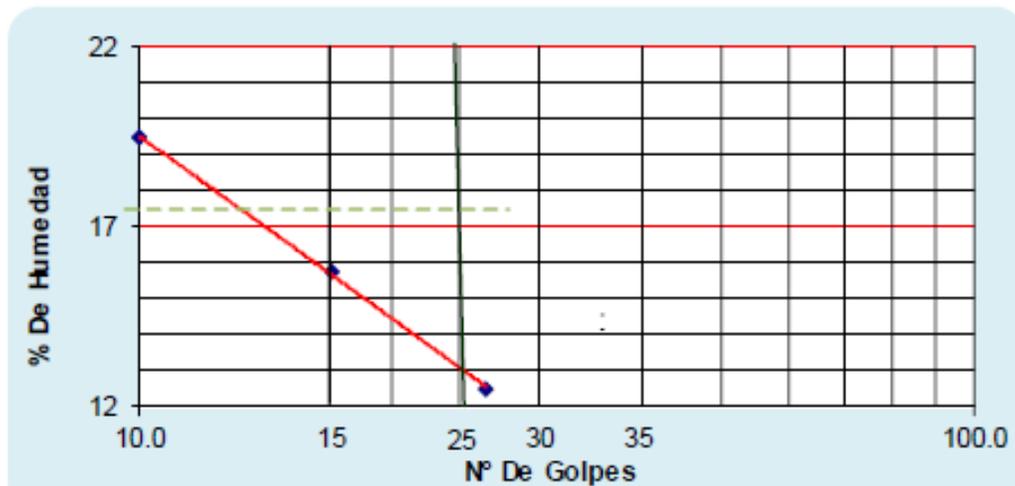
Tabla 13: *Límite de Atterbeg de diatomita*

Límite líquido	125.4	139.5	157.4	Límite plástico	137.8	136.7
N° de capsula	1	2	3	N° de tarro	4	5
P. tarro+ S. húmedo	27.1	26.4	24.6	P. tarro+ S. húmedo	25.6	25.1
P. tarro+ S. seco	22.7	22.1	21.3	P. tarro+ S. seco	21.8	21.6
Agua	4.4	4.3	3.3	Agua	3.8	3.5
Peso tarro	19.5	19	18.7	Peso tarro	19.1	19
Suelo Seco	3.2	3.1	2.6	Suelo Seco	2.8	2.6
% de humedad	138.8	137.4	128.9	% de humedad	137.3	136.7
N° de golpes	11	28	100			
Límite líquido	140.8					
Límite plástico	137.0					
Índice plástico	3.8					

Nota: En la Tabla N° 13 sobre el material de diatomita, muestra un límite líquido alto el cual indica que absorbente alto de agua, según el índice plástico nos indica que tiene una ligera plasticidad y será manejable y moldeable con el material de arcilla.

Elaboración: El autor (2023)

Figura 53: *Ensayo de constantes físicas de diatomita*



Nota: El material como se muestra tiende a ser un material que con porcentaje bajo de agua llega a su límite líquido y con ello se denota que puede ser manejable con el material de arcilla que posterior se hará su sustitución.

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 14: *Límite de Atterberg de liparita*

Límite líquido	17.4	139.5	157.4	Límite plástico	NP
N° de capsula	1	2	3	N° de tarro	
P. tarro+ S. húmedo	41.5	40.8	38.7	P. tarro+ S. húmedo	
P. tarro+ S. seco	37.8	37.9	36.5	P. tarro+ S. seco	
Agua	3.7	2.9	2.2	Agua	
Peso tarro	18.8	19.5	18.9	Peso tarro	
Suelo Seco	19.0	18.4	17.6	Suelo Seco	
% de humedad	19.5	15.8	12.5	% de humedad	
N° de golpes	10.0	17.0	26.0		
Límite líquido	15.0				
Límite plástico	NP				
Índice plástico	NP				

Nota: En la tabla N° 14 el material de liparita como ya mostro el análisis granulométrico caracterizándolo como arena, lo verifica con el resultado de no tener un índice de plasticidad por ende necesita de otro material para poder confirmar su dureza que en este caso será la arcilla y con ello se demuestra que este material no puede sustituir en un 100% al material debido a que no cuenta con la plasticidad mostrada por el material de arcilla.

Elaboración: El autor (2023)

4.3 Proceso de elaboración unidades artesanales

4.3.1 Acopio de material

Para realizar el ladrillo se usa de los siguientes elementos minerales con los cuales se realiza la combinación: arcilla, arena, greda (que posee una granulometría arena, arcilla, limo).

Figura 54: Arena



Elaboración: El autor (2023)

Figura 55: Arcilla



Elaboración: El autor (2023)

Figura 56: Material greda



Elaboración: El autor (2023)

Dicho material denominado con greda o arcilla negra es un derivado de la arcilla, el cual se usa para dar consistencia al ladrillo además de ser económico sin embargo no puede trabajar como único material es de necesidad que la arcilla este siempre presente, debido a que artesanos indican que al colocar arcilla en gran cantidad genera que el ladrillo tenga fisuras y una sobrecarga en sus características.

La investigación presente pretende ver las características posteriores de sustituir parcialmente la arcilla por materiales alternativos los cuales son diatomita y liparita (piedra pómez), ya fueron investigados y tratados anteriormente con sus características tanto físicas como químicas antes de realizar la sustitución de la arcilla dando a entender que se pueden reemplazar en porcentajes propuesto más adelante debido a que tienen gran contenido de óxido de silicio, aluminio y férrico los mencionados son importantes antes de realizar un ladrillo.

Figura 57: Material de diatomita



Elaboración: El autor (2023)

Figura 58: *Material de liparita*



Elaboración: El autor (2023)

4.3.2 Mezcla de materiales seleccionados

Para determinar el mezclado de materiales este no se encuentra especificado en la bibliografía o en la normativa nacional puesto que varía según el lugar geográfico, se menciona el único requisito que sean materiales silíceos, sin embargo, en la zona de Arequipa se hizo un muestreo de cuál es la cantidad que utilizan de la elaboración de ladrillo y se llegó a la conclusión que se observa en la tabla N°15:

Tabla 15: *Dosificación de ladrillo artesanal en la ciudad de Arequipa*

Dosificación de ladrillo	
Arcilla	30.0%
Tierra negra (greda)	60.0%
Arena	10.0%
Agua	25.0%
Total	100.0%

Elaboración: El autor (2023)

La anterior dosificación está dada en base a la cantidad de carretillas que usan para hacer un millar de ladrillo según lo especificado por artesanos; además esta dosificación no es general debido a que varía según las regiones y la disponibilidad de material de arcilla, se toma como referencia (Produccion, 2010) quien indica que la ciudad de Arequipa usan como un 30% de arcilla y otros materiales que sean silicios o que tengan características similares a la arcilla, la cantidad de agua para usarse es inversamente proporcional a la cantidad de arcilla en la dosificación; para el objetivo de la investigación el cual

es reemplazar la arcilla se procede a sustituir en porcentajes con variaciones progresivas del 10%.

Para llegar a este porcentaje de sustitución se tomó en cuenta investigaciones previas de los antecedentes que nos brindan datos donde hicieron un mismo procedimiento con otros materiales:

En la investigación de (Camargo, 2020), determina que al usar materiales de lodo sobrantes de la planta de tratamiento de agua residuales llega al resultado que dentro de los tres porcentajes utilizados que son del 5%, 10% y 15%, el primero de 5% sustituido es óptimo y cumple con la norma técnica de Ecuador INEN 3049-5 lo cual aumenta en un 23% las características iniciales del ladrillo patrón con el cual se compara, por tal motivo se tomará en cuenta este porcentaje para determinar cuáles serían las nuevas cualidades que tomen al sustituir la arcilla con diatomita y liparita, hay que tomar en cuenta que no es el mismo material que reemplazamos por ello solo se tomará en cuenta el porcentaje ya mencionado.

Para el porcentaje de 15% usaremos como investigación previa a (Guevara, 2022), donde sustituye la arena por diatomita en diferentes porcentajes para elaborar el ladrillo, donde concluye que a mayor porcentaje de sustitución mejora la calidad de material, la arena en la fabricación de ladrillo ocupa un del total del 15% que se observa en la tabla N°16 de dosificación para la fabricación de unidades artesanales, por tal motivo se usará este porcentaje para poder sustituir tomando en cuenta que el material de diatomita es el que vamos a usar para la siguiente investigación.

Para el 25% se tomará en cuenta como un máximo a usarse por el investigador para ver el comportamiento de los materiales debido a que se quiere determinar cuál podría ser el punto máximo a sustituir debido a que la arcilla es un material primordial dentro de la elaboración de ladrillo; como antecedente se tiene que previas investigaciones llegan a un 15% como máximo de sustitución por ende el 25% es una nueva dosificación a poder emplearse, con el fin de ver el comportamiento ante una nueva modificación de material, esto aporta nuevos conocimientos.

Figura 59: *Dosificación de materiales*



Elaboración: El autor (2023)

Teniendo en cuenta la cantidad que se usa para elaborar un millar de unidades artesanales se tiene lo siguiente en carretillas de acuerdo a lo proporcionado por los artesanos especializados en este rubro que se aprecia en la tabla N°16, a su vez se muestra la cantidad que debe usarse para una cantidad de 150 ladrillos.

Tabla 16: *Dosificación de ladrillo en carretillas*

Dosificación de materiales			
Material	Porcentaje %	Carretillas para 1 milla	Carretillas para 150 unidades
Arcilla	30.0%	12.0	1.80
Tierra negra (greda)	57.5%	23.0	3.45
Arena	12.5%	5.0	0.75
Total	100.0%	40.0	6.00

Elaboración: El autor (2023)

Teniendo a razón la proporción en carretillas que se usa para 150 unidades artesanales se continua con el proceso de cuantificar la dosificación a usarse en 5%, 15%, 25% de material; que se distribuye en diatomita y liparita al sustituir la arcilla en el ladrillo lo cual se denota en la tabla N°17.

Tabla 17: *Cantidad usada con material diatomita y liparita*

Dosificación de materiales en 150 unidades				
Porcentaje de sustitución	Arcilla (carretillas)	Diatomita, Liparita (carretillas)	Tierra negra (carretilla)	Arena (carretilla)
5%	1.71	0.09*	3.45	0.75

15%	1.53	0.27*	3.45	0.75
25%	1.35	0.45*	3.45	0.75

Nota: Tomar en consideración que la densidad de la diatomita es de 0.50 ton/m³, y la densidad de Liparita es 0.90 ton/m³; con ello se tiene que la cantidad de diatomita se duplica con respecto a la Liparita, además se tiene el dato de la densidad de arcilla que es 1.15 ton/m³.

Elaboración: El autor (2023)

4.3.3 Moldeo de ladrillos

Para tomar en cuenta el moldeo se tendrá dimensiones con las cuales se trabaja al momento de la labranza de ladrillo, los cuales son 22 x 13 x 8 cm los cuales corresponden a largo, ancho y alto respectivamente; con estas medidas trabajan una mayoría de ladrilleros artesanales y a su vez estas se tomarán en cuenta como ladrillo patrón para poder comparar la variación en dimensión que posteriormente se va ejecutar.

Figura 60: Medidas determinadas para elaborar ladrillo



Elaboración: El autor (2023)

Antes de comenzar con el moldeo hay que tomar en cuenta que los materiales deben estar debidamente mezclados y tener una consistencia

pastosa que pueda ser manejada fácilmente, al instante de poner la porción de material en el molde presionar para evitar que exista vacíos y para afinar la cara superior se usará una regleta que permitirá darle un acabado apropiado.

Figura 61: *Moldeo de materiales*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 62: *Afinado en cara superior de ladrillo*



Elaboración: El autor (2023)

4.3.4 Secado de material

Para este proceso se toma en cuenta las diferentes características proporcionadas por los materiales, normalmente el secado suele durar entre tres a cinco días, esto depende del clima a cuál estará expuesto el material; para mejora se toma en cuenta los cinco días de secado para adquirir mayor dureza y confiabilidad de que el material estará en óptimas condiciones.

Figura 63: *Secado de ladrillo con diatomita y liparita*



Elaboración: El autor (2023)

4.3.5 Puesta en horno

Pasado los días de secado se traslada los ladrillos al horno este proceso se suele hacer colocando los ladrillos unos sobre otros con una delgada capa de carbón lo cual proporciona una cocción uniforme; se toma en cuenta la separación de tres a cinco milímetros entre ladrillos para que exista una correcta ventilación dentro del horno.

Figura 64: *Apilado de ladrillo en horno*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 65: Colocado de carbón entre capas de ladrillo



Elaboración: El autor (2023)

4.3.6 Cocción

Este proceso proporciona una resistencia mecánica indirecta al ladrillo, hay una reacción exotérmica que se produce en torno a los 970 °C, el evento está relacionado a la creación de un proceso cristalino estable conocido como mullita en insumos que han sido calentados a temperaturas más altas y en periodos de tiempo largos. Es fundamental destacar que estos factores influyen de manera significativa en las características del material, se puede indicar que va estar relacionado a que si aumenta la resistencia del material va disminuir el proceso de absorber agua, este proceso desde que se enciende el horno hasta que se apaga dura un total de ocho días.

Figura 66: *Pre calentamiento de horno*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 67: *Proceso de cocción en horno de ladrillos*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 68: Verificación de cocción uniforme dentro de horno



Elaboración: El autor (2023)

4.3.7 Enfriado de ladrillo

Este procedimiento dura de dos a tres días esto depende del clima al que este expuesto el material, por el mismo lugar de las corrientes donde ocurrió la cocción, se procede a esperar que la corriente de aire proceda a ingresar para el enfriado correspondiente.

Figura 69: Enfriamiento de material



Elaboración: El autor (2023)

4.4 Proceso de evaluación del ladrillo en laboratorio

4.4.1 Seguimiento de unidades artesanales

4.4.1.1 Selección de material para ensayo

Para este proceso hay que tomar en cuenta la norma E-070, donde nos da parámetros a tomar en cuenta según especificaciones que están dentro los cuales son: la NTP 399.604 y la NTP 399.613, hace referencia que para tomar en cuenta los ladrillos aleatoriamente se debe realizar ensayos y que estos no hayan sido alterados sus propiedades iniciales.

Figura 70: Selección de especímenes de prueba



Elaboración: El autor (2023)

4.4.1.2 Cantidad de especímenes

Indica tomar un total de 10 unidades por lote de fabricación lo cual corresponde a una cantidad de 1'000,000 este total puede ser menor se hace en referencia a la NTP 399.613.

Figura 71: *Número de especímenes*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.1.3 Autenticidad de los materiales

Como se trabaja con dos materiales de diatomita y liparita que son un total de siete muestras incluyendo el patrón con el que se va a comparar, se procede a diferenciar los materiales con marcas que no ocupen un máximo del 5% dentro del ladrillo, esto se hace según la NTP 399.613 y la NTP 399.604.

Figura 72: *Reconocimiento de materiales*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.2 Variación dimensional:

Con este ensayo determinaremos el cambio de medidas en largo, ancho y alto de los especímenes elaborados con los materiales de sustitución propuestos, se tomarán en cuenta según la NTP 399.613, 399.604 que están dentro de la norma E-070 de albañilería (E-070, 2019).

Se tiene dimensiones establecidas según molde de artesano con las cuales se trabaja y están dadas 22 x 13 x 8 cm que hacen referencia a largo, ancho y alto, esta comparación se hará en materiales con los porcentajes de 5%, 15% y 25% incluyendo el ladrillo patrón con el cual haremos una comparación inicial.

Equipos y materiales: Regla larga graduada, vernier (pie de rey), brocha (para limpiar impurezas), diez ladrillos por cada porcentaje de sustitución lo cual hace un total de 60 unidades y diez unidades sin ninguna modificación o alteración la que denominaremos como patrón.

Procedimiento: Se limpiarán todas las unidades artesanales (ladrillos) de impurezas tenidas en el transporte y el carguío, luego procederemos a usar el vernier para medir las longitudes del ladrillo un total de 4 por cada dimensión, estas medidas deberán estar en la aproximación de 1mm para tener un dato de la realidad.

Evaluación de datos: Para efectuar el cálculo en el resultado de la variación de dimensión (V%) se ejecuta con la fórmula que se muestra a continuación:

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

Donde:

V% = resultado en % del cambio en dimensión

D_n = Dimensión inicial.

D_p = Valor ponderado en dimensión.

Se trabaja según especificaciones de la norma E-070 quien menciona los siguientes parámetros a tomar en consideración en los resultados obtenidos; donde se clasifica al ladrillo en base a su porcentaje de variación, se observa en la tabla N°18:

Tabla 18: *Porcentaje de variación dimensional*

Clase	Variación de la dimensión (máx. en porcentaje)		
	hasta 100 mm	hasta 150 mm	más de 150 mm
Ladrillo tipo I	± 8	± 6	± 4
Ladrillo tipo II	± 7	± 6	± 4
Ladrillo tipo III	± 5	± 4	± 3
Ladrillo tipo IV	± 4	± 3	± 2
Ladrillo tipo V	± 3	± 2	± 1

Fuente: (E-070, 2019)

Figura 73: *Medida de ancho de ladrillo*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 74: *Medida de ladrillo (alto)*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.3 Alabeo

El ensayo siguiente mide la superficie cóncava y convexa de los ladrillos en ambas caras y diferentes direcciones esto será según NTP 399.613 determinada por la (E-070, 2019).

Materiales y equipos: Regla bien graduada con dimensiones desde los extremos de 1mm y otra regla que nos permitirá observar la variación en las superficies denominadas como cóncava y convexa de las unidades a medir, una mesa plana sin hendiduras que nos permita observar las variaciones al hacer las mediciones, escobilla para limpiar impurezas, se usarán un total de 70 unidades donde incluímos los porcentajes usados y el patrón a ser observado.

Procedimiento: Retiraremos las impurezas de los ladrillos para que no interrumpan en la medición, procederemos a colocar en la superficie plana se procederá a colocar las regla en forma diagonal donde se visualizara la forma convexa y cóncava del ladrillo y se procederá anotar el dato obtenido.

Procesamiento de datos: Se anotará los datos por cada unidad medida aproximando a 1mm y se tomará en cuenta la tabla siguiente para su posterior comparación.

Figura 75: *Alabeo máximo en ladrillos*

Clasificación	Alabeo (máximo en mm)
Ladrillo Tipo I	10
Ladrillo Tipo II	8
Ladrillo Tipo III	6
Ladrillo Tipo IV	4
Ladrillo Tipo V	2

Fuente: (E-070, 2019)

Figura 76: *Superficie cóncava del espécimen*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 77: *Superficie convexa del espécimen*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.4 Absorción.

Se procede según lo estipulado en la NTP 399.613 y NTP 399.604 de la norma E-070, donde evaluaremos la característica que tienen los especímenes de almacenar líquidos al ser saturados en su totalidad, esto se hará con un lapso de un día como mínimo sumergido en agua.

Materiales a usar: Se usará recipientes donde pondremos las muestras con agua a tope, un horno pequeño donde se pueda secar las muestras y por último una balanza.

Procedimiento: Primero secaremos las muestras al aire libre o en un horno para cerciorarnos que el espécimen este sin ningún tipo de humedad, con ello se obtendrá un dato más verídico al momento de hacer el ensayo

Luego se procederá a pesar la muestra seca, se llenará de agua el recipiente superando las dimensiones del ladrillo para verificar que absorba la mayor cantidad de agua, el líquido debe estar entre las temperaturas de 15.5° C y 30 °C, este ensayo tendrá que hacerse por un periodo de espera mínimo de un día.

Se procede a pesar las muestras saturadas para luego hacer una comparación entre el producto inicial y el final, hay que tomar en cuenta que existen parámetros para cada tipo de ladrillo que nos indica la norma con respecto a la cantidad de absorción el cual se calcula con una fórmula y esto se contrasta con la tabla N° 19.

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

Donde:

A= Absorción.

W_{seco} = peso del espécimen en gr.

$W_{\text{húmedo}}$ = peso saturado del espécimen, en gramos.

Tabla 19: *Porcentaje máximo de absorción*

Tipo	Absorción (máximo en %)
Ladrillo I	-
Ladrillo II	-
Ladrillo III	25
Ladrillo IV	22
Ladrillo V	22

Fuente: NTP 331.017

Figura 78: *Peso de ladrillo (muestra seca)*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 79: *Sumergido de muestras con agua*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 80: *Pesado de muestra saturada*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.5 Compresión simple de ladrillo

Este ensayo se evalúa en concordancia con la NTP 399.613 y NTP 339.604 las cuales se encuentran como indicación dentro de (E-070, 2019),

este ensayo es el más importante ya que hace referencia a propósito estructural, y este a su vez va determinar si podrán realizarse ensayos posteriores en muretes de ladrillo

Equipos y materiales: brocha para limpiar impureza, especímenes los cuales serán cinco por muestra según norma y hacen un total de 35 incluyendo el ladrillo patrón y por ultimo una máquina de compresión.

Procedimiento: Se comenzará con apartar impurezas de los materiales, es necesario colocar mezcla sobre el ladrillo para general una superficie horizontal y no generar fallas incorrectas, se procede a colocar el ladrillo en la base de la máquina en la parte central del mismo esto deberá hacerse a una velocidad constante de 3 m/s donde se irá aumentando la carga hasta que ocurra la fractura.

Procesamiento de los datos: Para esta etapa nos centraremos en usar la siguiente fórmula:

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

Donde:

F´b= Resistencia a la compresión del ladrillo en kg/cm²

P= Carga que será dada por el equipo de compresión lo cual será en kg

A=Área sobre la cual se realiza ensayo (largo x ancho) será n cm²

Para determinar sobre que rango se encuentra la unidad artesanal ensayada, la norma E-070 nos indica resultados a tomar en cuenta para poder clasificar al ladrillo, tales datos se muestran en la tabla N°20.

Tabla 20: Resistencia mínimo de ladrillo

Tipo	Resistencia a compresión f' b mínimo en MPA (kg/cm ²)
Ladrillo I	4.9 (50)
Ladrillo II	6.9 (70)
Ladrillo III	9.3 (95)
Ladrillo IV	12.7 (130)
Ladrillo V	17.6 (180)

Fuente: (E-070, 2019)

Figura 81: Uniformado de unidad artesanal pre-ensayo



Elaboración: El autor (2023)

Figura 82: Máquina para ensayos de compresión



Elaboración: El autor (2023)

Figura 83: Posicionando de unidades artesanales



Elaboración: El autor (2023)

Figura 84: *Ensayo de compresión espécimen con diatomita*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 85: *Ensayo de compresión espécimen con Liparita*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.6 Compresión axial en ladrillos

Las especificaciones en la E-070, da conocer que se tienen que elaborar pilas de albañilería que se denominan pilas estos serán realizados como si fueran muros a ejecutarse de varios ladrillos los cuales serán posicionados con mortero de manera vertical, este ensayo permite determinar la compresión ($f'm$), con el objetivo de ver la resistencia del muro real, se ejecutará un total de tres pilas con tres ladrillos por cada porcentaje de ejecución incluyendo.

Con estos valores encontrados se procede a elaborar las pilas de ladrillo que determina las características de murete, este ensayo está relacionado en concordancia de la altura con el espesor del prisma denomina esbeltez. (Arancelarias, 2013), con los datos mostrados a continuación se procede a calcular la resistencia axial.

Figura 86: *Parámetros de corrección de $f'm$ 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	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: (E-070, 2019)

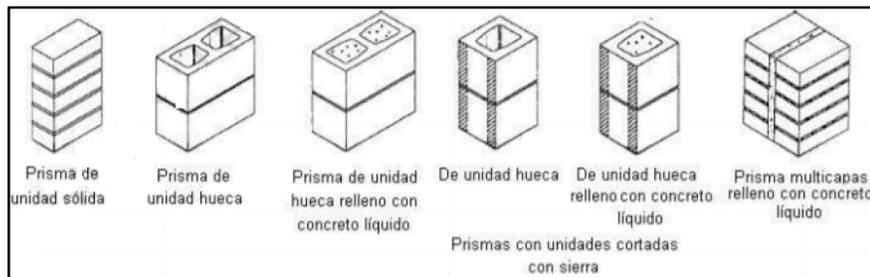
Herramientas: Equipos de compresión, ladrillo unos tres por muestra teniendo un total de 21 ladrillos.

Mortero: Elemento que garantiza la unión de ladrillo en muros, se colocará de forma horizontal con un espesor de 1.5cm, y la proporción indicada para esto es de 1:4 (uno de cemento y cuatro de arena)

Procedimiento: Se va elaborar los especímenes que serán un total de tres con las características adecuadas, se dejará secar los días que sean necesarios, durante este periodo es necesario realizar un curado, se procede a realizar asentado de ladrillo uno sobre otro de manera horizontal según la norma NTP 399.605.

Al momento de hacer la prueba se mide el largo y ancho del espécimen, al igual que la altura del prisma, un total de 4 medidas y se procederá a sacar un ponderado de las dimensiones; colocamos la muestra en el punto central del equipo, se regulariza la constante de velocidad en el ensayo y aplicamos la fuerza hasta que suceda la rotura.

Figura 87: *Edificación de muros de albañilería*



Fuente: (Bohorquez, 2019)

Se contrasta los resultados obtenidos con los mostrados en la tabla N° 21, para ensayarlos si los especímenes no cumplen con los 28 días; están dados a los 14 y 21 días (E-070, 2019).

Tabla 21: *Aumento de f'm por tiempo en días de prismas*

Incremento de f'm por edad			
Edad		14 días	21 días
Pilas	Ladrillos	1.10	1.00

Fuente: (E-070, 2019)

Hay que tomar en cuenta que la norma E-070 nos da valores con los cuales podemos comparar y determinar que clase es de acuerdo a las resistencias de los prismas de albañilería mostrados en la tabla N° 22.

Tabla 22: *Resistencia características de albañilería Mpa (kg/cm²)*

Materia Prima	Clase	Pilas (f'm)
Arcilla	Tipo I -Artesanal	3.4 (35)
	Tipo II - Artesanal	3.9 (40)
	Tipo III - Artesanal	4.6 (47)
	Tipo IV - Industrial	6.4 (65)
	Tipo V - Industrial	8.3 (85)
Concreto	Industrial portante	7.0 (71)
Sílice-cal	Industrial portante	10.1 (103)

Fuente: (E-070, 2019)

Procesamiento de datos: Los resultados se obtienen de la división entre la carga admisible soportada y el área de la sección medida transversalmente, se tiene los datos en la tabla N°23 y si el resultado fuese un intermedio entre valores se procede a realizar una interpolación lineal y por último se procede a multiplicar por el valor obtenido.

Tabla 23: *Parámetros de rectificación en prismas de albañilería*

hp / tp	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: (Arancelarias, 2013)

Figura 88: *Elaboración de pila de ladrillos*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 89: *Compresión axial ladrillo de Diatomita*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 90: *Compresión axila ladrillo de Liparita*



Elaboración: El autor (2023)

Figura 91: *Rotura en muestra*



Elaboración: El autor (2023)

4.4.7 Resistencia a carga diagonal de muretes albañilería (V'm)

La prueba siguiente está basada en conformidad con la NTP 399.621, que está dentro de la (E-070, 2019), donde el resultado obtenido será el calcular la dureza a la compresión ejercida de manera diagonal sobre un murete de ladrillos.

Materiales: Ladrillos para elaborar muro, mortero que será en dosificación 1:4 posicionado de forma vertical y horizontal, escuadra de carga, máquina para prueba de murete.

Procedimiento: Se procede a elaborar el murete con dimensiones de 60x60 cm según la norma, terminado ello se procede a ubicar el espécimen sobre los puntos de apoyo superior e inferior, se colocará centrado para luego aplicar cargas.

Evaluación de datos: se efectuarán los datos mediante la fórmula siguiente:

$$V'm = \frac{0.707 P}{Ab}$$

Donde:

V'm= Fuerza ejercida en compresión (Kg/cm²)

P= Fuerza aplicada en Newton

Ab= Medidas en mm², se halla de esta forma:

$$Ab = \frac{l + h}{2} \times t$$

L=longitud de muro (mm)

H= alto de muro (mm)

T= ancho de muro (mm)

Tabla 24: Incremento de V'm por tiempo para muretes

Incremento de V'm por edad			
Edad		14 días	21 días
Pilas	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Ladrillos de concreto	1.25	1.05

Fuente: (E-070, 2019)

Se toma en cuenta los valores de la tabla N°24 si el espécimen no cumple con los 28 días estipulados, el cual es un factor que se multiplica en el resultado obtenido. Al igual que en los anteriores ensayos realizados la norma

indica considerar los siguientes resultados para determinar el tipo de ladrillo obtenido los que se muestran en la tabla N°25.

Tabla 25: Resistencia características de albañilería - Muretes Mpa (kg/cm²)

Materia Prima	Clase	Muretes V'm
Arcilla	Clase I -Artesanal	0.50 (5.1)
	Clase II - Artesanal	0.55 (5.6)
	Clase III - Artesanal	0.64 (6.5)
	Clase IV - Industrial	0.79 (8.1)
	Clase V - Industrial	0.90 (9.2)

Fuente: (E-070, 2019)

Figura 92: Colocado de mortero en muretes



Elaboración: El autor (2023)

Figura 93: Fabricación de muretes (60x60 cm)



Elaboración: El autor (2023)

Figura 94: Colocado en prensa para rotura de muretes



Elaboración: El autor (2023)

Figura 95: Medición en ancho - diagonal de espécimen



Elaboración: El autor (2023)

Figura 96: *Rotura en falla frágil*



Elaboración: El autor (2023)

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1 Variación dimensional

Se procede a realizar la medición según la NTP 399.613 y la NTP 399.604, el cual menciona usar un mínimo de diez unidades por cada toma de porcentaje o lote de realización de ladrillos elaborados, tomar en cuenta las medidas de ladrillo nominal será de 22cm (largo) x 13cm (ancho) x 8 cm (alto) según el molde realizado por la ladrillera, y que este puede variar según cada artesano y la necesidad que se tenga del producto. Cabe mencionar que las medidas se hacen según lo estipulado por la norma tomando un mínimo de cuatro mediciones por cada medición realizada.

Tabla 26: *Medición (largo) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)*

	M0%-1	M0%-2	M0%-3	M0%-4	M0%-5	M0%-6	M0%-7	M0%-8	M0%-9	M0%-10
L1 (mm)	218.8	219.8	217.3	219.1	219.0	219.3	220.3	215.6	219.8	216.5
L2 (mm)	218.8	219.8	217.3	219.1	219.0	219.3	220.3	215.6	219.8	216.5
L3 (mm)	218.8	219.8	217.3	219.1	219.0	219.3	220.3	215.6	219.8	216.5
L4 (mm)	218.8	219.8	217.3	219.1	219.0	219.3	220.3	215.6	219.8	216.5
Promedio	218.8	219.8	217.3	219.1	219.0	219.3	220.3	215.6	219.8	216.5
									Promedio	218.6

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 27: *Medición (ancho) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)*

	M0%-1	M0%-2	M0%-3	M0%-4	M0%-5	M0%-6	M0%-7	M0%-8	M0%-9	M0%-10
A1 (mm)	132.0	128.7	128.7	127.2	127.5	130.0	133.5	127.2	131.5	131.0
A2 (mm)	132.0	128.7	128.7	127.2	127.5	130.0	133.5	127.2	131.5	131.0
A3 (mm)	132.0	128.7	128.7	127.2	127.5	130.0	133.5	127.2	131.5	131.0
A4 (mm)	132.0	128.7	128.7	127.2	127.5	130.0	133.5	127.2	131.5	131.0
Promedio	132.0	128.7	128.7	127.2	127.5	130.0	133.5	127.2	131.5	131.0
								Promedio		129.7

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 28: *Medición (altura) con 0% de sustitución (ladrillo patrón)*

	M0%-1	M0%-2	M0%-3	M0%-4	M0%-5	M0%-6	M0%-7	M0%-8	M0%-9	M0%-10
H1 (mm)	77.2	76.8	72.4	75.5	75.7	76.6	75.1	74.3	77.8	75.8
H2 (mm)	77.2	76.8	72.4	75.5	75.7	76.6	75.1	74.3	77.8	75.8
H3 (mm)	77.2	76.8	72.4	75.5	75.7	76.6	75.1	74.3	77.8	75.8
H4 (mm)	77.2	76.8	72.4	75.5	75.7	76.6	75.1	74.3	77.8	75.8
Promedio	77.2	76.8	72.4	75.5	75.7	76.6	75.1	74.3	77.8	75.8
								Promedio		75.7

Elaboración: El autor (2023)

Los datos observados en las tablas de la N°26 al N°28 son de ladrillo patrón con 0% de sustitución sin ser alterado el producto final, del cual tomaremos en referencia y ver las posteriores modificaciones que se aplican sobre el nuevo material, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se obtendrá datos para compararlos con la norma.

Teniendo los promedios por cada dimensión se procede la comparación de la dimensión inicial donde se hace la comparación respectiva y se ve el porcentaje de variación para determinar el tipo de ladrillo que sostiene la norma, del cual se sostiene que es Tipo II debido a que la variación en dimensión del alto se encuentra en el porcentaje de 5.35% en mm equivalente a ese tipo, esto se observa en la tabla N° 29.

Tabla 29: *Variación dimensional de ladrillo patrón 0% sustitución*

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	218.6	220.0	0.66%	Tipo V
Ancho (mm)	129.7	130.0	0.21%	Tipo V
Altura (mm)	75.7	80.0	5.35%	Tipo II

Elaboración: El autor (2023)

Los datos observados en las tablas de la N°30 al N°32 son de ladrillo con 5% de sustitución de diatomita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 30: Medición (largo) con 5% de sustitución (diatomita)

	M5D-1	M5D-2	M5D-3	M5D-4	M5D-5	M5D-6	M5D-7	M5D-8	M5D-9	M5D-10
L1 (mm)	218.7	218.7	215.4	219.1	216.9	216.8	215.1	220.5	217.6	219.7
L2 (mm)	217.3	219.7	216.3	220.2	216.7	216.9	217.3	219.1	218.0	216.7
L3 (mm)	216.3	217.4	220.1	219.6	218.4	218.7	217.6	218.8	220.6	220.2
L4 (mm)	214.6	217.5	218.1	217.5	217.9	219.5	218.8	219.8	220.6	220.2
Promedio	216.7	218.3	217.5	219.1	217.5	217.9	217.2	219.5	219.2	219.2
								Promedio	218.2	

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 31: Medición (ancho) con 5% de sustitución (diatomita)

	M5D-1	M5D-2	M5D-3	M5D-4	M5D-5	M5D-6	M5D-7	M5D-8	M5D-9	M5D-10
A1 (mm)	130.3	128.2	129.4	128.6	129.8	130.3	130.8	129.1	129.3	130.0
A2 (mm)	130.1	128.1	130.0	129.2	128.2	128.9	128.4	128.8	130.8	129.2
A3 (mm)	128.7	130.0	131.0	130.2	129.0	128.8	127.6	129.3	129.9	130.0
A4 (mm)	129.7	129.6	131.2	129.8	129.3	128.1	129.1	130.3	129.7	130.5
Promedio	129.7	129.0	130.4	129.5	129.1	129.0	129.0	129.4	129.9	130.0
								Promedio	129.5	

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 32: Medición (altura) con 5% de sustitución (diatomita)

	M5D-1	M5D-2	M5D-3	M5D-4	M5D-5	M5D-6	M5D-7	M5D-8	M5D-9	M5D-10
H1 (mm)	78.4	77.3	77.8	77.2	77.9	80.3	76.6	78.0	75.6	76.6
H2 (mm)	82.5	77.9	73.9	77.3	76.3	80.5	77.1	78.5	75.5	75.1
H3 (mm)	82.3	77.7	80.9	78.0	77.8	78.9	79.4	77.1	79.6	80.4
H4 (mm)	80.3	77.6	79.1	78.8	78.6	80.8	78.8	75.3	77.9	78.3
Promedio	80.9	77.6	77.9	77.8	77.6	80.1	78.0	77.2	77.1	77.6
								Promedio	78.2	

Elaboración: El autor (2023)

Teniendo los promedios del ladrillo de 5% en sustitución de diatomita se procede la comparación de las medidas iniciales, para posterior ver el porcentaje de variación para determinar el tipo de ladrillo según la norma, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 33.

Tabla 33: Variación en dimensión de ladrillo con 5% sustitución Diatomita

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	218.2	220.0	0.82%	Tipo V
Ancho (mm)	129.5	130.0	0.40%	Tipo V
Altura (mm)	78.2	80.0	2.26%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Los datos observados en las tablas de la N°34 al N°36 son de ladrillo con 5% de sustitución de Liparita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 34: Medición (largo con 5% de sustitución (liparita)

	M5L-1	M5L-2	M5L-3	M5L-4	M5L-5	M5L-6	M5L-7	M5L-8	M5L-9	M5L-10
L1 (mm)	217.3	217.8	218.2	216.0	216.3	215.8	217.8	216.9	217.2	217.2
L2 (mm)	216.2	217.2	217.6	215.3	216.4	216.1	217.7	217.1	218.1	217.3
L3 (mm)	216.2	217.2	217.6	216.4	217.6	215.3	217.5	216.4	218.8	217.7
L4 (mm)	215.2	218.0	216.7	214.3	217.2	215.7	216.9	216.0	217.9	217.4
Promedio	216.2	217.6	217.5	215.5	216.9	215.8	217.5	216.6	218.0	217.4
								Promedio		216.9

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 35: Medición (ancho) con 5% de sustitución (liparita)

	M5L-1	M5L-2	M5L-3	M5L-4	M5L-5	M5L-6	M5L-7	M5L-8	M5L-9	M5L-10
A1 (mm)	127.3	127.5	127.3	127.8	128.4	128.6	126.8	127.0	128.1	126.9
A2 (mm)	128.5	127.3	127.7	127.8	128.3	127.4	126.8	127.5	128.4	127.1
A3 (mm)	127.2	128.7	127.1	128.9	128.7	127.5	128.7	128.5	129.1	127.9
A4 (mm)	127.3	127.8	128.0	127.0	128.7	127.7	127.5	128.7	128.8	127.6
Promedio	127.6	127.8	127.5	127.9	128.5	127.8	127.4	127.9	128.6	130.0
								Promedio		128.1

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 36: Medición (altura) con 5% de sustitución (liparita)

	M5L-1	M5L-2	M5L-3	M5L-4	M5L-5	M5L-6	M5L-7	M5L-8	M5L-9	M5L-10
H1 (mm)	76.6	77.5	80.0	78.5	79.7	79.0	80.1	79.2	76.9	76.9
H2 (mm)	79.6	76.9	78.4	76.5	78.9	78.6	78.5	78.8	75.8	75.3
H3 (mm)	74.4	77.6	77.0	76.6	79.7	78.4	78.4	80.0	77.1	79.4
H4 (mm)	76.8	77.3	78.4	77.9	79.8	77.4	78.4	78.2	79.9	82.4
Promedio	76.9	77.3	78.4	77.4	79.5	78.3	78.8	79.0	77.4	78.5
								Promedio		78.2

Elaboración: El autor (2023)

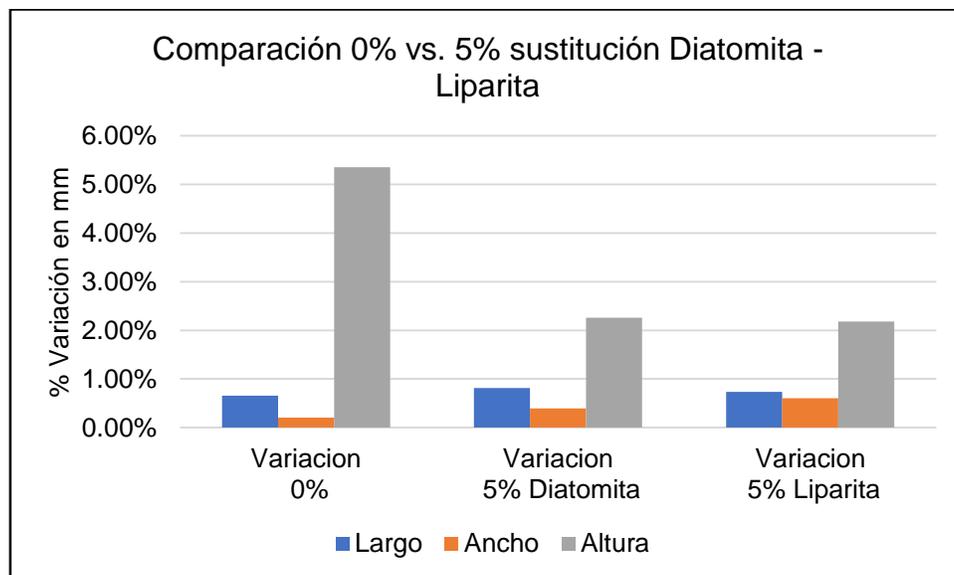
Teniendo los datos del ladrillo con 5% de sustitución de liparita se procede la comparación de las medidas iniciales, para posterior ver la variación en porcentaje y determinar la clasificación de ladrillo según E-070, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 37.

Tabla 37: Variación en dimensión de ladrillo con 5% sustitución Liparita

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo	216.9	220.0	1.41%	Tipo V
Ancho	128.1	130.0	1.45%	Tipo V
Altura	78.2	80.0	2.29%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Figura 97: Comparación 0% vs. 5% sustitución diatomita - liparita



Elaboración: El autor (2023)

Considerando que los ladrillo son artesanales, la calidad de mano de obra del artesano es importante al momento de dar el producto final y esto influye en los resultados de variación dimensional tanto del 5% de sustitución con Diatomita y Liparita. En la figura N°97 se aprecia el cambio al sustituir la arcilla con los materiales ya mencionados; donde se puede apreciar la disminución con respecto a la altura del ladrillo con 0% de sustitución, mientras el largo y ancho se mantienen en el margen inicial.

Los datos mostrados en las tablas de la N°38 al N°40 son de ladrillo con 15% de sustitución de Diatomita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 38: *Medición (largo) con 15% de sustitución (diatomita)*

	M15D-1	M15D-2	M15D-3	M15D-4	M15D-5	M15D-6	M15D-7	M15D-8	M15D-9	M15D-10
L1 (mm)	216.3	217.4	217.4	216.6	218.3	217.4	215.9	218.4	217.0	215.0
L2 (mm)	216.5	217.4	217.5	215.1	217.2	217.0	217.5	217.4	216.4	214.7
L3 (mm)	216.3	216.4	218.6	218.2	216.0	218.4	218.1	219.7	216.1	215.8
L4 (mm)	215.3	216.6	216.9	218.6	214.1	218.0	216.9	220.2	215.1	218.5
Promedio	216.1	216.9	217.6	217.1	216.4	217.7	217.1	218.9	216.1	216.0
								Promedio		217.0

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 39: *Medición (ancho) con 15% de sustitución (diatomita)*

	M15D-1	M15D-2	M15D-3	M15D-4	M15D-5	M15D-6	M15D-7	M15D-8	M15D-9	M15D-10
A1 (mm)	128.5	129.9	129.6	130.9	130.0	128.5	130.4	129.0	129.8	129.5
A2 (mm)	128.8	128.9	131.1	130.3	128.3	127.4	128.3	129.1	128.6	127.0
A3 (mm)	127.6	130.9	129.1	130.3	129.8	130.0	128.0	130.1	128.5	129.5
A4 (mm)	128.2	131.1	131.5	129.6	129.7	130.0	128.6	129.3	129.5	131.0
Promedio	128.3	130.2	130.3	130.3	129.4	129.0	128.8	129.4	129.1	129.2
								Promedio		129.4

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 40: *Medición (altura) con 15% de sustitución (diatomita)*

	M15D-1	M15D-2	M15D-3	M15D-4	M15D-5	M15D-6	M15D-7	M15D-8	M15D-9	M15D-10
H1 (mm)	76.0	78.1	77.7	78.6	79.8	76.8	77.7	76.0	76.9	77.5
H2 (mm)	76.2	78.6	78.6	78.9	79.5	77.5	79.5	75.7	75.6	77.2
H3 (mm)	76.6	77.5	80.0	76.2	75.6	75.0	77.1	79.9	82.4	76.2
H4 (mm)	78.2	77.9	81.3	78.1	75.6	74.8	77.8	78.4	81.1	77.3
Promedio	76.8	78.0	79.4	78.0	77.6	76.0	78.0	77.5	79.0	77.1
								Promedio		77.7

Elaboración: El autor (2023)

Teniendo los datos del ladrillo con 15% de sustitución de diatomita se procede a la comparación de las medidas iniciales, para posterior ver la variación en porcentaje y determinar la clasificación de ladrillo según la E-070, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 41.

Tabla 41: *Variación en dimensión en ladrillo con 15% sustitución idatomita*

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	217.0	220.0	1.36%	Tipo V
Ancho (mm)	129.4	130.0	0.47%	Tipo V
Altura (mm)	77.7	80.0	2.83%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Los datos observados en las tablas de la N°42 al N°44 son de ladrillo con 15% de sustitución de liparita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 42: *Medición (largo) con 15% de sustitución (liparita)*

	M15L-1	M15L-2	M15L-3	M15L-4	M15L-5	M15L-6	M15L-7	M15L-8	M15L-9	M15L-10
L1 (mm)	216.4	217.5	216.0	216.9	216.3	216.9	216.8	216.3	215.2	216.6
L2 (mm)	218.1	216.6	215.6	215.8	216.4	215.6	214.8	216.2	216.6	216.3
L3 (mm)	217.8	217.3	217.1	217.0	216.8	214.7	215.8	217.8	217.5	216.8
L4 (mm)	217.8	217.8	216.6	217.3	215.6	215.6	214.3	217.1	215.8	216.4
Promedio	217.5	217.3	216.3	216.8	216.3	215.7	215.4	216.9	216.3	216.5
								Promedio		216.5

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 43: Medición (ancho) con 15% de sustitución (liparita)

	M15L-1	M15L-2	M15L-3	M15L-4	M15L-5	M15L-6	M15L-7	M15L-8	M15L-9	M15L-10
A1 (mm)	128.4	128.4	128.6	127.6	128.4	128.6	129.3	128.7	129.3	128.7
A2 (mm)	127.9	127.5	128.2	127.0	128.1	128.7	127.9	128.6	128.0	128.3
A3 (mm)	128.2	127.9	127.1	127.0	129.0	129.0	127.6	128.1	128.1	128.0
A4 (mm)	127.8	128.1	127.7	128.7	129.2	128.6	129.1	127.5	128.8	128.7
Promedio	128.1	128.0	127.9	127.6	128.7	128.7	128.5	128.2	128.6	128.4
								Promedio	128.3	

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 44: Medición (altura) con 15% de sustitución (liparita)

	M15L-1	M15L-2	M15L-3	M15L-4	M15L-5	M15L-6	M15L-7	M15L-8	M15L-9	M15L-10
H1 (mm)	79.3	76.9	79.2	81.7	80.0	79.8	79.9	79.7	79.9	80.6
H2 (mm)	79.9	78.9	77.8	80.5	77.1	77.5	80.2	81.1	78.5	78.5
H3 (mm)	77.4	77.2	78.8	77.6	77.2	79.5	76.6	77.6	76.5	76.8
H4 (mm)	76.9	78.7	77.2	78.7	78.0	80.4	77.7	77.1	76.7	76.2
Promedio	78.4	77.9	78.2	79.6	78.1	79.3	78.6	78.9	77.9	78.0
								Promedio	78.5	

Elaboración: El autor (2023)

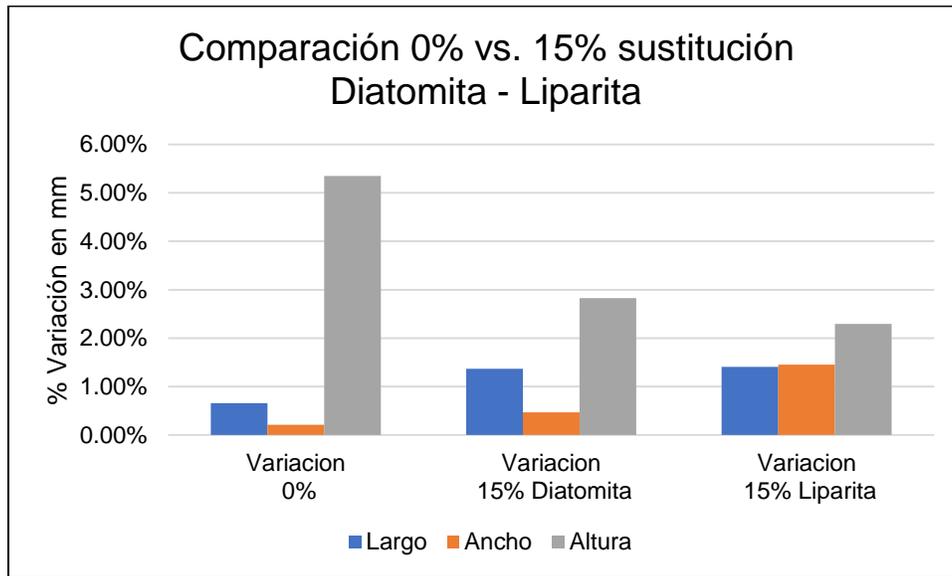
Teniendo los datos del ladrillo con 15% de sustitución de liparita se procede de la comparación de las medidas nominales, para posterior ver el tanto de por ciento de variación y determinar la clasificación de ladrillo según norma, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 45.

Tabla 45: Variación dimensional en ladrillo con 15% sustitución liparita

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	216.5	220.0	1.59%	Tipo V
Ancho (mm)	128.3	130.0	1.33%	Tipo V
Altura (mm)	78.5	80.0	1.89%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Figura 98: Comparación 0% vs. 15% sustitución diatomita - liparita



Elaboración: El autor (2023)

Considerando que los ladrillo son artesanales, la calidad de mano de obra del artesano es importante al momento de dar el producto final y esto influye en los resultados de variación dimensional tanto del 15% de sustitución con diatomita y liparita. En la figura N°98 se aprecia el cambio al sustituir la arcilla con los materiales ya mencionados; donde se puede apreciar la disminución con respecto a la altura del ladrillo con 0% de sustitución, mientras el largo y ancho aumentan un poco sin embargo mantienen el rango para destacarse como ladrillo Tipo V.

Los datos mostrados en las tablas de la N°46 al N°48 son de ladrillo con 25% de sustitución de diatomita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 46: *Medición (largo) con 25% de sustitución (diatomita)*

	M25D -1	M25D -2	M25D -3	M25D -4	M25D -5	M25D -6	M25D -7	M25D -8	M25D -9	M25D -10
L1 (mm)	217.7	216.9	217.7	216.0	218.7	217.7	219.2	217.3	217.9	217.5
L2 (mm)	220.3	216.2	218.7	216.7	219.5	218.5	219.1	217.9	218.4	218.9
L3 (mm)	220.2	218.6	219.1	219.3	219.7	218.5	218.0	217.1	220.7	219.1
L4 (mm)	219.5	218.0	218.9	218.1	219.5	216.4	219.5	217.4	218.3	218.3
Promedio	219.4	217.4	218.6	217.5	219.4	217.8	219.0	217.4	218.8	218.5
								Promedio	218.4	

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 47: *Medición (ancho) con 25% de sustitución (diatomita)*

	M25D -1	M25D -2	M25D -3	M25D -4	M25D -5	M25D -6	M25D -7	M25D -8	M25D -9	M25D -10
A1 (mm)	128.3	130.0	129.1	129.2	128.6	129.1	128.7	128.6	128.2	129.8
A2 (mm)	129.4	128.6	130.7	129.0	129.5	128.4	130.1	128.9	128.7	128.8
A3 (mm)	129.1	130.7	127.8	129.4	130.3	129.2	128.9	129.3	129.9	129.2
A4 (mm)	129.1	129.4	130.3	127.5	131.1	129.9	127.8	128.6	130.0	129.3
Promedio	129.0	129.7	129.5	128.8	129.9	129.1	128.9	128.8	129.2	129.3
								Promedio	129.2	

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 48: *Medida (alto) con 25% de sustitución (diatomita)*

	M25D -1	M25D -2	M25D -3	M25D -4	M25D -5	M25D -6	M25D -7	M25D -8	M25D -9	M25D -10
H1 (mm)	78.5	76.5	75.5	77.7	79.6	77.1	78.0	80.3	79.0	78.1
H2 (mm)	78.4	76.0	79.0	78.1	78.2	77.4	79.8	77.4	79.6	79.2
H3 (mm)	77.4	79.0	78.0	78.7	79.5	78.7	81.6	75.1	77.7	77.9
H4 (mm)	76.0	77.6	79.8	76.9	79.9	78.3	78.5	82.8	76.3	77.6
Promedio	77.6	77.3	78.1	77.8	79.3	77.9	79.5	78.9	78.1	78.2
								Promedio	78.3	

Elaboración: El autor (2023)

Teniendo los datos del ladrillo con 25% de sustitución de diatomita se procede la comparación de las medidas nominales, para posterior ver la variación en porcentaje y determinar la clasificación de ladrillo según norma, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 45.

Tabla 49: Variación en dimensión de ladrillo con 25% sustitución diatomita

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	216.5	220.0	1.59%	Tipo V
Ancho (mm)	128.3	130.0	1.33%	Tipo V
Altura (mm)	78.5	80.0	1.89%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Los datos siguientes de las tablas de la N°50 al N°52 son de ladrillo con 25% de sustitución de liparita, los siguientes han sido modificados según la dosificación propuesta, estas medidas están realizadas tomando en cuenta las cuatro caras del ladrillo, en la parte inferior de las tablas se muestra el promedio general con el cual se trabaja para determinar el tipo de ladrillo según norma.

Tabla 50: Medición (largo) con 25% de sustitución (liparita)

	M25L-1	M25L-2	M25L-3	M25L-4	M25L-5	M25L-6	M25L-7	M25L-8	M25L-9	M25L-10
L1 (mm)	218.1	217.0	218.2	215.4	216.9	220.0	216.9	218.5	216.7	217.4
L2 (mm)	217.0	216.4	218.5	215.6	218.5	218.5	216.1	218.6	216.7	216.4
L3 (mm)	218.3	218.9	220.5	216.7	219.1	221.6	217.9	219.6	216.7	218.5
L4 (mm)	217.8	216.6	218.9	216.7	217.3	221.4	216.5	217.6	217.6	218.0
Promedio	217.8	217.2	219.0	216.1	217.9	220.3	216.9	218.6	216.9	217.6
	Promedio									217.8

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 51: Medición (largo) con 25% de sustitución (liparita)

	M25L-1	M25L-2	M25L-3	M25L-4	M25L-5	M25L-6	M25L-7	M25L-8	M25L-9	M25L-10
A1 (mm)	130.1	131.6	128.4	127.8	129.5	130.5	131.1	130.5	128.2	129.3
A2 (mm)	130.4	130.3	129.1	128.5	130.4	129.5	130.4	128.9	129.1	129.1
A3 (mm)	130.4	130.3	129.1	128.5	129.4	129.5	130.5	131.7	128.7	130.4
A4 (mm)	130.5	128.6	128.5	130.1	129.0	127.8	127.7	131.1	128.5	129.8
Promedio	130.3	130.2	128.8	128.7	129.5	129.3	129.9	130.5	128.6	129.6
	Promedio									129.6

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 52: Medición (altura) con 25% de sustitución (liparita)

	M25L -1	M25L -2	M25L -3	M25L -4	M25L -5	M25L -6	M25L -7	M25L -8	M25L -9	M25L -10
H1 (mm)	80.5	75.6	77.3	81.8	82.9	79.7	77.6	80.4	80.3	81.1
H2 (mm)	78.8	77.1	79.0	77.1	82.1	81.9	76.7	79.2	79.7	79.4
H3 (mm)	77.4	81.2	83.2	80.2	77.4	80.0	82.1	78.2	80.0	76.6
H4 (mm)	77.7	82.9	82.6	82.2	79.8	79.2	80.8	77.4	80.2	77.3
Promedio	78.6	79.2	80.5	80.3	80.6	80.2	79.3	78.8	80.1	78.6
								Promedio		79.6

Elaboración: El autor (2023)

Teniendo los datos del ladrillo con 25% de sustitución de liparita se procede la comparación de las medidas nominales, para posterior ver la variación y determinar la clasificación de ladrillo según norma, de la evaluación se sostiene que es ladrillo Tipo V debido a que la variación dimensional no excede al 3% en mm dado por la norma E-070 en esta característica, esto se observa en la tabla N° 45.

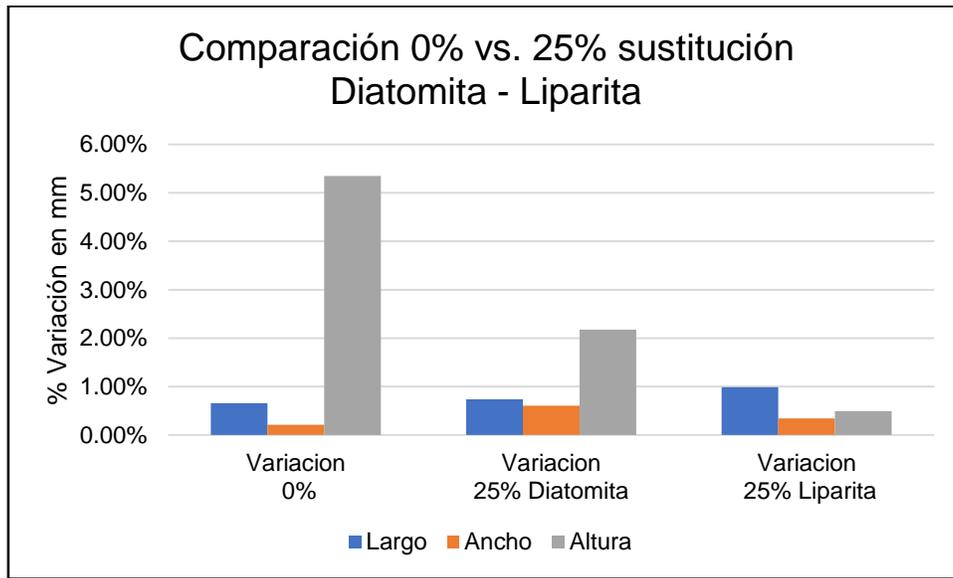
Tabla 53: Variación dimensional en ladrillo con 25% sustitución liparita

	Dim. Promedio	Dim. Nominal	Variación (%)	Tipo Ladrillo
Largo (mm)	216.5	220.0	1.59%	Tipo V
Ancho (mm)	128.3	130.0	1.33%	Tipo V
Altura (mm)	78.5	80.0	1.89%	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Considerando que los ladrillo son artesanales, la calidad de mano de obra del artesano es importante al momento de dar el producto final y esto influye en los resultados de variación dimensional tanto del 25% de sustitución con Diatomita y Liparita. En la figura N°99 se aprecia el cambio al sustituir la arcilla con los materiales ya mencionados; donde se puede apreciar la disminución con respecto a la altura del ladrillo con 0% de sustitución, mientras el largo y ancho se mantienen en lo inicial esto mantiene el rango para destacarse como ladrillo Tipo V.

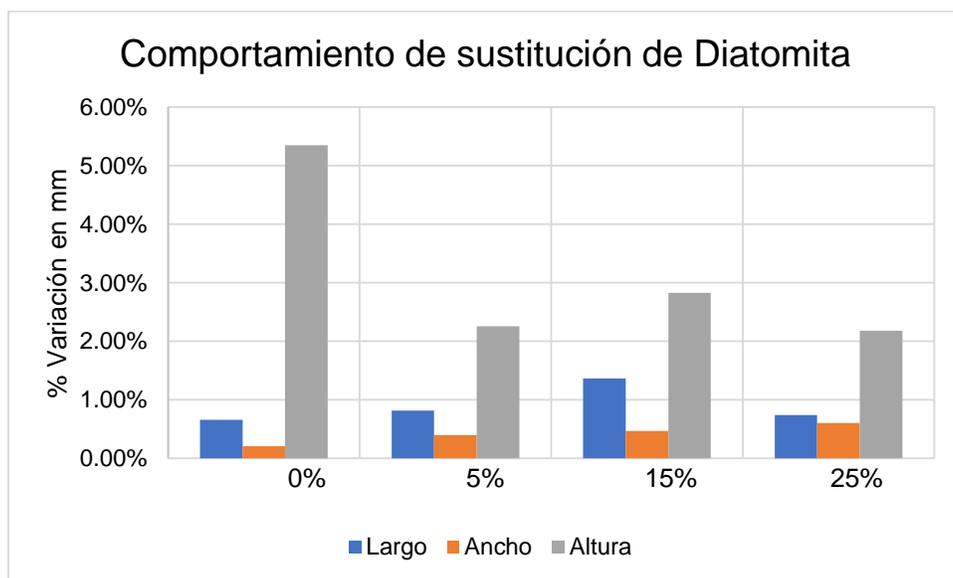
Figura 99: Comparación 0% vs. 25 % sustitución diatomita - liparita



Elaboración: El autor (2023)

Se muestra el comportamiento en la figura N°100 con respecto a la sustitución de un mismo material en diferentes dosificaciones donde en altura comenzando de 0% de sustitución disminuye y tiene un pico con el 15%; en el largo cuenta con pico en 15% aun así se mantiene en el rango estipulado sin alterar sus características, con respecto al ancho se mantiene en el margen, con ello se denota que al sustituir con el material existe una mejora en la variación dimensional.

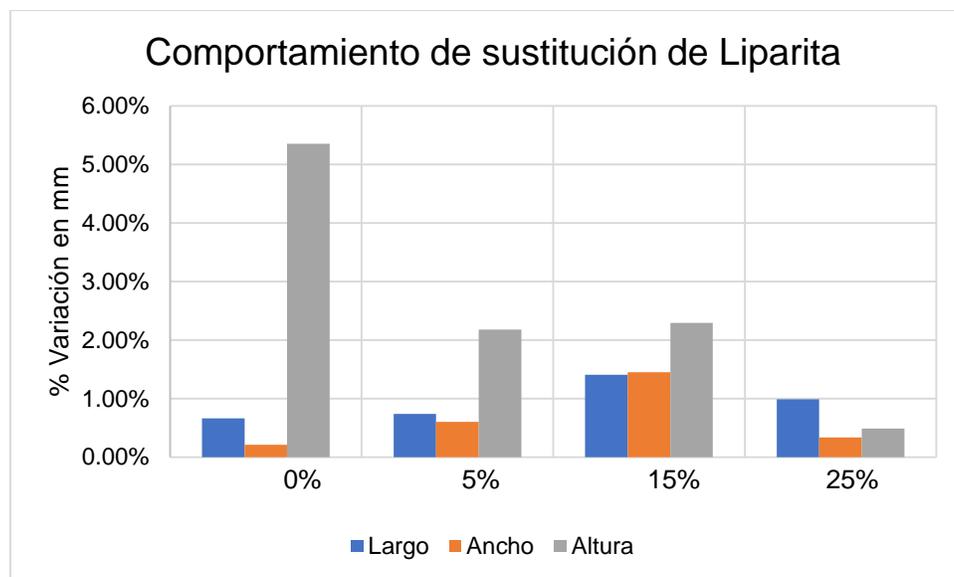
Figura 100: Comportamiento de sustitución de Diatomita



Elaboración: El autor (2023)

Se aprecia en la figura N°101 el comportamiento con respecto a la sustitución de un mismo material en diferentes dosificaciones donde en altura comenzando de 0% de sustitución disminuye y tiene un pico con el 15% y con el 25% disminuye considerablemente; en el largo cuenta con pico en 15% aun así se mantiene en el rango estipulado sin alterar sus características, con respecto al ancho cuenta con un pico en 15% y posterior a ello disminuye, con ello se denota que al sustituir con el material existe una mejora en la variación dimensional.

Figura 101: Comportamiento de sustitución de liparita



Elaboración: El autor (2023)

5.2 Alabeo

La presente característica se hizo tomando en consideración la concavidad y la convexidad de los materiales en promedio, donde se tendrá una muestra de diez unidades por porcentaje, ello para cumplir lo estipulado en la norma, además se toma cuenta el ladrillo patrón que sirve para poder ver el comportamiento al realizar la sustitución con los nuevos materiales esto se observa en la tabla N° 54,

Tabla 54: Medida de especímenes con 0% sustitución (patrón)

	M0% -1	M0% -2	M0% -3	M0% -4	M0% -5	M0% -6	M0% -7	M0% -8	M0% -9	M0% -10
Cóncava (mm)	1.37	3.00	0.75	3.13	3.50	2.00	2.13	1.25	1.50	1.50
Convexa (mm)	0.50	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	1.75

Elaboración: El autor (2023)

Se determina que el espécimen con 0% de sustitución tiene un ponderado en concavidad de 2.01 mm lo que identifica al ladrillo Tipo IV, un promedio de convexidad de 0.45 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V, en tal caso como conclusión se tiene que con sustitución de 0% el ladrillo clasifica en Tipo V.

Tabla 55: Alabeo de ladrillo con 0% sustitución

Ladrillo 0%	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	2.01	Tipo IV
Promedio Convexidad (mm)	0.45	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 5% de sustitución con diatomita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior, con esto se obtiene un promedio el cual se observa en la tabla N°56 y en la tabla N°57 se observa el ponderado con respecto a concavidad que es 2.02 mm lo que identifica al ladrillo Tipo IV, un promedio de convexidad de 0.73 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V, en conclusión, se tiene como ladrillo Tipo V

Tabla 56: Medida de ladrillos 5% sustitución (diatomita)

	M5D -1	M5D -2	M5D -3	M5D -4	M5D -5	M5D -6	M5D -7	M5D -8	M5D -9	M5D -10
Cóncava (mm)	0.90	0.85	2.35	2.00	2.85	2.90	1.25	1.65	3.18	2.25
Convexa (mm)	0.00	0.00	2.55	0.00	0.85	0.89	0.80	0.60	0.25	1.38

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 57: Alabeo en ladrillo con sustitución 5% de diatomita

Ladrillo 5% Diatomita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	2.02	Tipo IV
Promedio Convexidad (mm)	0.73	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 15% de sustitución con diatomita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior que se muestra en la tabla N°58 la cual está dada en (mm), y en la tabla N°59 se observa el ponderado en concavidad de 1.22 mm lo que identifica al ladrillo Tipo V, un promedio de convexidad de 0.96 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V.

Tabla 58: *Medida de ladrillos 15% sustitución (diatomita)*

	M15 D-1	M15 D-2	M15 D-3	M15 D-4	M15 D-5	M15 D-6	M15 D-7	M15 D-8	M15 D-9	M15 D-10
Cóncava (mm)	1.60	0.60	0.50	0.95	2.20	0.65	1.10	1.15	1.40	2.00
Convexa (mm)	0.45	0.45	1.67	2.65	0.75	1.35	0.70	0.50	0.45	0.60

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 59: *Alabeo de ladrillo con sustitución 15% de diatomita*

Ladrillo 15% Diatomita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	1.22	Tipo V
Promedio Convexidad (mm)	0.96	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 25% de sustitución con diatomita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior que se observa en la tabla N°60 la cual está dada en (mm), y la tabla N°61 muestra el promedio de concavidad de todas las medidas que es 1.61 mm lo que identifica al ladrillo Tipo V, un promedio de convexidad de 0.93 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V.

Tabla 60: *Medida de ladrillos 25% sustitución (diatomita)*

	M15D -1	M15D -2	M15D -3	M15D -4	M15D -5	M15D -6	M15D -7	M15D -8	M15D -9	M15D -10
Cóncava (mm)	1.15	0.80	2.10	1.65	1.55	2.10	1.00	3.15	1.25	1.30
Convexa (mm)	0.25	0.75	0.90	0.00	1.43	1.00	1.50	1.50	1.40	0.55

Elaboración: El autor (2023)

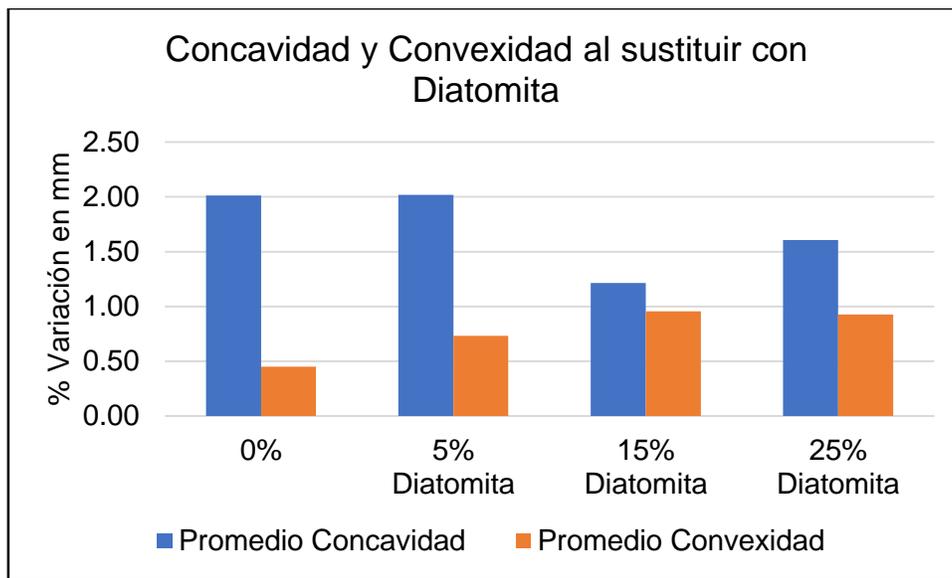
Tabla 61: *Alabeo en ladrillo con sustitución 25% de diatomita*

Ladrillo 25% Diatomita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	1.61	Tipo V
Promedio Convexidad (mm)	0.93	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con los resultados anteriores podemos determinar mediante un histograma que la variación en alabeo tiende a un valor alto en cuestión concavidad y va aumentando convexidad hasta llegar a un 15% de sustitución del material hay que recordar que este resultado depende de la calidad de trabajo del artesano al laborar el ladrillo y las condiciones de temperatura. Además, se denota que en la medida convexa aumenta ligeramente de acuerdo a como se aumente el porcentaje de sustitución con el material.

Figura 102: Comparación de ladrillo diatomita con ladrillo patrón



Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 5% de sustitución con liparita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior que se muestra en tabla N°62 la cual está dada en (mm), y la tabla N°63 se observa el ponderado de concavidad que da como resultado 1.48 mm lo que identifica al ladrillo Tipo V, un promedio de convexidad de 0.71 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V.

Tabla 62: Medida de ladrillos 5% sustitución (liparita)

	M5L-1	M5L-2	M5L-3	M5L-4	M5L-5	M5L-6	M5L-7	M5L-8	M5L-9	M5L-10
Cóncava (mm)	0.88	1.35	1.15	1.23	1.68	1.20	1.50	1.88	1.90	2.00
Convexa (mm)	2.18	0.65	0.40	0.00	1.25	0.40	0.85	0.20	0.73	0.40

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 63: Alabeo en ladrillo de sustitución 5% de liparita

Ladrillo 5% Liparita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	1.48	Tipo V
Promedio Convexidad (mm)	0.71	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 15% de sustitución con liparita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior que se muestra en la tabla N°64 la cual está dada en (mm), y la tabla N°65 se observa el promedio de concavidad de 1.11 mm lo que clasifica al ladrillo como Tipo V, un promedio de convexidad de 0.47 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V.

Tabla 64: Medida de ladrillos 15% sustitución (liparita)

	M15L-1	M15L-2	M15L-3	M15L-4	M15L-5	M15L-6	M15L-7	M15L-8	M15L-9	M15L-10
Cóncava (mm)	0.70	1.05	1.15	1.00	1.00	1.25	1.50	0.90	1.45	1.05
Convexa (mm)	0.50	0.40	0.00	0.45	0.60	0.65	0.30	0.20	0.90	0.65

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 65: Alabeo de ladrillo con 15% de liparita

Ladrillo 15% Liparita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	1.11	Tipo V
Promedio Convexidad (mm)	0.47	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

Con el ladrillo 25% de sustitución con liparita se procede hacer las mediciones de alabeo en la superficie superior e inferior que se muestra en la tabla N°66 la cual está dada en (mm), en la tabla N°65 se observa el ponderado con respecto a las mediciones de concavidad que es 1.39 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V, un promedio de convexidad de 0.48 mm lo que identifica como ladrillo Tipo V.

Tabla 66: Medida de ladrillos 25% sustitución (liparita)

	M15L-1	M15L-2	M15L-3	M15L-4	M15L-5	M15L-6	M15L-7	M15L-8	M15L-9	M15L-10
Cóncava (mm)	0.20	0.45	0.40	0.75	2.85	0.95	2.75	1.40	2.40	1.75
Convexa (mm)	0.35	0.20	0.30	0.15	1.40	0.00	0.80	0.85	0.25	0.45

Elaboración: El autor (2023)

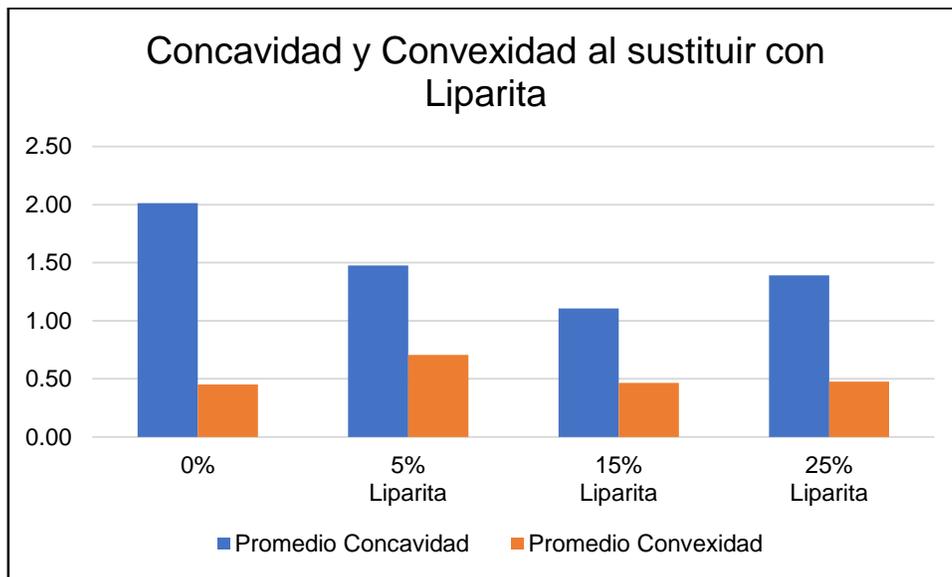
Tabla 67: Alabeo de ladrillo con 25% en sustitución liparita

Ladrillo 25% Liparita	Promedio	Alabeo
Promedio Concavidad (mm)	1.39	Tipo V
Promedio Convexidad (mm)	0.48	Tipo V

Elaboración: El autor (2023)

El gráfico N° 103 muestra el comportamiento de la sustitución con el material de liparita; el cual indica que con un 15% de sustitución se llega a tener un menor alabeo es decir menor promedio en Concavidad y convexidad, pero aun así los porcentajes de sustitución están en el rango permitido por la norma para ladrillo Tipo V.

Figura 103: Comparación de ladrillo liparita en alabeo con ladrillo patrón



Elaboración: El autor (2023)

5.3 Absorción

Este ensayo está sometido a un tiempo predeterminado de 24 horas donde observaremos cuanto es el porcentaje en retención de agua de los materiales al ser sustituida la arcilla por diatomita y liparita, se tomarán un total de cinco unidades que nos indica la norma E-070, con 0%, 5%, 15% y 25%, donde sabemos de dato según norma que lo máximo en absorción es 25% del peso propio de la muestra lo cual califica al ladrillo como Tipo I (más bajo).

Tabla 68: Absorción de ladrillos con 0% sustitución (patrón)

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M0-1	3044	3684	21.02%	3113.0	3738.6
M0-4	2909	3559	22.34%		
M0-7	3262	3903	19.65%		
M0-8	3135	3702	18.09%		
M0-9	3215	3845	19.60%		
Promedio			20.14%		

Elaboración: El autor (2023)

Se tiene de datos en la tabla N°68 que el peso seco promedio es de 3113.0 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3738.6 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 20.14%, con esto nos indica que el espécimen con 0% de sustitución clasifica según la norma E-070 como Tipo V.

Según tabla N° 69, se tiene de datos que el peso seco promedio es de 3101.0 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3732.20 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 20.37%, con esto nos indica que el espécimen con 5% de sustitución de diatomita clasifica según norma como Tipo V, y también en comparación al 0% de sustitución aumento 0.23% en cuestión a capacidad de absorción.

Tabla 69: Absorción de ladrillos con 5% sustitución (Diatomita)

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M5D-3	3066	3702	21.13%	3101.0	3732.2
M5D-6	3145	3787	20.41%		
M5D-7	3172	3767	18.76%		
M5D-9	3046	3679	20.78%		
M5D-10	3076	3726	21.13%		
Promedio			20.37%		

Elaboración: El autor (2023)

Se tiene de datos según tabla N°70 que el peso seco promedio es de 2887.2 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3516.8 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 21.87%, con esto nos indica que el espécimen con 15% de sustitución de diatomita clasifica según norma E-70 como Tipo V, y

también en comparación del 0% de sustitución aumento 1.67% su capacidad de absorción.

Tabla 70: *Absorción de ladrillos con 15% sustitución (diatomita)*

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M15D-2	2865	3489	21.78%	2887.2	3516.8
M15D-3	2963	3606	21.70%		
M15D-5	2820	3438	21.91%		
M15D-6	2890	3524	21.94%		
M15D-8	2898	3527	21.70%		
Promedio			21.81%		

Elaboración: El autor (2023)

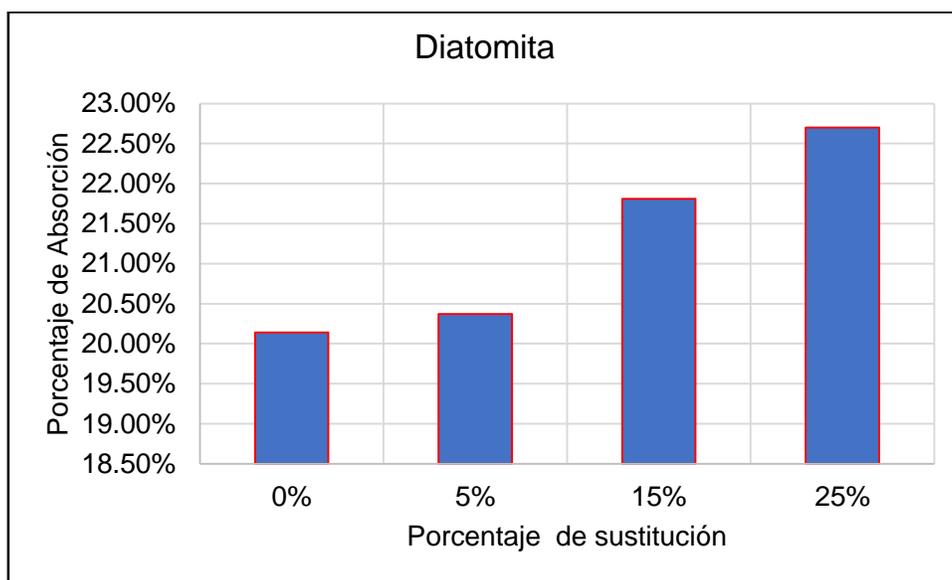
Se tiene datos en tabla N°71 que el peso seco promedio es de 2909.0 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3569.4 gr., lo cual nos indica que tiene un promedio de 22.7% de acumulación de agua, con esto nos refiere que el ladrillo con 25% de sustitución de diatomita clasifica como Tipo III, y también en comparación del 0% de sustitución aumento 2.56% su capacidad de absorción.

Tabla 71: *Absorción de ladrillos con 25% sustitución (diatomita)*

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M25D-2	2890	3548	22.77%	2909.0	3569.4
M25D-3	2913	3580	22.90%		
M25D-4	2912	3560	22.25%		
M25D-5	2912	3589	23.25%		
M25D-8	2918	3570	22.34%		
Promedio			22.70%		

Elaboración: El autor (2023)

Figura 104: Comportamiento de absorción al sustituir con diatomita.



Elaboración: El autor (2023)

Se puede observar en la figura N° 104 que, a mayor cantidad de sustitución de material de diatomita, la capacidad de absorción es mayor por ello se denota un incremento en la curva, debido a que el material según características es absorbente. Además, según datos podemos observar que el peso de la unidad artesanal baja conforme se sustituya más diatomita esto debido a que la diatomita es un material denso.

Según tabla N° 72, se tiene de datos que el peso seco promedio es de 3088.6 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3660.2 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 18.51%, con esto nos indica que el espécimen con 5% de sustitución de liparita clasifica según norma como Tipo V.

Tabla 72: Absorción de ladrillos con 5% sustitución (liparita)

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M5L-1	3100	3673	18.48%	3088.60	3660.2
M5L-3	3100	3670	18.39%		
M5L-4	3030	3594	18.61%		
M5L-9	3108	3685	18.56%		
M5L-10	3105	3679	18.49%		
Promedio			18.51%		

Elaboración: El autor (2023)

Se tiene de datos en la tabla N°73 que el peso seco promedio es de 3189.2 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3766.4 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 18.10%, con esto nos indica que el espécimen con 15% de sustitución de liparita clasifica según norma como Tipo V.

Tabla 73: *Absorción de ladrillos con 15% sustitución (liparita)*

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	SECO	SATURADO (24 hrs)			
M15L-2	3208	3787	18.05%	3189.2	3766.4
M15L-4	3261	3851	18.09%		
M15L-6	3168	3752	18.43%		
M15L-8	3184	3755	17.93%		
M15L-10	3125	3687	17.98%		
Promedio			18.10%		

Elaboración: El autor (2023)

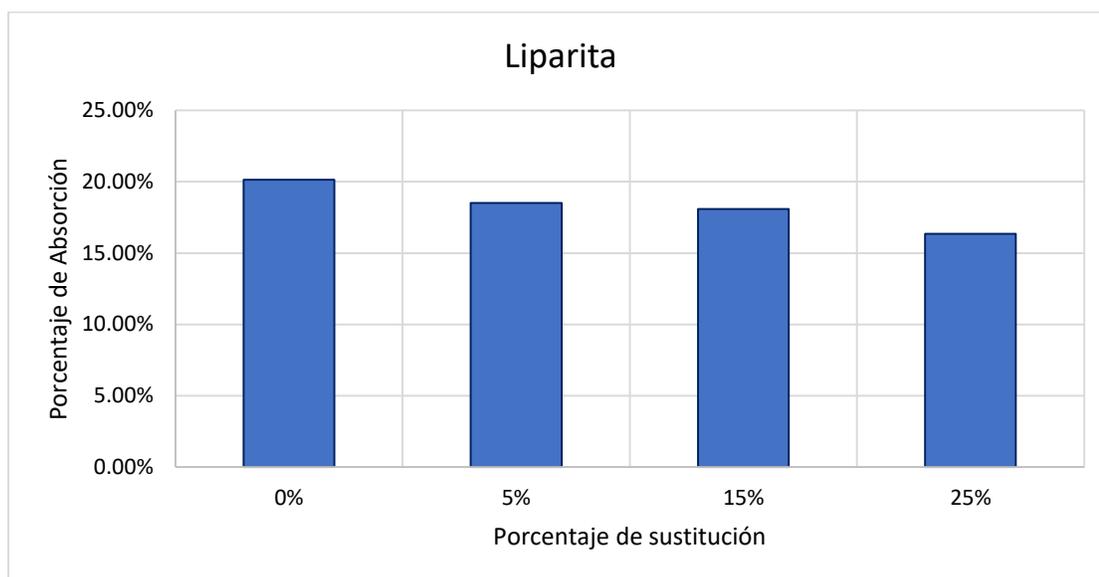
Se tiene de datos en la tabla N°74 que el peso seco promedio es de 3375.2 gr., peso promedio saturado a las 24 horas 3926.6 gr., lo cual nos indica que tiene un porcentaje de absorción promedio de 16.36%, con esto nos indica que el ladrillo con 25% de sustitución con liparita clasifica como Tipo V.

Tabla 74: *Absorción de ladrillos con 25% sustitución (liparita)*

Muestra	Peso (g)		Absorción (%)	Prom. Seco	Prom. Saturado
	Seco	Saturado (24 hrs)			
M25L-1	3346	3926	17.33%	3375.2	3926.6
M25L-3	3428	3968	15.75%		
M25L-5	3472	3978	14.57%		
M25L-7	3276	3852	17.58%		
M25L-9	3354	3909	16.55%		
Promedio			16.36%		

Elaboración: El autor (2023)

Figura 105: Comportamiento de absorción de sustitución con liparita



En la figura N°105 podemos observar el comportamiento de sustitución con respecto al material de liparita y concluimos que, a mayor cantidad de sustitución de material, la capacidad de absorción es menor por ello se denota un descenso en la curva, y también que el peso del material aumenta a mayor cantidad de sustitución.

Elaboración: El autor (2023)

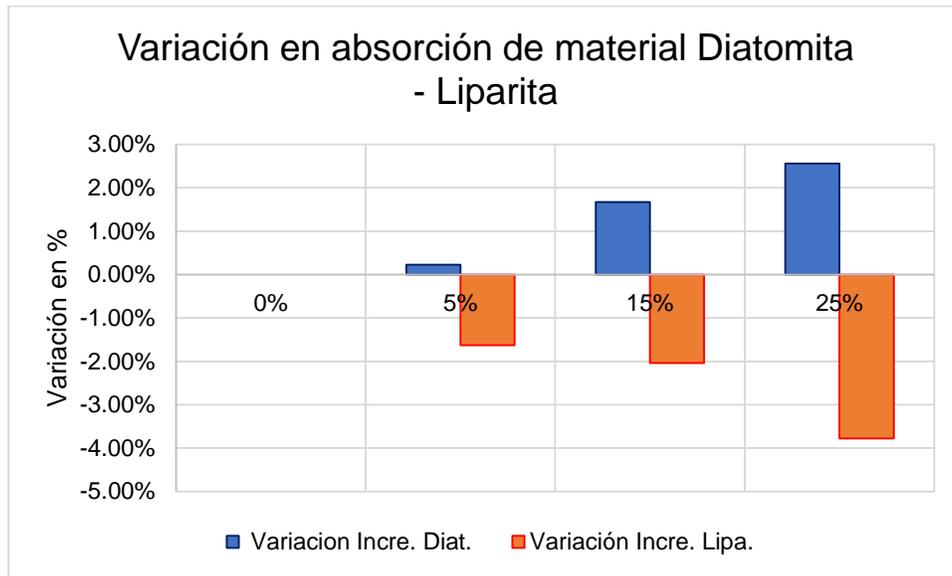
Se muestra en tabla N° 75 el incremento de la sustitución con material de diatomita y liparita al momento de sustituir en dosificaciones de 5%, 15%, 25% y podemos ver con Diatomita la unidad artesanal sufre una variación incremento de 0.23%, 1.67%, 2.56% respectivamente mientras el de liparita tiene un descenso de -1.63, -2.04%, -3.78% respectivamente esto en comparación del ladrillo patrón; este comportamiento podemos denotarlo en la figura N°106.

Tabla 75: Variación en la capacidad de absorción de los materiales

Ítem	0%	5%	15%	25%
Diatomita	20.14%	20.37%	21.81%	22.70%
Liparita	20.14%	18.51%	18.10%	16.36%
Variación Incre. Diatomita.	0.00%	0.23%	1.67%	2.56%
Variación Incre. Liparita	0.00%	-1.63%	-2.04%	-3.78%

Elaboración: El autor (2023)

Figura 106: Variación en absorción de material diatomita - liparita



Elaboración: El autor (2023)

A mayor cantidad de sustitución con respecto al material de diatomita aumenta su capacidad de absorción, a mayor cantidad de sustitución de material de liparita disminuye su capacidad de absorción.

Fuente: Elaboración propia

5.4 Resistencia a la compresión simple

La siguiente especificación se determinó con cinco especímenes artesanales según la E-070, serán por cada porcentaje usado 0%, 5%, 15%, 25% de los materiales de sustitución con diatomita y liparita

Se muestra los resultados obtenidos en la tabla N°76; del ladrillo con 0% de sustitución se obtiene un ponderado de la resistencia a la compresión simple en 51.65 Kg/cm² clasificándolo como ladrillo Tipo I, teniendo un valor mínimo de 47.64 Kg/cm² y valor máximo de 66.49 Kg/cm².

Tabla 76: *Compresión simple con 0% sustitución*

Ítem	Longitud (cm)	espesor (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Prom	Desv. Est.	f'b
M2 - 0% S	21.98	12.87	282.88	17464.0	61.74	6.05	58.61	6.96	51.65
M3 - 0% S	21.73	12.87	279.67	16148.0	57.74	5.66			
M5 - 0% S	21.90	12.75	279.23	13302.0	47.64	4.67			
M6 - 0% S	21.93	13.00	285.09	16947.0	59.44	5.83			
M10 - 0% S	21.65	13.10	283.62	18858.0	66.49	6.52			

Elaboración: El autor (2023)

En la tabla N°77 se muestra los datos obtenidos al ladrillo de 5% de sustitución con diatomita del cual se obtiene un promedio a la compresión simple de 44.98 Kg/cm² sin clasificación según E-070, teniendo una compresión baja de 44.98 Kg/cm² y un alta con 46.46 Kg/cm².

Tabla 77: *Resistencia a la compresión simple con 5% sustitución (diatomita)*

Ítem	Longitud (cm)	espesor (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Prom	Desv. Est.	f'b
M1 - 5% S	21.67	12.97	281.04	12641.00	44.98	4.41	45.68	0.70	44.98
M3 - 5% S	21.75	13.04	283.61	12842.00	45.28	4.44			
M5 - 5% S	21.75	12.91	280.66	13027.00	46.42	4.55			
M7 - 5% S	21.72	12.90	280.12	13015.00	46.46	4.56			
M8 - 5% S	21.95	12.94	283.98	12856.00	45.27	4.44			

Elaboración: El autor (2023)

En la tabla N° 77, se muestra los resultados al ladrillo con 15% de sustitución con diatomita del cual se obtiene un promedio de la resistencia a la compresión simple de 52.97 Kg/cm² clasificándolo como Tipo I, teniendo un mínimo de 53.07 Kg/cm² y valor máximo de 57.39 Kg/cm².

Tabla 78: *Resistencia a la compresión simple con 15% sustitución (diatomita)*

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Prom.	Desv. Est.	f'b
M1 - 15% S	12.83	21.61	277.15	15070.00	54.37	5.33	54.81	1.85	52.97
M4 - 15% S	13.03	21.71	282.79	15060.00	53.25	5.22			
M5 - 15% S	12.94	21.64	280.10	14865.00	53.07	5.20			
M7 - 15% S	12.88	21.71	279.67	15654.00	55.97	5.49			
M9 - 15% S	12.91	21.60	278.90	16005.00	57.39	5.63			

Elaboración: El autor (2023)

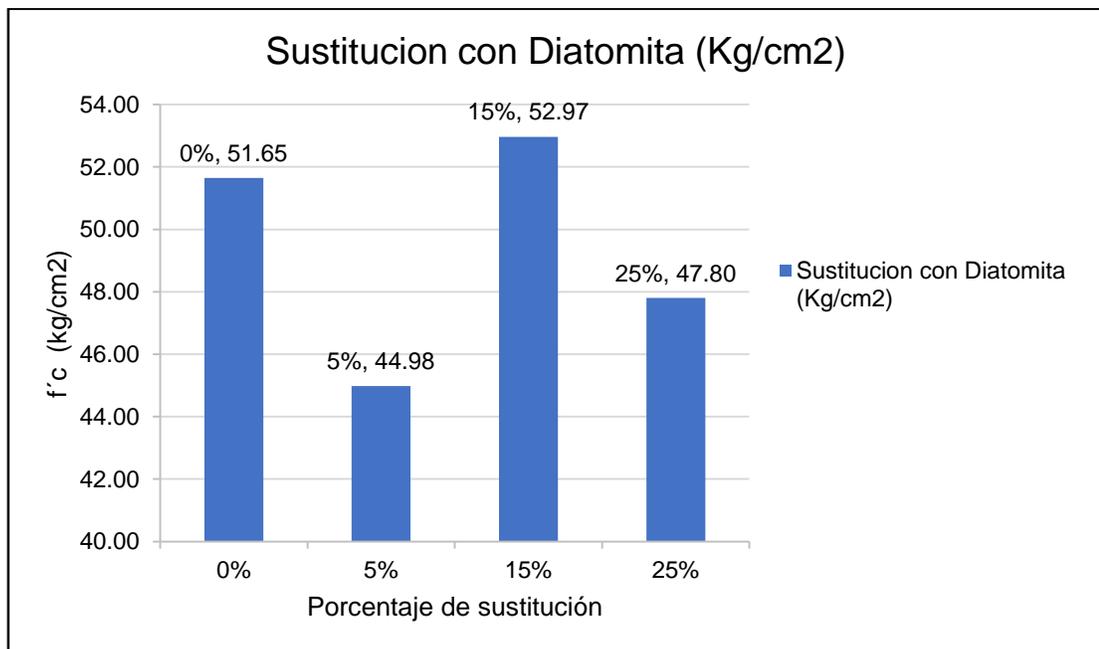
Se muestra en la tabla N°79 los datos obtenidos al ladrillo con 25% de sustitución de diatomita del cual se obtiene un promedio a la compresión simple de 47.80 Kg/cm² sin clasificación según la norma E-070, teniendo valor bajo de 43.55 Kg/cm² y valor alto de 59.62 Kg/cm².

Tabla 79: Compresión simple con 25% sustitución (diatomita)

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Prom.	Desv. Est.	f'b
M1 - 25% S	12.90	21.94	283.05	15789.00	55.78	5.47	53.85	6.05	47.80
M3 - 25% S	12.95	21.86	283.03	16875.00	59.62	5.85			
M6 - 25% S	12.91	21.78	281.25	15515.00	55.17	5.41			
M9 - 25% S	12.92	21.88	282.73	12313.00	43.55	4.27			
M10 - 25% S	12.93	21.85	282.43	15574.00	55.14	5.41			

Elaboración: El autor (2023)

Figura 107: Comportamiento de sustitución del material de diatomita



Elaboración: El autor (2023)

Se muestra en la figura N° 107 en Kg/cm² al sustituir con material de diatomita, como conclusión el porcentaje óptimo es 15% debido a que este es correcto de acuerdo a lo estipulado en la E-070, después y antes del mismo existe un déficit y no puede usarse para una edificación

Se muestra en la tabla N°80 los datos obtenidos en el ladrillo con 5% de sustitución con liparita del cual se obtiene un promedio a la compresión simple de

52.95 Kg/cm² clasificándolo como ladrillo Tipo I, teniendo un dato bajo de 56.10 Kg/cm² y valor máximo de 94.24 Kg/cm².

Tabla 80: Resistencia a la compresión simple con 5% sustitución (Liparita)

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M1 - 5% S	21.62	12.76	275.86	18251.00	66.16	6.49	68.11	15.16	52.95
M5 - 5% S	21.69	12.85	278.78	18056.00	64.77	6.35			
M6 - 5% S	21.58	12.78	275.78	25989.00	94.24	9.24			
M7 - 5% S	21.75	12.74	277.16	16432.00	59.29	5.81			
M9 - 5% S	21.80	12.86	280.35	15729.00	56.10	5.50			

Elaboración: El autor (2023)

En la tabla N° 81, se muestra los resultados al ladrillo con 15% de sustitución con Liparita del cual se obtiene un promedio de la resistencia a la compresión simple de 57.80 Kg/cm² clasificándolo como ladrillo Tipo I, teniendo un mínimo de 54.32 Kg/cm² y valor máximo de 66.75 Kg/cm².

Tabla 81: Resistencia a la compresión simple con 15% sustitución (liparita)

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M1 - 15% S	21.75	12.81	278.62	18538.00	66.54	6.52	62.93	5.13	57.80
M3 - 15% S	21.63	12.79	276.68	17897.00	64.69	6.34			
M5 - 15% S	21.63	12.87	278.33	15119.00	54.32	5.33			
M7 - 15% S	21.54	12.85	276.73	17254.00	62.35	6.11			
M8 - 15% S	21.69	12.82	278.07	18562.00	66.75	6.55			

Elaboración: El autor (2023)

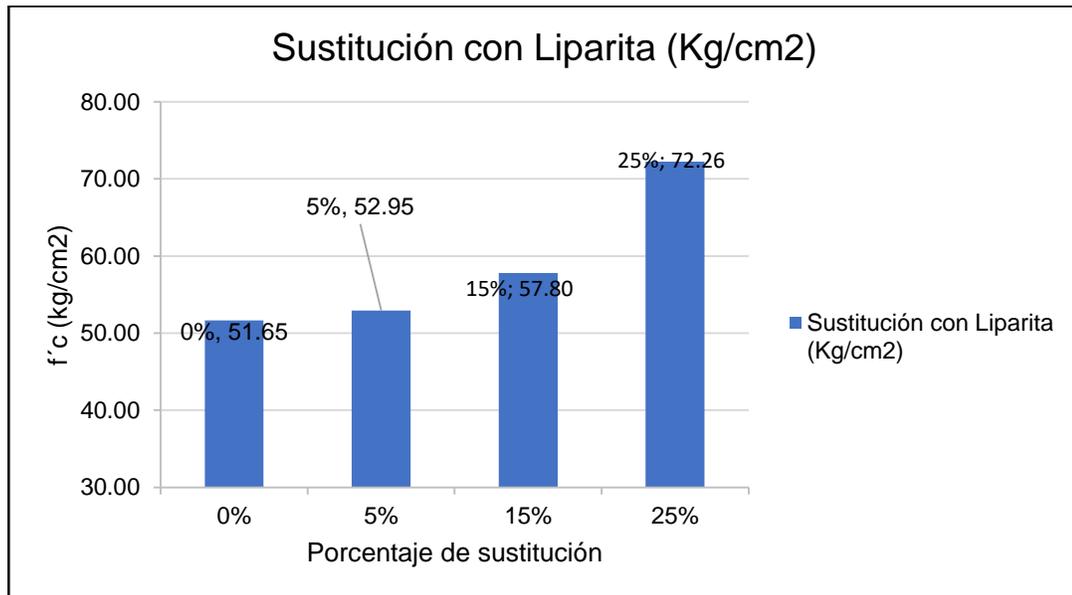
Se muestra en la tabla N° 82 los datos obtenidos al ladrillo con 25% de sustitución con liparita del cual se obtiene un promedio de la compresión simple de 72.26 Kg/cm² clasificándolo a ladrillo Tipo II, teniendo un dato bajo de 68.81 Kg/cm² y dato alto de 87.87 Kg/cm².

Tabla 82: Resistencia a la compresión simple con 25% sustitución (liparita)

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M3 - 25% S	21.90	12.88	281.98	22903.00	81.22	7.97	79.17	6.91	72.26
M4 - 25% S	21.61	12.87	278.17	24442.00	87.87	8.62			
M5 - 25% S	21.79	12.95	282.29	22673.00	80.32	7.88			
M7 - 25% S	21.69	12.99	281.75	21875.00	77.64	7.61			
M9 - 25% S	21.69	12.86	279.05	19201.00	68.81	6.75			

Elaboración: El autor (2023)

Figura 108: Comportamiento de sustitución del material de diatomita



Elaboración: El autor (2023)

La figura N° 108 se observa el comportamiento de la liparita al sustituirla por arcilla esto proporciona características de una mejor resistencia aumentando progresivamente de manera proporcional a mayor cantidad que se sustituya, tomando en cuenta que desde el 5% de sustitución cumple con lo estipulado en la norma.

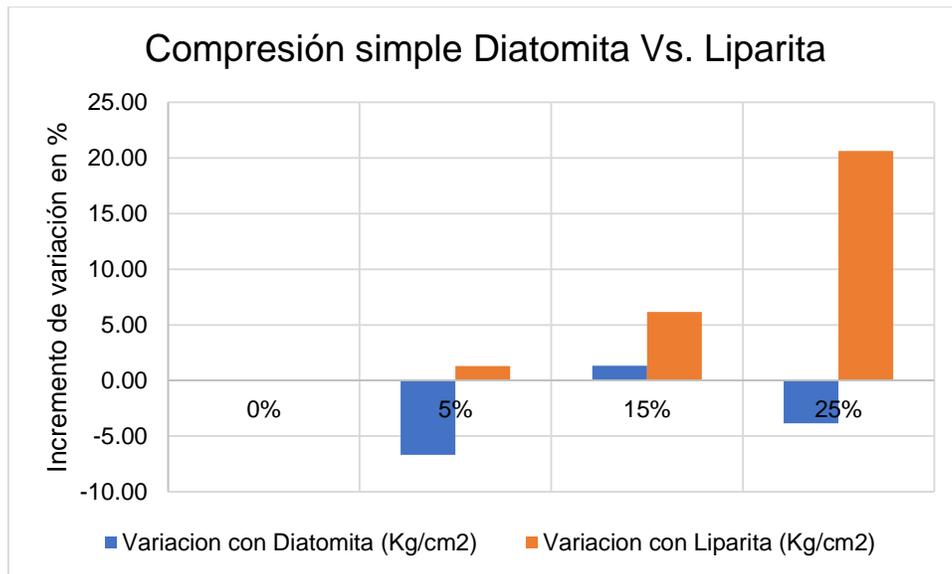
En la siguiente tabla se puede apreciar el comportamiento al adicionar los materiales; la variación ascendente y descendente que tiene en el caso de la diatomita debido a que no genera la resistencia adecuada sin embargo tiene un porcentaje óptimo donde el ladrillo se puede usar el cual es del 15% de sustitución, correspondiente a liparita el ladrillo mejora sus características desde la primera sustitución optándose para los siguientes ensayos el de 15% para ver el comportamiento tomando en cuenta la situación de ambos materiales

Tabla 83: Variación en la resistencia simple al sustituir la arcilla por diatomita y liparita

Item	0%	5%	15%	25%
Sustitución con diatomita (Kg/cm2)	51.65	44.98	52.97	47.80
Sustitución con liparita (Kg/cm2)	51.65	52.95	57.80	72.26
Variación con diatomita (Kg/cm2)	0.00	-6.67	1.31	-3.85
Variación con liparita (Kg/cm2)	0.00	1.30	6.15	20.61

Elaboración: El autor (2023)

Tabla 84: Compresión simple diatomita Vs. liparita



Elaboración: El autor (2023)

Se observa en la figura N° 84, en cuanto a la resistencia ofrecida por el ladrillo patrón en comparación a la dosificación de sustitución con los otros materiales, debido a que se quiere mejorar sus propiedades para garantizar una mejor estructura en las viviendas, se aprecia la diferencia entre ambos materiales debido a sus diferentes características mecánicas antes tratadas y se denota un mejor comportamiento con respecto a la liparita de manera creciente, la diatomita solo es aprovechable en porcentaje de 15% de sustitución.

Por tal motivo para los siguientes ensayos se toma en cuenta que se hará ensayos donde se tenga como resultados previos una aprobación por parte de la norma E-070: en este caso se toma al 15% de sustitución de diatomita y para igualar escenarios se evalúa en 15% de sustitución liparita; sin embargo, el 25% de sustitución con liparita también salió apto y más alto con respecto al anterior

porcentaje por tal motivo también se realizan ensayos con el materia para evaluar su comportamiento posterior.

5.5 Resultados a compresión axial en pila de ladrillos (f'm)

La compresión axial de pilas se tomó en consideración el porcentaje que es óptimo para ambos materiales el cual es de 15% de sustitución tanto para diatomita y liparita con el fin de ver su comportamiento al sustituir a la arcilla; esto a su vez se evaluó con respecto a la norma E-070, y se comparó con el resultado del ladrillo producido en Mollebaya que será el que tiene 0% de sustitución para ver si sus características iniciales cumplen con lo estipulado.

Se puede verificar en la tabla N°85, que la resistencia ponderada obtenida con 0% de sustitución es de 18.71 Kg/cm², tal resultado se encuentra por debajo de lo estipulado según la norma E070 quien nos pide para poder clasificar como ladrillo Tipo I mínimo 35.0 Kg/cm².

Tabla 85: Compresión axial (f'm) con 0% de sustitución

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbeltez	Factor	P	F'M Ini. (kg/cm ²)	F'm Corregido
M1 - 0%	21.88	13.20	28.00	288.82	2.12	0.75	6596.20	22.84	18.77
M2 - 0%	21.98	12.87	27.00	282.88	2.10	0.74	7049.90	24.92	20.39
M3 - 0%	21.73	12.87	27.00	279.67	2.10	0.74	6636.50	23.73	19.41
Desviación Estándar								0.82	
F'm Final corregido								18.71	

Elaboración: El autor (2023)

Se muestra en la tabla N°86 el comportamiento con respecto al porcentaje de sustitución del material de diatomita de 15%, debido a que este producto cumple con lo estipulado; el resultado es de 25.47 Kg/cm² en promedio, este es favorable en comparación al de 0% de sustitución sin embargo no cumple la norma E-070 estando debajo de lo estipulado por un ladrillo Tipo I.

Tabla 86: Compresión axial (f'm) con 15% de sustitución diatomita

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbel.	Factor	P	F'M Ini. (kg/cm ²)	F'm Corregido
M1 - 15% Diatomita	12.83	21.61	28.50	277.26	2.22	0.76	9875.00	35.62	27.10
M2 - 15% Diatomita	13.02	21.69	27.20	282.40	2.09	0.74	10150.00	35.94	26.69
M3 - 15% Diatomita	13.03	21.76	28.00	283.53	2.15	0.75	9575.00	33.77	25.36
Desviación Estándar								0.91	
F'm Final corregido								25.47	

Elaboración: El autor (2023)

Se observa en la tabla N° 87 el comportamiento con respecto al porcentaje de sustitución con material de liparita en 15%, debido a que este producto cumple con lo estipulado en la norma, se quiere comparar en una misma situación con respecto al material de diatomita; como resultado se tiene 31.52 Kg/cm² en promedio, este resultado es favorable en comparación al de 0% de sustitución sin embargo no llega a lo estipulado en la norma E-070 estando debajo de lo estipulado por un ladrillo Tipo I debido a que nos pide como mínimo 35.0 Kg/cm².

Tabla 87: Resistencia a la compresión axial (f'm) con 15% de sustitución liparita

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbel.	Factor	P	F'M Ini. (kg/cm ²)	F'm Corregido
M1 - 15% Liparita	21.75	12.81	27.50	278.62	2.15	0.75	11671.40	41.89	31.44
M2 - 15% Liparita	21.73	12.80	28.00	278.14	2.19	0.76	12517.70	45.00	34.03
M3 - 15% Liparita	21.63	12.79	27.50	276.65	2.15	0.75	12160.20	43.96	33.01
Desviación Estándar								1.31	
F'm Final corregido								31.52	

Elaboración: El autor (2023)

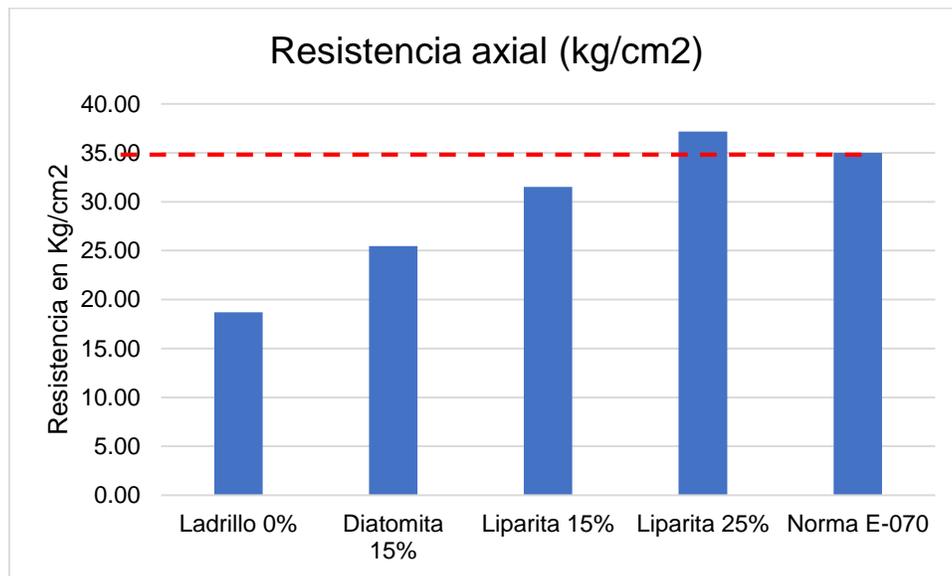
Se observa en la tabla N°88 el comportamiento con respecto al porcentaje de sustitución con material de liparita al 25%, sabiendo que previamente cumple con la compresión simple; se obtiene como resultado 37.17 Kg/cm² en promedio, este dato es muy favorable en comparación al de 0% de sustitución y cumple con lo estipulado por la E-070 clasificándolo a ladrillo Tipo I.

Tabla 88: Resistencia a la compresión axial (f'm) con 25% de sustitución liparita

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Esbel.	Factor	P	F'M Ini. (kg/cm ²)	F'm Corregido
M1 - 25% Liparita	21.87	13.10	28.30	286.50	2.16	0.73	14357.00	50.11	36.58
M2 - 25% Liparita	21.78	12.87	28.50	280.31	2.21	0.73	14788.00	52.76	38.51
M3 - 25% Liparita	21.79	12.95	28.00	282.18	2.16	0.73	13975.00	49.53	36.15
Desviación Estándar									0.99
F'm Final corregido									37.17

Elaboración: El autor (2023)

Figura 109: Variación de resistencia axial de sustitución en diatomita y liparita



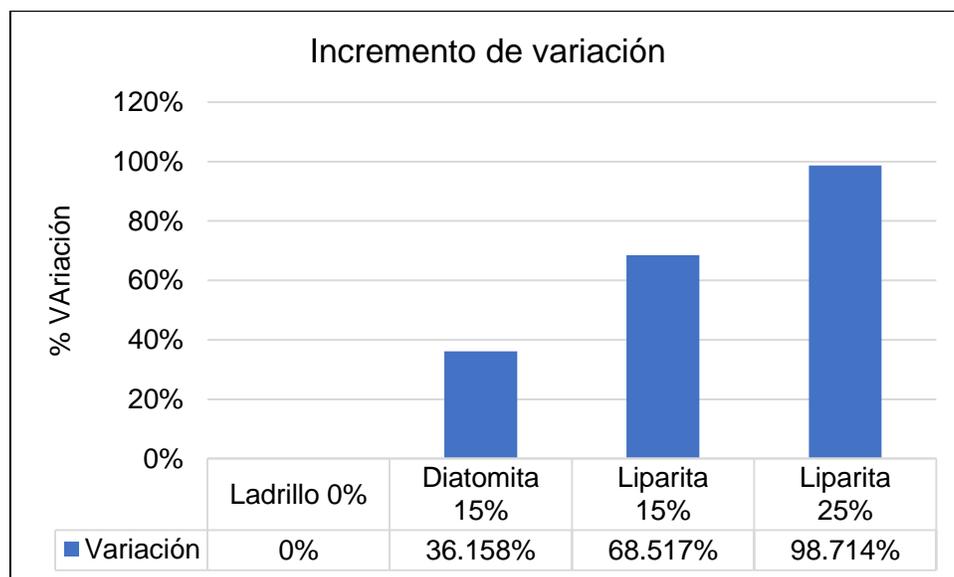
Elaboración: El autor (2023)

Se muestra en la figura N°109, que el material de diatomita es la máxima resistencia que va alcanzar debido a que los otros no cumplen con lo estipulado, el material de liparita con respecto al 15% falta poco para llegar a la resistencia propuesta por la norma E-070 y con el 25% sobrepasa lo estipulado y llega a clasificar el ladrillo Tipo I, con ello se tiene un valor aceptado y puede aplicarse en la edificación.

Además de los resultados puede inferirse que se tiene una variación a favor con respecto a los datos obtenidos con el ladrillo con 0% de sustitución, aumentando en 36.17% el 15% con diatomita, 68.52% con 15% sustitución de liparita y 98.71% con 25% de sustitución con liparita; este resultado viene siendo favorable debido a que se

quiere mejorar el producto inicial del cual se tiene deficiencias y por ende el público en general no lo adquiere por este inconveniente esta variación se observa en la figura N° 110.

Figura 110: Variación en porcentaje al ladrillo inicial



Elaboración: El autor (2023)

5.6 Resultados a la compresión diagonal (V´m)

Se observa en la tabla N°89 resultados de compresión diagonal correspondiente a 0% de sustitución el cual en promedio tiene como resultado 3.13 Kg/cm², este se encuentra por debajo de lo estipulado por la norma E-070, por tal motivo no cumple con la característica presentada.

Tabla 89: Compresión diagonal (V´m) con 0% de sustitución

Muestra	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Diagonal (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	V´M (kg/cm ²)	Promedio
M1 - 0%	61.00	59.90	92.50	13.00	1202.50	2682.57	2.79	3.13
M2 - 0%	59.90	60.00	84.00	13.10	1100.40	2672.52	3.04	
M3 - 0%	60.00	61.00	83.50	13.00	1085.50	3108.56	3.58	

Elaboración: El autor (2023)

Se muestra en la tabla N°90, la compresión diagonal correspondiente a 15% de sustitución de diatomita el cual en promedio tiene como resultado 4.19 Kg/cm², este se encuentra por debajo de lo estipulado por la norma E-070, por tal motivo no

cumple con la característica presentada, sin embargo, aumenta al resultado inicial de 0% sustitución comparado donde realizan el ladrillo artesanal.

Tabla 90: Compresión diagonal (V'm) al 15% de sustitución diatomita

Muestra	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Diagonal (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	V'M (kg/cm ²)	Promedio
M1 - 15% Diatomita	60.50	60.00	83.00	13.00	1079.00	3637.04	4.21	4.19
M2 - 15% Diatomita	60.50	60.50	84.00	13.00	1092.00	3596.85	4.12	
M3 - 15% Diatomita	61.00	61.00	83.00	13.10	1087.30	3697.32	4.25	

Elaboración: El autor (2023)

Se muestra en la tabla N°91, la compresión diagonal correspondiente a 15% de sustitución de liparita el cual en promedio tiene como resultado 5.38 Kg/cm², este se encuentra dentro de lo estipulado por el reglamento de norma E-070, por tal motivo cumple con la característica de un ladrillo Tipo I debido a que este nos pide como mínimo 5.10 Kg/cm².

Tabla 91: Compresión diagonal (V'm) con 15% de sustitución liparita

Muestra	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Diagonal (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	V'M (kg/cm ²)	Promedio
M1 - 15% Liparita	61.00	60.50	84.00	13.20	1108.80	4742.22	5.35	5.38
M2 - 15% Liparita	61.50	61.00	84.00	12.80	1075.20	4581.46	5.33	
M3 - 15% Liparita	60.00	61.00	83.50	12.90	1077.15	4712.08	5.47	

Elaboración: El autor (2023)

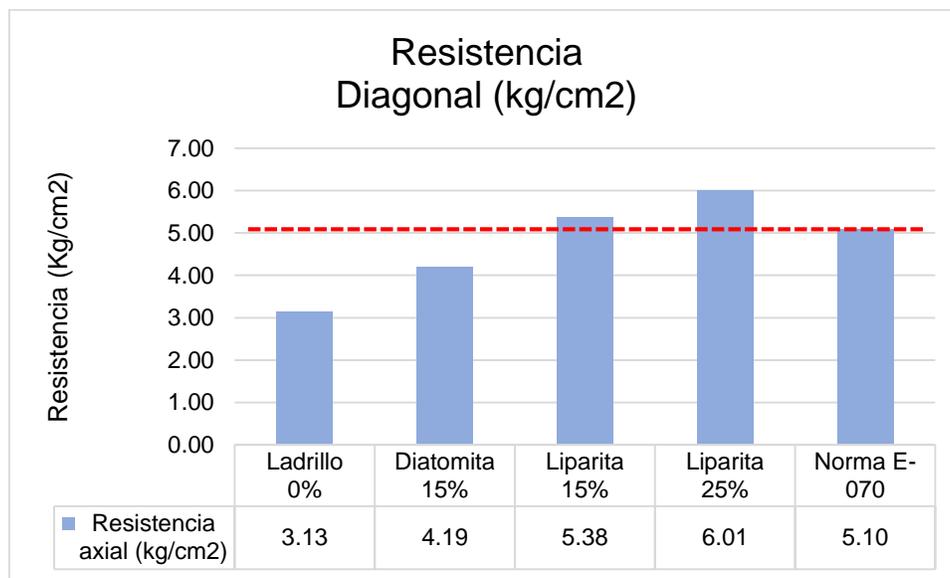
Se observa en la tabla N°92 la compresión diagonal correspondiente a 25% de sustitución de liparita el cual en promedio tiene como resultado 6.01 Kg/cm², este se encuentra dentro de lo estipulado por la norma E-070, por tal motivo está en el rango de la característica de un ladrillo Tipo II debido a que este nos pide como mínimo 5.60 Kg/cm².

Tabla 92 Compresión diagonal (V'm) con 25% de sustitución liparita

Muestra	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Diagonal (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	P (kg)	V'M (kg/cm ²)	Promedio
M3 - 25% Liparita	61.00	61.00	83.70	12.78	1069.69	5168.21	6.04	6.01
M3 - 25% Liparita	60.00	60.50	83.00	12.95	1074.85	5314.90	6.18	
M3 - 25% Liparita	60.50	60.00	83.50	13.00	1085.50	5043.63	5.81	

Elaboración: El autor (2023)

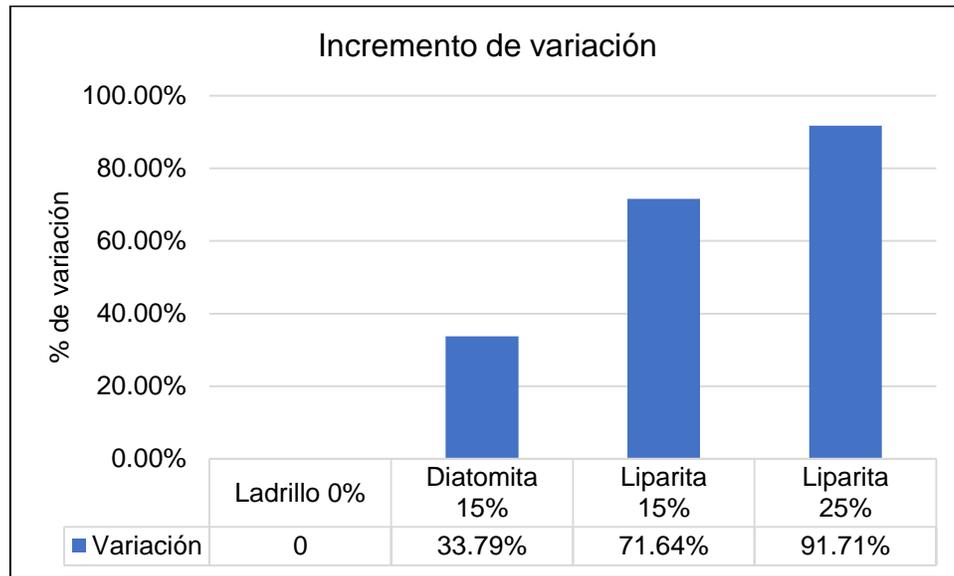
Figura 111: Variación de compresión diagonal al 15% de sustitución en diatomita y liparita



Elaboración: El autor (2023)

La figura N°110 nos demuestra que porcentajes son los óptimos y estan en el rango propuesto por la norma E-070 los cuales son el 15% de liparita y el 25% de liparita; sim embargo, correspondiente al 15% de diatomita no cumple con lo requerido pero si mejora las condiciones iniciales al compararlo con el ladrillo que tiene 0% de sustitución, con ello la propuesta de mejora por ambos materiales es correcta.

Figura 112: Incremento en porcentaje de la sustitución en compresión diagonal



Elaboración: El autor (2023)

Con respecto al ensayo de compresión diagonal se observa mejora con respecto a las características iniciales del ladrillo, aumentando en 15% de sustitución con diatomita un aumento de 33.79%, en 15% sustitución con liparita un aumento de 71.64% y en 25% sustitución con Liparita un aumento casi del doble con 91.71%; que se verifica en la figura N° 112, garantizando que al sustituir con los materiales se obtienen mejores resultados que garantizan la confianza al construir una vivienda.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis

6.1.1 Contrastación hipótesis general

La incorporación de diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong cumple los parámetros indicados según la norma E-070.

Discusión:

La sustitución de arcilla con materiales de diatomita y liparita, cumplen con lo esperado en la norma E-070; en primer lugar, con respecto a especificaciones de ladrillo clasifica como ladrillo Tipo I al sustituir por Diatomita y Tipo II al sustituir por liparita, referente a las especificaciones de muretes el material de liparita cumple con lo estipulado clasificándolo como ladrillo Tipo I, en conformidad de la norma E-070.

Tabla 93: Validación hipótesis general

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La incorporación de diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong cumple los parámetros indicados según la norma E-070.	(E-070, 2019) Ensayos de laboratorio.	Especificaciones de ladrillo: diatomita con sustitución de 15% se caracteriza como ladrillo Tipo I liparita con 5%, 15%, 25% clasifica como Tipo I, Tipo II, Tipo II. Especificación de murete: liparita con 25% clasifica como ladrillo Tipo I	La hipótesis propuesta es viable debido a que cumple con lo estipulado en la norma y mejoran las características iniciales de ladrillo fabricado in situ.

Elaboración: El autor (2023)

6.1.2 Contrastación hipótesis específica H1

La variación dimensional no excede el 8% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

Discusión:

Según los resultado obtenidos en el ensayo, la variación dimensional en la norma E-070 nos da valores que determinan la clasificación del ladrillo según el porcentaje de variación que presenta el producto final, a su vez existen normas que están dentro en concordancia con la NTP 399.613, 399.604; con estos datos se procede con la comparación de la medida de largo, ancho y alto teniendo de resultados al sustituir en 5%, 15%, 25% de diatomita y liparita clasificándolos en ladrillo Tipo V los cuales no exceden al 8% en mm de variación teniéndolos en un margen del 1 al 3%; con estos resultados se procede a validar que la hipótesis H1 planteada es válida, aparte se hará la comparación con el ladrillo patrón que tiene 0% de sustitución el cual tiene una clasificación del Tipo II esto lleva a formular otra hipótesis donde se evalúe la mano de obra de cómo se fabrica el ladrillo artesanal.

Tabla 94: *Validación hipótesis específica H1*

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La variación dimensional no excede el 8% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.	(E-070, 2019) NTP 399.613 NTP 399.604	Datos obtenidos de la medición se tiene según la clasificación de la norma: 0% - Tipo II 5% diatomita – Tipo V 15% diatomita – Tipo V 25% diatomita – Tipo V 5% liparita – Tipo V 15% liparita – Tipo V 25% liparita – Tipo V	La hipótesis planteada es válida con los materiales sustituidos.

Elaboración: El autor (2023)

6.1.3 Hipótesis específica H2

El alabeo no sobrepasa los 10mm al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

Discusión:

El alabeo con respecto a la norma E-070 nos da parámetros que determinan la clasificación del ladrillo según el porcentaje máximo de variación que presenta el producto final, a su vez existen normas técnicas peruanas las cuales son NTP 399.613, 399.604; con esta información se determina el factor cóncavo y convexo en ambas superficies del ladrillo artesanal; los porcentajes de sustitución 0%, 5%, 15%, 25% de diatomita clasifican de Tipo IV, Tipo IV, Tipo V, Tipo V respectivamente; a los ladrillos con 5%, 15%, 25% de liparita los clasifican como Tipo V, Tipo V, Tipo V respectivamente; esta clasificación oscila entre los rangos de 4 a 2 mm los mismo que al comparar con lo planteado no sobrepasan los 10 mm con ello se confirma que la hipótesis es válida.

Tabla 95: Validación hipótesis específica H2

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
El alabeo no sobrepasa los 10mm al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.	(E-070, 2019) NTP 399.613 NTP 399.604 Ensayo de laboratorio	Datos obtenidos de la medición se tiene según la clasificación de la norma: 0% - Tipo IV 5% diatomita – Tipo IV 15% diatomita – Tipo V 25% diatomita – Tipo V 5% liparita – Tipo V 15% liparita – Tipo V 25% liparita – Tipo V	La hipótesis planteada es válida con los materiales sustituidos de diatomita y liparita.

Elaboración: El autor (2023)

6.1.4 Hipótesis específica H3

La variación en la absorción no excede el 25% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

Discusión:

Los datos de la absorción están evaluados en conformidad de la norma E-070, quien da parámetros que determinan la clasificación del ladrillo según el porcentaje máximo de absorción que presenta el producto final, a su vez existe la norma técnica NTP 331.017 quien nos menciona los porcentajes a considerar para clasificar un ladrillo. De los cuales teniendo en cuenta la sustitución de 0%, 5%, 15%, 25% con el material de diatomita se tiene los siguientes resultados de clasificación Tipo V, Tipo V, Tipo V, Tipo III respectivamente con este material al aumentar material de sustitución aumenta la absorción; con respecto al sustituir liparita de 5%, 15%, 25% se tiene la clasificación como ladrillo Tipo V, Tipo V, Tipo V respectivamente; cabe resaltar con este material a mas porcentaje de sustitución tendrá menor absorción, con respecto a la hipótesis es válido debido a que no excede el 25% de absorción.

Tabla 96: *Validación hipótesis específica H3*

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La variación en la absorción no excede el 25% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.	(E-070, 2019) NTP 331.017 Pruebas de laboratorio	Datos obtenidos de la medición de pesos en la absorción y clasifican de la siguiente manera según la norma: 0% - Tipo V 5% diatomita – Tipo V 15% diatomita – Tipo V 25% diatomita –Tipo III 5% liparita – Tipo V 15% liparita – Tipo V 25% liparita – Tipo V	La hipótesis planteada es válida con los materiales sustituidos de diatomita y liparita.

Elaboración: El autor (2023)

6.1.5 Hipótesis específica H4

La resistencia a la compresión simple f'_{b} sobrepasa los 50 Mpa (kg/cm²) al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

Discusión

En los valores obtenidos con respecto a la compresión simple, la norma E-070 nos da parámetros que determinan la clasificación del ladrillo según la carga asimilada en el producto final, a su vez existe la norma técnica NTP NTP 399.613, 399.604 como resultado se tiene en los ladrillos de diatomita con porcentaje de sustitución de 0%, 5%, 15%, 25% con resultados de 51.65 Kg/cm² (Tipo I), 44.98 Kg/cm² (no clasifica), 52.97 Kg/cm²(Tipo I), 47.80 Kg/cm² (no clasifica) respectivamente; para material de liparita con sustitución de 5%, 15%, 25% se obtuvo los siguiente resultados 52.95 Kg/cm² (Tipo I), 57.80 Kg/cm² (Tipo I) y 72.26 (Kg/cm²) (Tipo II); la validación de la hipótesis es viable debido que al sustituir con materiales alternativos se llega a lo establecido de 50.0 Kg/cm².

Tabla 97: Validación hipótesis específica H4

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La resistencia a la compresión simple f'_{b} sobrepasa los 50 Mpa (kg/cm ²) al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong	(E-070, 2019) NTP 399.613 NTP 399.604 Ensayo de laboratorio	Resultados obtenidos en la compresión simple, clasifican de la siguiente manera según la norma: 0% - Tipo I 5% diatomita – No cumple 15% diatomita – Tipo I 25% diatomita – No cumple 5% liparita – Tipo I 15% liparita – Tipo I	La hipótesis planteada si es válida con los materiales sustituidos de diatomita al 15% sustitución y 5%, 15%, 25% liparita; cumple con lo estipulado en la norma.

en la ciudad de Arequipa		25% liparita – Tipo II	
-----------------------------	--	------------------------	--

Elaboración: El autor (2023)

6.1.6 Hipótesis específica H5

La resistencia a la compresión axial f_m aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

Discusión:

Tomando en cuenta la hipótesis anterior se procede a trabajar para el ensayo siguiente con el valor que cumple con lo estipulado por la norma E070, se toma en cuenta lo determinado por la norma NTP 399.605, indica los parámetros a evaluar con respecto a la resistencia axial de muretes; al sustituir en 0% tiene como resultado 18.71 Kg/cm² está por debajo de lo proporcionado en la norma, al sustituir 15% con diatomita se llega a un valor de 25.47 Kg/cm² se encuentra por debajo de la norma, al sustituir con 15% de liparita se tiene 31.52 Kg/cm², este no cumple y por último al sustituir con 25% liparita se obtiene 37.7 Kg/cm² y este resultado clasifica al ladrillo como Tipo I.

Con los resultados mostrados se determina que al adicionar los materiales de diatomita y liparita aumenta considerablemente el ladrillo artesanal con 0% de sustitución; dando como resultado al adicionar un 15% de diatomita, 15% liparita y 25% liparita un aumento de 36.16%, 68.52% y 98.71% respectivamente, con ello se da por viable la hipótesis planteada.

Tabla 98: Validación hipótesis específica H5

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La resistencia a la compresión axial $f'm$ aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa	(E-070, 2019) NTP 399.605 Pruebas de laboratorio	Datos obtenidos en la compresión axial de muretes en ladrillo comparando con la norma E-070: 0% - No cumple la norma. 15% diatomita – 25.47 Kg/cm ² – No cumple la norma, aumenta en 36.16% situación inicial. 15% liparita –31.52 Kg/cm ² - No cumple la norma – Aumenta 68.52% condición inicial 25% liparita –37.7 Kg/cm ² – Clasifica como ladrillo Tipo I – aumenta en 98.71% condición inicial.	La hipótesis planteada es válida al sustituir parcialmente la arcilla mejora en más de un 10% el ladrillo patrón realizado en Mollebaya

Elaboración: El autor (2023)

6.1.7 Hipótesis específica H6

La resistencia a la tracción diagonal $V'm$ aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.

La norma E-070 en apoyo a la norma NTP 399.621, da conocer como resultado que para clasificar al ladrillo como Tipo I debe tener como mínimo 5.1 Kg/cm², entonces al porcentaje de 0% de sustitución se tiene 3.13 Kg/cm² el cual no clasifica, con 15% de sustitución de diatomita 4.19 Kg/cm² tampoco aplica según la norma, con 15% sustitución de liparita 5.38 Kg/cm² cumple

como ladrillo Tipo I y por último con 25% liparita tiene 6.01 Kg/cm² el cual cumple como ladrillo Tipo II.

Los resultados obtenidos en base a la hipótesis planteada con respecto al ladrillo de 0% de sustitución aumenta con 15% diatomita, 15% liparita y 25% liparita en un 33.78%, 71.64% y 91.71% respectivamente, con esto la hipótesis es viable y el ladrillo puede usarse en la construcción de una vivienda.

Tabla 99: *Validación hipótesis específica H6*

Hipótesis planteada	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
La resistencia a la tracción diagonal V'm aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.	(E-070, 2019) NTP 399.621 Ensayo de laboratorio	Resultados obtenidos en la compresión diagonal en muretes de ladrillo comparando con la norma E-070: 0% - 3.13 Kg/cm ² – No cumple la norma. 15% diatomita – 4.19 Kg/cm ² – No cumple la norma – aumenta 33.78% condición inicial 15% liparita – 5.38 Kg/cm ² – Clasifica como ladrillo Tipo I – aumenta 71.64% condición inicial 25% liparita – 6.01 Kg/cm ² - Clasifica como ladrillo Tipo II – aumenta 91.71% condición inicial.	La hipótesis planteada es válida al sustituir parcialmente la arcilla mejora en más de un 10% el ladrillo patrón realizado en Mollebaya

Elaboración: El autor (2023)

6.2 Contrastación de antecedentes

6.2.1 Antecedentes internacional

6.2.1.1 Contrastación antecedente N°1

Lozada D.; Pinos A.; Santiana C.; Yuquilema, B. (2022) En el artículo de investigación titulado "*Diseño Experimental para la Optimización del Ladrillo Cerámico Prensado*", su objetivo fue evaluar las distintas materias primas usadas en la producción a través de diseños experimentales y con ello poder verificar la cantidad de dosificación óptima disponible, utilizando datos experimentales de laboratorio de esta manera concluye que la forma que más se ajusta es al modelo cuadrático y que la cantidad óptima requerida es de 5%, 10% debido a que garantiza una compresión de 6 Mpa, 4.9 Mpa con ello llega a la resistencia requerida en su investigación.

Esto indica que un porcentaje óptimo de sustitución en la investigación es 15%, lo cual en comparación al artículo científico difiere debido a los materiales que se usan en la experimentación sin embargo sirve como antecedente para optar por un rango de validación en el estudio a tomar en consideración.

Tabla 100: Contrastación con antecedente internacional N°1

Antecedente internacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Lozada D.; Pinos A.; Santiana C.; Yuquilema, B. (2022) En el artículo de investigación titulado " <i>Diseño Experimental para la Optimización del Ladrillo Cerámico Prensado</i> "	NTE INEN 293	El adicionar 5%, 10% de arcilla blanca, negra respectivamente mejora la compresión simple en ladrillos según lo estipulado en la norma	La dosificación de porcentaje a usar es variable de acuerdo al sitio, sin embargo sirve como antecedente para usar como sustitución.

Elaboración: El autor (2023)

6.2.1.2 Contrastación antecedente N°2

Zuñiga A. (2018) En su tesis doctoral denominada “*Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*”. El objetivo de la investigación es evaluar ladrillos elaborados con materias primas alternativas de tierras diatomeas y lodos procesados, usando un diseño experimental tiene como conclusión que la compresión simple sube a 21.95 Mpa/kg en una relación de 60/40 donde aumenta esa característica en un 117% y bajando su peso en un 21% clasificándolo según norma en ladrillo Macizo Tipo C.

Comparado en la investigación es correcto que el peso de la unidad artesanal desciende a mayor sustitución de material, la resistencia varía según la cantidad de material usado esto no es contrastable con la conclusión propuesta por (Zuñiga Suárez, 2018).

Tabla 101: Contrastación con antecedente internacional N°2

Antecedente nacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Zuñiga A. (2018) En su tesis doctoral denominada “ <i>Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente</i> ”.	Norma básica NBL FL-90	Mayor cantidad de sustitución de Diatomita disminuye su peso. La resistencia de ladrillo es 21.95 Mpa/kg clasificándolo según norma en ladrillo Macizo Tipo C.	El resultado con respecto a la diatomita en cuestión a peso es similar a la investigación, la resistencia varía según la cantidad de material usado.

Elaboración: El autor (2023)

6.2.2 Antecedente nacional

6.2.2.1 Contrastación antecedente N°1

Guevara D. (2022) En su tesis denominada “*Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe*”. En referencia a las conclusiones obtenidas del material de Diatomita indica en

el peso de ladrillo disminuye a razón de mayor sustitución en el producto esto es correcto al realizar los ensayos con el mismo material, en cuestión a conclusión de resistencia a pila de ladrillos y muretes están por debajo de la norma, esto se repite en la investigación por consecuencia que el material ofrece una baja resistencia, sin embargo mejoran las características iniciales del ladrillo y esa conclusión se muestra en la investigación.

Tabla 102: Contrastación con antecedente nacional N°1

Antecedente nacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Guevara D. (2022) En su tesis denominada <i>“Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe”</i>	(E-070, 2019) Ensayo de laboratorio	Mas sustitución de Diatomita baja su peso. La resistencia de ladrillo en pilas es menor al estipulado en la norma. La compresión de muretes se encuentra por debajo de lo estipulado en la norma.	Las conclusiones coinciden con lo expuesto en la investigación con respecto al material de Diatomita.

Elaboración: El autor (2023)

6.2.2.2 Contrastación antecedente N°2

Bohorquez H. (2019) En su tesis titulada " *Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de Polobaya - Arequipa Adicionando Diatomita y Liparita*", en sus conclusiones nos indica con respecto a la evaluación de ladrillo artesanal, teniendo como resultados en variación dimensional clasificándolo como Tipo II, en alabeo clasifica como Tipo IV, para la compresión simple se obtiene un resultado de 34.93 Kg/cm² esto no lo lleva a clasificar según norma; con respecto a la investigación realizada estos resultados varían y en la compresión califica como Tipo I, cabe resaltar que cada ladrillera artesanal varia su dosificación de materiales además que este resultado está sujeto a la mano de obra de cada artesano y como se realiza cada producto.

Tabla 103: Contrastación con antecedente nacional N°2

Antecedente nacional	Método aplicado	Resultados obtenidos	Observaciones
Bohorquez H. (2019) En su tesis titulada " <i>Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de Polobaya - Arequipa Adicionando Diatomita y Liparita</i> "	(E-070, 2019) Ensayo de laboratorio	Variación dimensional de ladrillo artesanal califica como Tipo II Alabeo de ladrillo artesanal califica como tipo IV Resistencia compresión simple de 34.93 Kg/cm ² no califica en la norma	Los resultados son variables a los obtenido debido a que dependen de la dosificación de material y la mano de obra

Elaboración: El autor (2023)

CONCLUSIONES

1. Se obtiene que al sustituir parcialmente la arcilla con diatomita y liparita en relación a las características del ladrillo es conforme a lo propuesto en la norma E-070, en las especificaciones de murete cumple el material sustituido por 25% de liparita según norma.
2. La variación dimensional según los datos obtenidos se tiene que al sustituir 5%, 15%, 25% tanto de diatomita como liparita llegan a un ladrillo Tipo V.
3. El alabeo obtenido en al adicionar 5%, 15% y 25% con materiales de diatomita y liparita da entre los rangos de ladrillo Tipo IV y Tipo V, lo cual indica que la realización de ladrillo fue correcta y no excede lo propuesto en la norma E-070.
4. La absorción con respecto a los ensayos se tiene que al sustituir 5%, 15% y 25% con materiales de diatomita y liparita, el comportamiento es variable respecto a cada material; en el caso de diatomita se tiene 20.37%, 21.81%, 22.70% respectivamente al sustituir mayor cantidad de material su absorción aumenta y su peso disminuye teniendo en clasificación de ladrillo Tipo V, Tipo V, Tipo III; para el caso de liparita al aumentar cantidad de material su absorción disminuye teniendo como resultados 18.51%, 18.10%, 16.36% respectivamente y su peso aumenta con ello el ladrillo clasifica a un tipo V; ambos ladrillos están en lo estipulado según la norma E-070.
5. Para el caso de la compresión simple los ladrillos sustituidos con diatomita al 5%, 15%, 25% se tiene como resultado 44.98 Kg/cm², 52.97 Kg/cm², 47.80 Kg/cm² respectivamente, dentro de ellos el porcentaje óptimo de sustitución está dada por el 15% de sustitución y esto hace clasificar al ladrillo como Tipo I y los demás porcentajes están por debajo de lo estipulado según la norma, para el material sustituido de liparita al 5%, 15%, 25% se tiene 52.95 Kg/cm², 57.80 Kg/cm², 72.26 Kg/cm² respectivamente, clasificándolo como Tipo I, Tipo I, Tipo II; con estos resultados se determina que al sustituir en porcentajes respectivos el ladrillo cumple con la norma E-070.
6. Con respecto al ensayo de compresión axial (V'm) al sustituir en 0% se tiene 18.71 Kg/cm² este se encuentra por debajo de la norma, al sustituir 15% de diatomita y liparita se obtiene 25.47 Kg/cm², 31.52 Kg/cm² respectivamente, y

con 25% de liparita se obtiene 37.17 Kg/cm² clasificando el ladrillo como Tipo I; tales resultados aumentan las consideraciones dadas del ladrillo patrón aumentando sus características iniciales en 36.16%, 68.52% y 98.71% respectivamente.

7. El ensayo de resistencia a la tracción diagonal ($V'm$), tiene como resultado al sustituir un 0% de 3.13 Kg/cm² el resultado no llega a lo estipulado de la norma E-070, al sustituir 15% de diatomita se tiene de resultado 4.19 Kg/cm² se encuentra por debajo de la norma, al sustituir 15% de liparita se tiene 5.38 Kg/cm² el cual clasifica al ladrillo como Tipo I y al sustituir 25% liparita se tiene 6.01 clasificándolo como ladrillo Tipo II, estos resultados aumentan la calidad de ladrillo patrón inicial en 33.79%, 71.64% y 91.71% respectivamente dando una mejor confiabilidad del producto.

RECOMENDACIONES

1. Examinar los moldes que se usaran para la fabricación de ladrillo, con esto nos aseguramos que las unidades posean características dimensionales similares al ladrillo ofrecido en el mercado y a la vez cumplan con los requerimientos de calidad según normativa.
2. Verificar el proceso de elaboración del ladrillo, así mismo tener superficies planas para evitar alabeo en las unidades elaboradas.
3. Realizar el correcto proceso de mezclado, de tal manera que los materiales tengan una homogenización correcta y así evitar vacíos en la unidad artesanal, a la vez tener cuidado en el momento de compactar las unidades en el molde, ya que un mal proceder conllevara características desfavorables al ladrillo.
4. Garantizar una composición homogénea en la materia prima extraída, esto quiere indicar que los materiales extraídos de la cantera tanto diatomita y liparita, deben de tener uniformidad y granulometría fina, para facilitar en su mayoría el proceso de mezclado.
5. Gestionar la seguridad y salud en el trabajo, las unidades artesanales actualmente no cumplen con ningún tipo de normativa; es así que se debe de utilizar requerimientos básicos como mascarillas, zapatos de seguridad, guantes, etc. En el manejo del material tanto para la diatomita y liparita, la no utilización de estos requerimientos conllevaría consecuencias como irritación de la piel y problemas respiratorios.
6. Aplicar un óptimo proceso de curado una vez realizado los muretes y pilas, puesto que esto nos garantizara una correcta adherencia del mortero con la unidad artesanal y de tal forma evitar el agrietamiento al momento del manejo de las unidades mencionadas.
7. Diseñar nuevas fórmulas de experimentación con nuevos porcentajes de sustitución con respecto al material de liparita ya que se observó que, a mayor sustitución de la arcilla por parte del mineral, el ladrillo mejora sus condiciones y aumenta el rango requerido según norma E-070.
8. Aplicar y añadir el proceso de calcinación de la diatomita, esto con el objetivo de obtener mejores características mecánicas de la unidad artesanal, ya que al

realizar esta investigación se trabajó con el material directo extraído de cantera y no se aplicó dicho proceso.

9. Incentivar conciencia de desarrollo sostenible con respecto a materiales que no son renovables como la arcilla, en alumnos de universidades con el fin de implementar nuevos conocimientos y métodos de preservación de los antes mencionados

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alarcón Galindo, H. (2017). *Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuesto por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepción - 2016*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Universidad Peruana de los Andes.
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/258>
- Arela Bobadilla, Ronal, Riesco Lind, Gustavo & Chávez Contreras Germán. (2021). *Una mirada a la expansión de la ciudad de Arequipa en los últimos 40 años*. [Informe del Centro Estudios en Economía y Empresa]. Universidad Católica San Pablo. <https://ucsp.edu.pe/una-mirada-a-la-expansion-de-la-ciudad-de-arequipa-en-los-ultimos-40-anos/>
- Baquero, B. A., Güiza, R. A., & García, F. M. (2019). Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 233–255.
<https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1624>
- Barranzuela, J. E. (2014). *Procesos productivos de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Universidad de Piura.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1755>
- Bermúdez Rojas, J. A., Cifuentes Baquero, M. F., & Daza Gómez, M. J. (2021). *Prototipo de ladrillo a partir de fibra vegetal de cáñamo, como una alternativa sostenible a los ladrillos de arcilla tradicional, usados en la construcción de edificios de uso residencial en la ciudad de Bogotá*. [Tesis de Grado, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca]. Repositorio Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/3620>
- Bohorquez, A., & Alejandro, H. (2019). *Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el Distrito de Polobaya - Arequipa adicionando*

diatomita y liparita [Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María].
Repositorio Universidad Católica de Santa María.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9712>

Caceres Larico, M. S., & Mamani Flores, A. G. (2021). *Propiedades físico mecánicas de ladrillos de concreto con adición de fibras de caucho reciclado*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.
<https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13062>

Calderon Vargas, D. A., Quispe Contreras, E. M., & Rebatta Huarcaya, P. M. (2017). *Activación térmica de la diatomita proveniente de Chontaca - Ayacucho para la adsorción de P13.2*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Universidad Nacional del Callao.
<http://hdl.handle.net/20.500.12952/3570>

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*. [Tesis de Grado, Universidad Central de Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20679>

Camino Olea, M.S., León Vallejo, F. J., Llorente Álvarez, A., & Olivar Parra, J. M. (2017). *Estudio de la eficacia de la aplicación de hidrofugantes para impedir la entrada de agua de lluvia en muros de ladrillo de tejar por albardillas y remates*. [Informe de la construcción]. <https://doi.org/10.3989/ic.15.066>

Caraza Salas, V. E. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería blocker II de la ladrillera Martorell en relación a la norma RNE E070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Basadre Grohmann]. Repositorio Universidad Nacional Basadre Grohmann.
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2812>

- Ccama Apaza, E. D., & Mamani Chura, W. P. (2023). *Capacidades de resistencia de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla atlas (Blocker II) sometidos a ensayo de compresión axial y diagonal, Tacna 2021*. [Tesis de Grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2864>
- Cruzado Portal, J. W. (2017). *Estudio de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo elaborado artesalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1025>
- Díaz Valdiviezo, A., & Ramírez Carrión, J. F. (2010). *Estudio geológico-económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores*. INGEMMET. Boletín, Serie B: Geología Económica, 22. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/215>
- Díaz Valdiviezo, A., Carpio Ronquillo, M., & Ramírez Carrión, J. F. (2011). *Estudio geológico económico de las rocas y minerales industriales en las regiones de Moquegua y Tacna*. INGEMMET. Boletín, Serie B: Geología Económica, 26. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/218>
- Galindo, A., & Diego, H. (2017). *Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuesto por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepción - 2016*. [Tesis de grado, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Universidad Peruana los Andes. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/258>
- González Velandia, K. D., Sánchez Bernal, R., Pita Castañeda, D. J., & Pérez Navarro, L. F. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros

verdes. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(3), 1–9.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>

Guevara Dávila, R. (2022). *Evaluación de ladrillo artesanal sustituyendo parcialmente arena por residuos de diatomita, Motupe*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio Universidad Autónoma de Chota.
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/261>

Gutierrez Calua, A. J., & Oyarce Palma, G. (2021). *Adición de residuos sólidos al ladrillo de arcilla artesanal para mejorar sus propiedades en función a la norma E-070- Cajamarca, 2019* [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Universidad Privada del Norte.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28124>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Dirección, de G. A. y R. G. (2020). *Evaluación de peligros geológicos en el distrito de Paucarpata. Región Arequipa*. [Informe técnico].
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2584>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Dirección - INGEMMET. (2010). *Memoria anual 2010*. [Informe técnico].
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/512>

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2015). Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. (NTP 331.017). Aprobado por R.D. N° 010-2015-INACAL/DN. (Perú).

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2003). Métodos de ensayo para determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (NTP 399.605). Aprobado por R.D. N° 038-2003/INDECOPI-CRT. (Perú).

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2004). Normas de muretes de albañilería (NTP 399.621). Aprobado por R.D. N° 058-2004/INDECOPI-CRT. (Perú).

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2005). Métodos de muestreo y ensayo de ladrillo de arcilla usado en albañilería (NTP 399.613). Aprobado por R.D. N° 055-2005/INDECOPI-CRT. (Perú).

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). Estimación y proyecciones de población en base al Censo 2017. <https://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/23/poblacion%202022.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (10 de julio 2022). *Población peruana alcanzó los 33 millones 396 mil personas en el año 2022*. [Comunicado de prensa]. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-115-2022-inei.pdf>

Lafuente Hernández, L. (2017). *Optimización de un proceso de digestión en muestras ambientales con horno microondas y su aplicación a la separación radioquímica del PO-210*. [Informe técnico]. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/90691/TFG-COMPLETO_15046073409089198681802577545822.pdf?sequence=2

Lescano, B., & Esther, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. [Tesis de Grado, Universidad de Piura]. Repositorio Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/1755>

Limay, E. O., & Vásquez, H. U. (2019) *Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de Ichu (Stipa Ichu)*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Universidad Privada del Norte.

<https://hdl.handle.net/11537/21089>

López Zaga, A. (2022). *Comportamiento mecánico de muros de albañilería con ladrillo macizo de mortero cemento arena modificado con cenizas de eucalipto, Huamanga, Ayacucho 2022*. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/98754>

Lozada, D., Pinos, A., Santiana, C., & Yuquilema, B. (2022). Diseño experimental para la optimización de ladrillos cerámicos prensados en seco. *Revista Ingeniería de construcción*, 37(3), 316-323. <http://dx.doi.org/10.7764/RIC.00036.21>

Mamani Ruiz, R. C. (2015). *Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de Cusco*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2918>

Martínez López, Y., García González, M., & Martínez Rodríguez, E. (2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba. *Revista Avances*, 16(2), 91-99.
<https://dialnet.unirioja.es/serlet/articulo?codigo=5350876>

Ministerio de vivienda, C. y. S. (2019). *Reglamento nacional de edificaciones - Norma E-070*. Sencico. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>

Moreno, A. X., Iles, A., & Rodríguez, J. E. (2019). Efecto de los tratamientos químicos y térmicos sobre la microestructura y composición química de la tierra diatomácea. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, 33(127), 243-252.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4086455>

- Nuñez Ruiz, K. A. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados con arcilla y concreto*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Universidad Privada del Norte.
<https://hdl.handle.net/11537/14775>
- Pajuelo Menacho, W. D. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo con sustitución del 1% con filtro de cigarrillo – Caraz*. [Tesis de grado, Universidad San Pedro]. Repositorio Universidad San Pedro.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14274>
- Patiño Ortiz, B. C. (2020). *Fábrica de ladrillos plásticos en base a residuos PET para la Universidad nacional de San Agustín de Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/11780>
- Quiroz Carranza, J. A., Cantú Gutiérrez, C., & García Martínez, R. (2021). *Entre humo y arcilla: contaminación ambiental y sobrevivencia en la producción artesanal de ladrillos*. <https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2021/12/LadrillerasLibro.pdf>
- Ramos Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>
- Rojas Poémape, N. P. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash -2017*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/12238>
- Romero Coyago, J. A., & Frías Torres, A. X. (2021). *Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del*

cantón Pastaza y su comparación con el ladrillo común. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33092>

San Bartolomé, Á. (2005). *Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería informe final (Capítulos 1 a10).* [Informe final]. SENCICO. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-catolica-del-maule/construccion/comentarios-norma-e-070-informe/40380370>

Salas, C., & Elvira, V. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería blocker II de la ladrillera Martorell en relación a la norma RNE E.070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2812>

Saldarriaga, S. (2009). *Fabricación de ladrillos aislantes y revestimientos con diatomitas de San Juan, Argentina.* [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Universidad Nacional de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/1491>

Serralde Lealba, J. R. (2019). *Elaboración de materiales de construcción con agregados reciclados y diatomita.* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Repositorio Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/231104/2655>

Vega, J. (2022). *Estudio de prefactibilidad de una planta de bloques a base de Diatomita dirigido al mercado de Lima Metropolitana.* [Tesis de grado, Universidad de Lima]. Repositorio Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/17219>

- Verdeja, L., Vásquez, E. & Barranzuela, J. (1993). Materias primas minerales no metálicas: Las andalucitas en el Perú. *Revista de minas*, 97-104. https://www.researchgate.net/publication/265259117_Materias_primas_minerales_no_metalicas_Las_diatomitas_en_el_Peru
- Viera, J. (1987). *Evaluación de la diatomita del desierto de Sechura para su uso en la fabricación de aislantes térmicos y refractarios aislantes*. [Tesis de bachiller, Universidad de Piura]. Repositorio Universidad Nacional de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/2466>
- Zapata, C. (2019). *Uso de la Diatomita en la obtención de materiales refractarios como aislantes térmicos en los procesos industriales*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Universidad Nacional de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1998/MIN-ZAP-RUI-2019.pdf?sequence=1>
- Zuñiga, Alonso. (2018). *Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*. [Tesis de Doctorado, E.T.S. Arquitectura (UPM)]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.52643>

ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de Tesis: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E070 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Elaborado por: Chuclaya Huarza, David

Problema General		Objetivo General		Hipótesis General		Variables		Indicador		Metodología	
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General		Variable Independiente		Indicador		Diseño	
¿En qué medida influye la incorporación de diatomita y liparita para sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa?	Establecer la influencia en la incorporación de diatomita y liparita para sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa	La incorporación de diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong cumple los parámetros indicados según la norma E-070.	X. Liparita y diatomita	Composición química	Propiedades físicas	Tipo de investigación: Explicativa		Nivel de Investigación Aplicada		Diseño de Investigación Diseño Experimental	
¿De qué manera puede influir la variación dimensional según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?	Determinar la variación dimensional al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.	La variación dimensional no excede los 6mm al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.	Variable Dependiente	Varación dimensional		Muestra		La población está conformada por los ladrillos elaborados en la ladrillera que se ubica en Mollebaya dentro la ciudad de Arequipa		La muestra es compuesta 777 unidades artesanales	
¿De qué manera podemos determinar el alabeo según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?	Determinar la variación del alabeo al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.	El alabeo no sobrepasa los 10mm al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.		Absorción		Instrumentos		Alabeo		La técnica utilizada es la observación y como instrumento de registro de datos, en laboratorio para determinar que cumplan las características necesarias en la elaboración de ladrillo	
¿En qué manera puede influir la absorción, según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?	Determinar la variación en la absorción al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.	La variación en la absorción no excede el 25% al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.		Resistencia a la compresión simple f'b		Procedimiento		Resistencia a la tracción diagonal V'm		Planteamiento del parámetro en la elaboración de ladrillos según la norma E-070	
¿De qué forma podemos determinar la resistencia a la compresión simple f'b según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?	Determinar la variación de la resistencia a la compresión simple f'b al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.	La resistencia a la compresión simple f'b sobrepasa los 50 Mpa (kg/cm2) al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.		Resistencia a la compresión axial f'm		Y: Especificaciones del ladrillo y murete		Resistencia a la compresión axial f'm			
¿Cómo podemos determinar la resistencia a la tracción diagonal V'm según la norma E-070 al sustituir parcialmente la arcilla por diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa?	Determinar la variación de la resistencia a la tracción diagonal V'm al incorporar diatomita y liparita al sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación del ladrillo artesanal King Kong según la norma E-070 en la ciudad de Arequipa.	La resistencia a la tracción diagonal V'm aumenta en un 10% su resistencia inicial al incorporar diatomita y liparita en la fabricación de ladrillo artesanal tipo King Kong en la ciudad de Arequipa.									



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 5D556723

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-03086

Fecha de emisión: 14/4/2023

Página 1 de 1

Señores: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
Dirección: CAYMA - AREQUIPA - AREQUIPA
Atención: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
Recepción: 11/4/2023
Realización: 11/4/2023
Observación El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*592 Método de Ensayo para Rocas Fusión alcalina (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, Mn₂O₃, Na₂O, K₂O, LOI)

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*592									
				Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	LOI	MgO	Mn ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂	
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	
MN23005600	DIATOMITA	CANTERA POCSI	Diatomita	4,89	0,03	1,97	0,6	4,27	0,25	0,03	2,64	84,96	

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 14/4/2023, 16:22:00

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 2A5257B5

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-03087

Fecha de emisión: 14/4/2023

Página 1 de 1

Señores: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
Dirección: CAYMA - AREQUIPA - AREQUIPA
Atención: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
Recepción: 11/4/2023
Realización: 11/4/2023
Observación El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

*592 Método de Ensayo para Rocas Fusión alcalina (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, Mn₂O₃, Na₂O, K₂O, LOI)

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*592								
				Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	LOI	MgO	Mn ₂ O ₃	Na ₂ O	SiO ₂
				%	%	%	%	%	%	%	%	%
MN23005602	LIPARITA	CANTERA OLIVOS	Piedra Pomez	15,78	0,58	7,12	4,05	1,62	2,68	0,13	7,2	59,7

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 14/4/2023, 16:21:53

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió



Validar el informe
vía web

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

LABORATORIOS ANALÍTICOS DEL SUR E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Parque Industrial Río Seco Mz. C Lote 1, distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 02 de marzo de 2022.

Fecha de Vencimiento: 01 de marzo de 2026.

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 065-2022-INACAL/DA

Adenda N°1 del Contrato N°: 049-2017/INACAL-DA

Registro N° : LE-050



Fecha de emisión: 18 de marzo de 2022

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados, y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas

Concreto y Asfalto

Asesoría Técnica

Supervisión de Obras Civiles

OBRA : SUSTITUCIÓN DE DIATOMITA LIPARITA EN EL LADRILLO

SOLICITA : DANIEL CHUCTAYA HUARZA

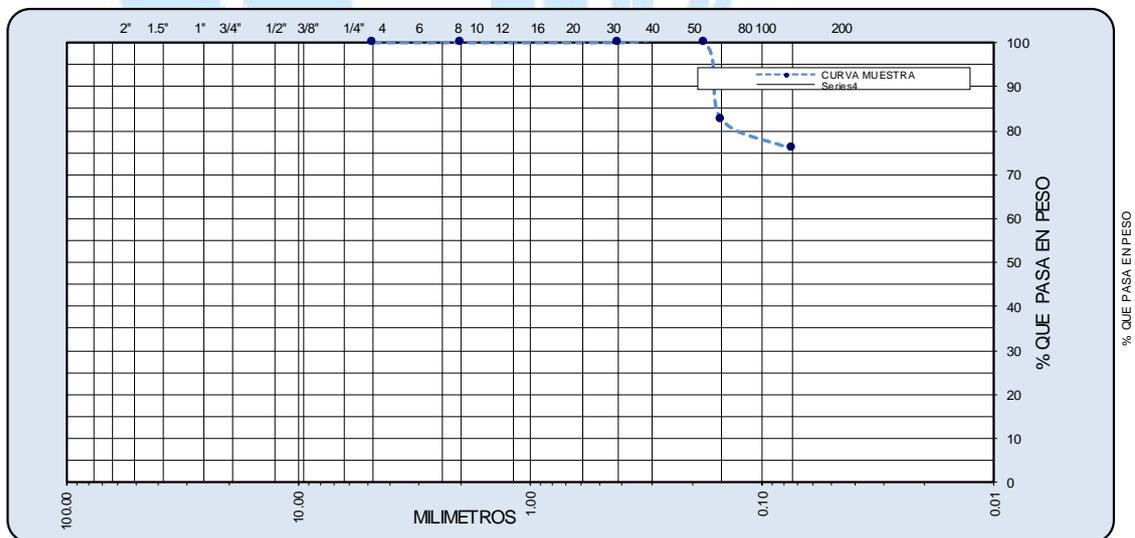
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2023

MUESTRA : M-01 DIATOMITA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. A.C.	%Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						MUESTRA : M-01
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						HUM. NATURAL : 368.56
2"	50.800						TAMAÑO MAX. : #100
1 1/2"	38.100						PESO TOTAL : 398.50 gr.
1"	25.400						MATERIAL : DIATOMITA
3/4"	19.050						LIMITE LIQUIDO : 140.8
1/2"	12.700						INDICE PLÁSTICO : 3.75
3/8"	9.525					30 - 65	CLASIFIC. SUCS : MH
1/4"	6.350						CLASI. AASHTO : A-5 (25)
# 4	4.760	0.0	0.00	0.00	100.00		GRAVA = 0.00%
# 10	2.000	0.0	0.00	0.00	100.00		FINOS = 100.00%
# 20	0.840	0.0	0.00	0.00	100.00		CU : 1.00
# 40	0.420	0.0	0.00	0.00	100.00	16 - 25	CC : 1.00
# 80	0.177	0.0	0.00	0.00	100.00		
# 100	0.149	69.3	17.39	17.39	82.61		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	26.9	6.75	24.14	75.86	20	
< # 200		302.30	75.86	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA



CONSLABERTT EIRL
Erika R. Trujillo Ticona
 Ing. Erika R. Trujillo Ticona
 C.I.P. 222310

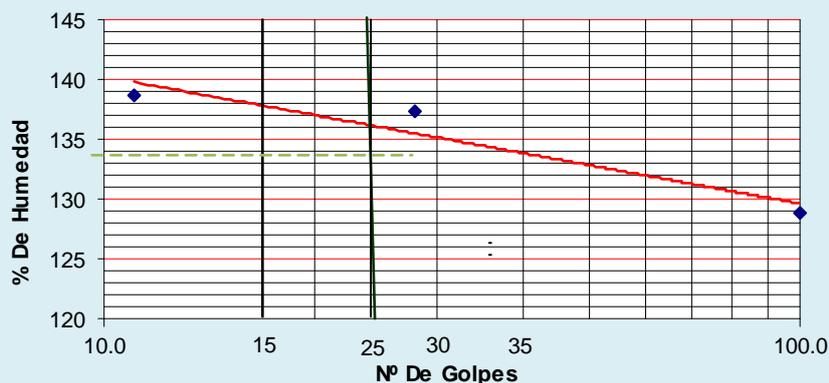




OBRA : SUSTITUCIÓN DE DIATOMITA LIPARITA EN EL LADRILLO
SOLICITA : DANIEL CHUCTAYA HUARZA
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2023
MUESTRA : M-01 DIATOMITA

ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

M-01



LIMITE LIQUIDO	125.4	139.5	157.4
N ° de Capsula	1.0	2.0	3.0
P. Tarro+S. Humedo	27.1	26.4	24.6
P. Tarro+S. Seco	22.7	22.1	21.3
Agua	4.4	4.3	3.3
Peso Tarro	19.5	19.0	18.7
Suelo Seco	3.2	3.1	2.6
% de Humedad	138.8	137.4	128.9
No. De Golpes	11.0	28.0	100.0
LIMITE PLASTICO	137.3	136.7	
No. De Tarro	4.0	5.0	
P. Tarro+S. Humedo	25.6	25.1	
P. Tarro+S. Seco	21.8	21.6	
Peso Tarro	19.1	19.0	
Agua	3.8	3.5	
Suelo Seco	2.8	2.6	
% de Humedad	137.3	136.7	
LIMITE LIQUIDO	140.8		
LIMITE PLASTICO	137.0		
INDICE PLASTICO	3.8		

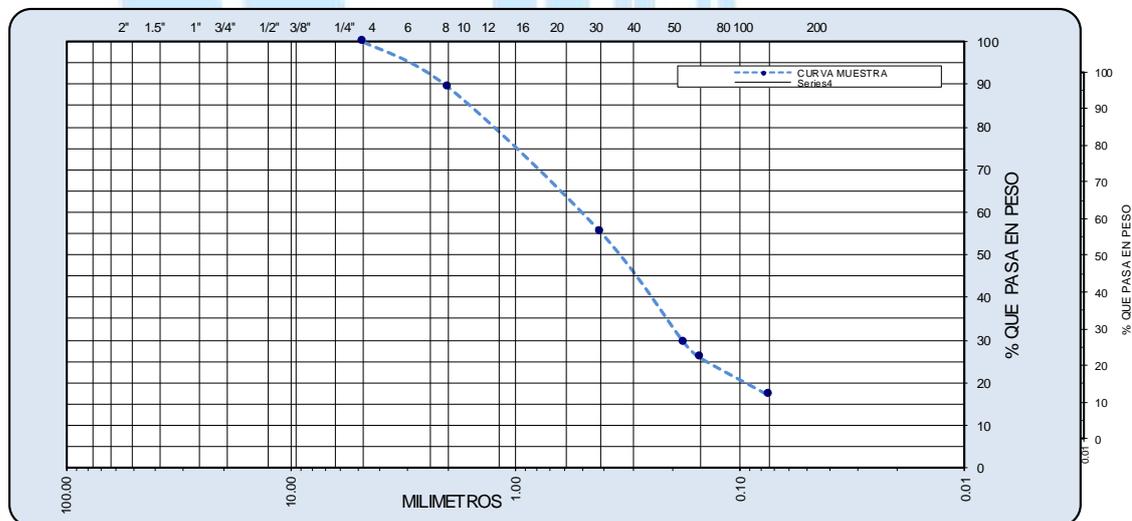


OBRA : SUSTITUCIÓN DE DIATOMITA LIPARITA EN EL LADRILLO
SOLICITA : DANIEL CHUCTAYA HUARZA
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2023
CANTERA : M-02 PIEDRA POMEZ TRATADA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						MUESTRA : M-02
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						HUM. NATURAL : 1.54
2"	50.800						TAMAÑO MAX. : # 10
1 1/2"	38.100						PESO TOTAL : 500.00 gr.
1"	25.400						MATERIAL : PIEDRA POMEZ TRATADA
3/4"	19.050						LIMITE LIQUIDO : 15.0
1/2"	12.700						INDICE PLÁSTICO : NP
3/8"	9.525					30 - 65	CLASIFIC. SUCS : SM
1/4"	6.350						CLASI. AASHTO : A-2-4 (0)
# 4	4.760	0.0	0.00	0.00	100.00		GRAVA = 0.00%
# 10	2.000	52.8	10.56	10.56	89.44		FINOS = 100.00%
# 20	0.840	82.9	16.58	27.14	72.86		CU : 5.00
# 40	0.420	86.4	17.28	44.42	55.58		CC : 0.65
# 80	0.177	130.4	26.08	70.50	29.50		
# 100	0.149	18.3	3.66	74.16	25.84		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	43.7	8.74	82.90	17.10		
< # 200		85.5	17.10	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA

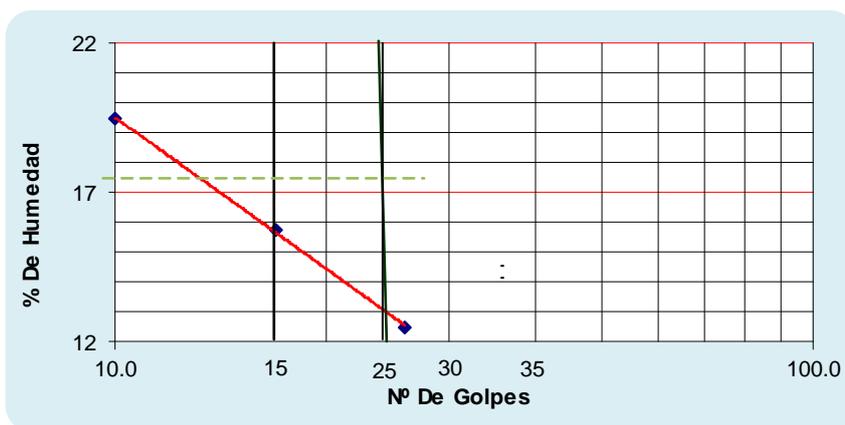




OBRA : SUSTITUCIÓN DE DIATOMITA LIPARITA EN EL LADRILLO
SOLICITA : DANIEL CHUCTAYA HUARZA
FECHA : 13 DE MAYO DEL 2023
CANTERA : M-02 PIEDRA POMEZ TRATADA

ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

M-02



LIMITE LIQUIDO	17.4	15.0	12.6
N ° de Capsula	1.0	2.0	3.0
P. Tarro+S. Humedo	41.5	40.8	38.7
P. Tarro+S. Seco	37.8	37.9	36.5
Agua	3.7	2.9	2.2
Peso Tarro	18.8	19.5	18.9
Suelo Seco	19.0	18.4	17.6
% de Humedad	19.5	15.8	12.5
No. De Golpes	10.0	17.0	26.0
LIMITE PLASTICO	17.2	13.7	
No. De Tarro			
P. Tarro+S. Humedo			
P. Tarro+S. Seco			
Peso Tarro		NP	
Agua			
Suelo Seco			
% de Humedad			
LIMITE LIQUIDO	15.0		
LIMITE PLASTICO	NP		
INDICE PLASTICO	NP		

METODO DE ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERIA

NTP 339.613:2015. METODO DE ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERIA

F. Emisión: 31 de Mayo de 2023
Página: 1 de 1

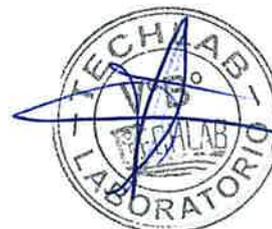
SOLICITANTE: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
DIRECCIÓN: -
PROYECTO: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E070 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
UBICACIÓN: -
RECEPCIONADO: miércoles, 24 de Mayo de 2023
ANALIZADO: lunes, 29 de Mayo de 2023

RESULTADOS DE ENSAYO VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS DE ARCILLA

Elemento: Ladrillos
Procedencia: Ladrillo artesanal con 0% de sustitución
N° Muestras: 10
Código: L-01, L-02, L-03, L-04, L-05, L-06, L-07, L-08, L-09, L-10
Dimensión de diseño Largo (cm): 22
Dimensión de diseño Ancho (cm): 13
Dimensión de diseño Alto (cm): 8

Código de muestra	LARGO			ANCHO			ALTO		
	Largo (cm)	Variación (cm)	Variación %	Ancho (cm)	Variación (cm)	Variación %	Alto (cm)	Variación (cm)	Variación %
L-01	21.88	0.13	0.57	13.20	-0.20	-1.54	7.72	0.28	3.53
L-02	21.98	0.02	0.11	12.87	0.13	1.00	7.68	0.32	4.06
L-03	21.73	0.27	1.25	12.87	0.13	1.00	7.24	0.76	9.53
L-04	21.91	0.09	0.40	12.72	0.28	2.15	7.55	0.45	5.63
L-05	21.90	0.10	0.45	12.75	0.25	1.92	7.57	0.43	5.38
L-06	21.93	0.07	0.34	13.00	0.00	0.00	7.66	0.34	4.22
L-07	22.03	-0.02	-0.11	13.35	-0.35	-2.69	7.51	0.49	6.13
L-08	21.56	0.44	1.99	12.72	0.28	2.15	7.43	0.57	7.09
L-09	21.98	0.02	0.11	13.15	-0.15	-1.15	7.78	0.22	2.75
L-10	21.65	0.35	1.59	13.10	-0.10	-0.77	7.58	0.42	5.28
VARIACION %			0.67			0.21			5.36

Observaciones: Muestra depositada e identificada por el cliente en el Laboratorio TechLab Norma E0.70*



Rogger Angel Tejada Gutierrez
Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de TechLab, cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento

METODO DE ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERIA

NTP 339.613:2015. METODO DE ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERIA

F. Emisión: 1 de Junio de 2023
1 de 1

SOLICITANTE: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA
DIRECCIÓN: -
PROYECTO: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E070 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
UBICACIÓN: -
RECEPCIONADO: miércoles, 24 de Mayo de 2023
ANALIZADO: lunes, 29 de Mayo de 2023

RESULTADOS DE ENSAYO ALABEO
DE LADRILLOS DE ARCILLA

Elemento: Ladrillos
Procedencia: Ladrillo artesanal con 0% de sustitución
Nº Muestras: 10
Código: L-01, L-02, L-03, L-04, L-05, L-06, L-07, L-08, L-09, L-10

Código de Testigo	Cara Superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
L-01	2.73	0.00	0.00	1.0
L-02	1.50	0.00	4.50	0.0
L-03	0.00	1.50	1.50	0.0
L-04	2.75	0.00	3.50	0.0
L-05	3.50	0.00	3.50	0.0
L-06	2.00	0.00	2.00	0.0
L-07	2.25	0.00	2.00	0.0
L-08	0.00	1.50	2.50	0.0
L-09	3.00	0.00	0.00	1.5
L-10	3.00	0.00	0.00	3.5
Promedio	2.07	0.30	1.95	0.60

CONCAVO	2.01
CONVEXO	0.45
ALABEO	1.23



Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834

Observaciones: Muestra depositada e identificada por el cliente en el Laboratorio TechLab

METODO DE ENSAYO DE DETERMINACION DE ABSORCION

NTP 399.604 y 399.613, Unidades de Albañilería

F. Emisión:

31 de Mayo de 2023

Página:

1 de 1

SOLICITANTE: DAVID DANIEL CHUCTAYA HUARZA**DIRECCIÓN:** -**PROYECTO:** INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E070 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA**UBICACIÓN:** -**RECEPCIONAD** miércoles, 24 de Mayo de 2023**ANALIZADO:** lunes, 29 de Mayo de 2023**RESULTADOS DE ENSAYO DE DETERMINACION DE ABSORCION**

Elemento: Ladrillos
Procedencia Ladrillo artesanal con 0% de sustitución
N° Muestras 5
Código: L-01, L-04, L-07, L-08, L-09
Dimensiones de diseño: 22 cm x 13 cm x 8 cm

Especimen	Peso seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)
L-01	3044	3684	21.02
L-04	2909	3559	22.34
L-07	3262	3903	19.65
L-08	3135	3702	18.09
L-09	3215	3845	19.60

ABSORCION PROMEDIO (%)

20.14

Observaciones:

Muestra depositada e identificada por el cliente en el Laboratorio TechLab


Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834

PANEL FOTOGRÁFICO: VARIACION DIMENSIONAL



Fotografía 1, Variación dimensional



Fotografía 2, Variación dimensional



Fotografía 3, Variación dimensional




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834



Fotografía 4, Variación dimensional



Fotografía 5, Variación dimensional



Fotografía 6, Variación dimensional




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834

PANEL FOTOGRÁFICO: ALABEO



Fotografía 7, Alabeo



Fotografía 8, Alabeo

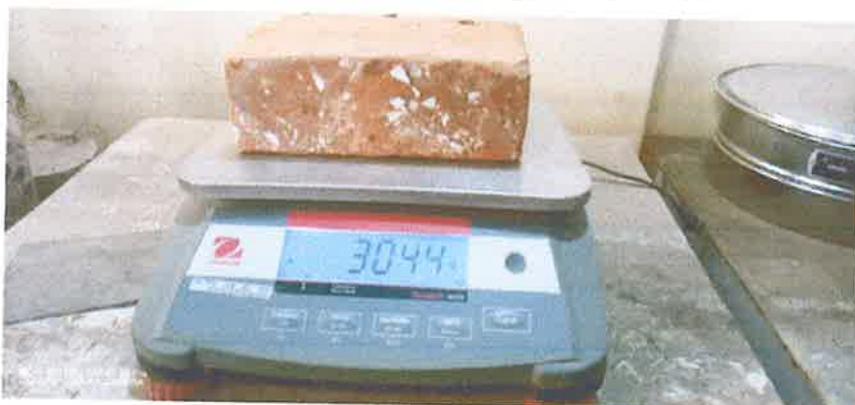


Fotografía 9, Alabeo




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834

PANEL FOTOGRÁFICO: ABSORCIÓN



Fotografía 10, Peso seco



Fotografía 11, Peso seco



Fotografía 12, Peso seco




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834



Fotografía 13, Peso seco



Fotografía 14, Peso seco



Fotografía 15, Saturación de las muestras




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834



Fotografía 16, Peso saturado



Fotografía 17, Peso saturado



Fotografía 18, Peso saturado




Rogger Angel Tejada Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP: 64834



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 2044/4543/9 FAX 053-46125/ CEL 953692383 tpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO	TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070
SOLICITANTE	DAVID CHUCTAYA HUARZA
UBICACIÓN	AREQUIPA
FECHA	JUNIO 2023
MUESTRA	LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 5% de sustitución Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	218.7	218.7	215.4	219.1	216.9	216.8	215.1	220.5	217.6	219.7
L2 (mm)	217.3	219.7	216.3	220.2	216.7	216.9	217.3	219.1	218.0	216.7
L3 (mm)	216.3	217.4	220.1	219.6	218.4	218.7	217.6	218.8	220.6	220.2
L4 (mm)	214.6	217.5	218.1	217.5	217.9	219.5	218.8	219.8	220.6	220.2
Promedio	216.7	218.3	217.5	219.1	217.5	217.9	217.2	219.5	219.2	219.2
								promedio		218.2

Variación dimensional con 5% de sustitución Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	130.3	128.2	129.4	128.6	129.8	130.3	130.8	129.1	129.3	130.0
A2 (mm)	130.1	128.1	130.0	129.2	128.2	128.9	128.4	128.8	130.8	129.2
A3 (mm)	128.7	130.0	131.0	130.2	129.0	128.8	127.6	129.3	129.9	130.0
A4 (mm)	129.7	129.6	131.2	129.8	129.3	128.1	129.1	130.3	129.7	130.5
Promedio	129.7	129.0	130.4	129.5	129.1	129.0	129.0	129.4	129.9	130.0
								promedio		129.5

Variación dimensiona con 5% de sustitución Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	78.4	77.3	77.8	77.2	77.9	80.3	76.6	78.0	75.6	76.6
H2 (mm)	82.5	77.9	73.9	77.3	76.3	80.5	77.1	78.5	75.5	75.1
H3 (mm)	82.3	77.7	80.9	78.0	77.8	78.9	79.4	77.1	79.6	80.4
H4 (mm)	80.3	77.6	79.1	78.8	78.6	80.8	78.8	75.3	77.9	78.3
Promedio	80.9	77.6	77.9	77.8	77.6	80.1	78.0	77.2	77.1	77.6
								promedio		78.2

	DIM PROM. Mm	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	218.2	220.0	0.82%
ANCHO	129.5	130.0	0.40%
ALTURA	78.2	80.0	2.26%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com

REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506

AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDAR TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO
SOLICITANTE
UBICACIÓN
FECHA
MUESTRA

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA
DAVID CHUCTAYA HUARZA
AREQUIPA
JUNIO 2023
LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 15% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	216.3	217.4	217.4	216.6	218.3	217.4	215.9	218.4	217.0	215.0
L2 (mm)	216.5	217.4	217.5	215.1	217.2	217.0	217.5	217.4	216.4	214.7
L3 (mm)	216.3	216.4	218.6	218.2	216.0	218.4	218.1	219.7	216.1	215.8
L4 (mm)	215.3	216.6	216.9	218.6	214.1	218.0	216.9	220.2	215.1	218.5
Promedio	216.1	216.9	217.6	217.1	216.4	217.7	217.1	218.9	216.1	216.0
								promedio		217.0

Variación dimensional con 15% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	128.5	129.9	129.6	130.9	130.0	128.5	130.4	129.0	129.8	129.5
A2 (mm)	128.8	128.9	131.1	130.3	128.3	127.4	128.3	129.1	128.6	127.0
A3 (mm)	127.6	130.9	129.1	130.3	129.8	130.0	128.0	130.1	128.5	129.5
A4 (mm)	128.2	131.1	131.5	129.6	129.7	130.0	128.6	129.3	129.5	131.0
Promedio	128.3	130.2	130.3	130.3	129.4	129.0	128.8	129.4	129.1	129.2
								promedio		129.4

Variación dimensional con 15% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	76.0	78.1	77.7	78.6	79.8	76.8	77.7	76.0	76.9	77.5
H2 (mm)	76.2	78.6	78.6	78.9	79.5	77.5	79.5	75.7	75.6	77.2
H3 (mm)	76.6	77.5	80.0	76.2	75.6	75.0	77.1	79.9	82.4	76.2
H4 (mm)	78.2	77.9	81.3	78.1	75.6	74.8	77.8	78.4	81.1	77.3
Promedio	76.8	78.0	79.4	78.0	77.6	76.0	78.0	77.5	79.0	77.1
								promedio		77.7

	DIM PROM. Mm	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	217.0	220.0	1.36%
ANCHO	129.4	130.0	0.47%
ALTURA	77.7	80.0	2.83%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COM PRESION IN SITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COM PRESION DE PROBETAS
COM PRESION DIAGONAL EN MURETE AL
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO	TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070
SOLICITANTE	DAVID CHUCTAYA HUARZA
UBICACIÓN	AREQUIPA
FECHA	JUNIO 2023
MUESTRA	LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 25% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	217.7	216.9	217.7	216.0	218.7	217.7	219.2	217.3	217.9	217.5
L2 (mm)	220.3	216.2	218.7	216.7	219.5	218.5	219.1	217.9	218.4	218.9
L3 (mm)	220.2	218.6	219.1	219.3	219.7	218.5	218.0	217.1	220.7	219.1
L4 (mm)	219.5	218.0	218.9	218.1	219.5	216.4	219.5	217.4	218.3	218.3
Promedio	219.4	217.4	218.6	217.5	219.4	217.8	219.0	217.4	218.8	218.5
								promedio		218.4

Variación dimensional con 25% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	128.3	130.0	129.1	129.2	128.6	129.1	128.7	128.6	128.2	129.8
A2 (mm)	129.4	128.6	130.7	129.0	129.5	128.4	130.1	128.9	128.7	128.8
A3 (mm)	129.1	130.7	127.8	129.4	130.3	129.2	128.9	129.3	129.9	129.2
A4 (mm)	129.1	129.4	130.3	127.5	131.1	129.9	127.8	128.6	130.0	129.3
Promedio	129.0	129.7	129.5	128.8	129.9	129.1	128.9	128.8	129.2	129.3
								promedio		129.2

Variación dimensional con 0% de sustitución 25% de sustitución de Diatomita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	78.5	76.5	75.5	77.7	79.6	77.1	78.0	80.3	79.0	78.1
H2 (mm)	78.4	76.0	79.0	78.1	78.2	77.4	79.8	77.4	79.6	79.2
H3 (mm)	77.4	79.0	78.0	78.7	79.5	78.7	81.6	75.1	77.7	77.9
H4 (mm)	76.0	77.6	79.8	76.9	79.9	78.3	78.5	82.8	76.3	77.6
Promedio	77.6	77.3	78.1	77.8	79.3	77.9	79.5	78.9	78.1	78.2
								promedio		78.3

	DIM PROM.	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	218.4	220.0	0.74%
ANCHO	129.2	130.0	0.60%
ALTURA	78.3	80.0	2.18%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953892383 fpaucart@gmail.com
 REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
 AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COM PRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COM PRESION DE PROBETAS
COM PRESION DIAGONAL EN LLURETE AL
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAM ANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO	TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070
SOLICITANTE	DAVID CHUCTAYA HUARZA
UBICACIÓN	AREQUIPA
FECHA	JUNIO 2023
MUESTRA	LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 5% de sustitución Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	217.3	217.8	218.2	216.0	216.3	215.8	217.8	216.9	217.2	217.2
L2 (mm)	216.2	217.2	217.6	215.3	216.4	216.1	217.7	217.1	218.1	217.3
L3 (mm)	216.2	217.2	217.6	216.4	217.6	215.3	217.5	216.4	218.8	217.7
L4 (mm)	215.2	218.0	216.7	214.3	217.2	215.7	216.9	216.0	217.9	217.4
Promedio	216.2	217.6	217.5	215.5	216.9	215.8	217.5	216.6	218.0	217.4
								promedio		216.9

Variación dimensional con 5% de sustitución Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	127.3	127.5	127.3	127.8	128.4	128.6	126.8	127.0	128.1	126.9
A2 (mm)	128.5	127.3	127.7	127.8	128.3	127.4	126.8	127.5	128.4	127.1
A3 (mm)	127.2	128.7	127.1	128.9	128.7	127.5	128.7	128.5	129.1	127.9
A4 (mm)	127.3	127.8	128.0	127.0	128.7	127.7	127.5	128.7	128.8	127.6
Promedio	127.6	127.8	127.5	127.9	128.5	127.8	127.4	127.9	128.6	130.0
								promedio		128.1

Variación dimensional con 5% de sustitución Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	76.6	77.5	80.0	78.5	79.7	79.0	80.1	79.2	76.9	76.9
H2 (mm)	79.6	76.9	78.4	76.5	78.9	78.6	78.5	78.8	75.8	75.3
H3 (mm)	74.4	77.6	77.0	76.6	79.7	78.4	78.4	80.0	77.1	79.4
H4 (mm)	76.8	77.3	78.4	77.9	79.8	77.4	78.4	78.2	79.9	82.4
Promedio	76.9	77.3	78.4	77.4	79.5	78.3	78.8	79.0	77.4	78.5
								promedio		78.2

	DIM PROM.	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	216.9	220.0	1.41%
ANCHO	128.1	130.0	1.45%
ALTURA	78.2	80.0	2.29%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

 Federico Pascual Paucar Tito
 ING CIVIL Reg: CIP 34219



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUJ 2044 / 4543 / 9 FAX 053-461257 CEL 953892383 fpaucart@gmail.com
 REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
 AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COM PRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COM PRESION DE PROBETAS
COM PRESION DIAGONAL EN MURETE AL
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAM ANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO	TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070
SOLICITANTE	DAVID CHUCTAYA HUARZA
UBICACIÓN	AREQUIPA
FECHA	JUNIO 2023
MUESTRA	LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 15% de sustitución de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	216.4	217.5	216.0	216.9	216.3	216.9	216.8	216.3	215.2	216.6
L2 (mm)	218.1	216.6	215.6	215.8	216.4	215.6	214.8	216.2	216.6	216.3
L3 (mm)	217.8	217.3	217.1	217.0	216.8	214.7	215.8	217.8	217.5	216.8
L4 (mm)	217.8	217.8	216.6	217.3	215.6	215.6	214.3	217.1	215.8	216.4
Promedio	217.5	217.3	216.3	216.8	216.3	215.7	215.4	216.9	216.3	216.5
								promedio		216.5

Variación dimensional con 15% de sustitución de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	128.4	128.4	128.6	127.6	128.4	128.6	129.3	128.7	129.3	128.7
A2 (mm)	127.9	127.5	128.2	127.0	128.1	128.7	127.9	128.6	128.0	128.3
A3 (mm)	128.2	127.9	127.1	127.0	129.0	129.0	127.6	128.1	128.1	128.0
A4 (mm)	127.8	128.1	127.7	128.7	129.2	128.6	129.1	127.5	128.8	128.7
Promedio	128.1	128.0	127.9	127.6	128.7	128.7	128.5	128.2	128.6	128.4
								promedio		128.3

Variación dimensional con 15% de sustitución de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	79.3	76.9	79.2	81.7	80.0	79.8	79.9	79.7	79.9	80.6
H2 (mm)	79.9	78.9	77.8	80.5	77.1	77.5	80.2	81.1	78.5	78.5
H3 (mm)	77.4	77.2	78.8	77.6	77.2	79.5	76.6	77.6	76.5	76.8
H4 (mm)	76.9	78.7	77.2	78.7	78.0	80.4	77.7	77.1	76.7	76.2
Promedio	78.4	77.9	78.2	79.6	78.1	79.3	78.6	78.9	77.9	78.0
								promedio		78.5

	DIM PROM.	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	216.5	220.0	1.59%
ANCHO	128.3	130.0	1.33%
ALTURA	78.5	80.0	1.89%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

 Federico Pascual Paucar Tito
 ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 2044/4543/9 FAX 053-461257 CEL 953892383 fpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COM PRESION INST/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COM PRESION DE PROBETAS
COM PRESION DIAGONAL EN MURETE AL
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAM ANTINA

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

SOLICITANTE

DAVID CHUCTAYA HUARZA

UBICACIÓN

AREQUIPA

FECHA

JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

Variación dimensional con 25% de sustitución de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
L1 (mm)	218.1	217.0	218.2	215.4	216.9	220.0	216.9	218.5	216.7	217.4
L2 (mm)	217.0	216.4	218.5	215.6	218.5	218.5	216.1	218.6	216.7	216.4
L3 (mm)	218.3	218.9	220.5	216.7	219.1	221.6	217.9	219.6	216.7	218.5
L4 (mm)	217.8	216.6	218.9	216.7	217.3	221.4	216.5	217.6	217.6	218.0
Promedio	217.8	217.2	219.0	216.1	217.9	220.3	216.9	218.6	216.9	217.6
								promedio		217.8

Variación dimensional con 25% de sustitución de sustitucion de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
A1 (mm)	130.1	131.6	128.4	127.8	129.5	130.5	131.1	130.5	128.2	129.3
A2 (mm)	130.4	130.3	129.1	128.5	130.4	129.5	130.4	128.9	129.1	129.1
A3 (mm)	130.4	130.3	129.1	128.5	129.4	129.5	130.5	131.7	128.7	130.4
A4 (mm)	130.5	128.6	128.5	130.1	129.0	127.8	127.7	131.1	128.5	129.8
Promedio	130.3	130.2	128.8	128.7	129.5	129.3	129.9	130.5	128.6	129.6
								promedio		129.6

Variación dimensiona con 0% de sustitución 25% de sustitución de Liparita										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
H1 (mm)	80.5	75.6	77.3	81.8	82.9	79.7	77.6	80.4	80.3	81.1
H2 (mm)	78.8	77.1	79.0	77.1	82.1	81.9	76.7	79.2	79.7	79.4
H3 (mm)	77.4	81.2	83.2	80.2	77.4	80.0	82.1	78.2	80.0	76.6
H4 (mm)	77.7	82.9	82.6	82.2	79.8	79.2	80.8	77.4	80.2	77.3
Promedio	78.6	79.2	80.5	80.3	80.6	80.2	79.3	78.8	80.1	78.6
								promedio		79.6

	DIM PROM.	DIM. NOMINAL	VARIACION (%)
LARGO	217.8	220.0	0.99%
ANCHO	129.6	130.0	0.34%
ALTURA	79.6	80.0	0.49%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR 0-2906
AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDAR TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE ALABEO- NORMA NTP 399.613 y 399.604

PROYECTO

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

SOLICITANTE

DAVID CHUCTAYA HUARZA

UBICACIÓN

AREQUIPA

FECHA

JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

ALABEO DE LADRILLOS CON 5% DE SUSTITUCIÓN DIATOMITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	0.90	0.85	2.35	2.00	2.85	2.90	1.25	1.65	3.18	2.25
Sup. Convexa (mm)	0.00	0.00	2.55	0.00	0.85	0.89	0.80	0.60	0.25	1.38

ALABEO DE LADRILLOS CON 15% DE SUSTITUCIÓN DIATOMITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	1.60	0.60	0.50	0.95	2.20	0.65	1.10	1.15	1.40	2.00
Sup. Convexa (mm)	0.45	0.45	1.67	2.65	0.75	1.35	0.70	0.50	0.45	0.60

ALABEO DE LADRILLOS CON 25% DE SUSTITUCIÓN DIATOMITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	1.15	0.80	2.10	1.65	1.55	2.10	1.00	3.15	1.25	1.30
Sup. Convexa (mm)	0.25	0.75	0.90	0.00	1.43	1.00	1.50	1.50	1.40	0.55

ALABEO DE LADRILLOS CON 5% DE SUSTITUCIÓN LIPARITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	0.88	1.35	1.15	1.23	1.68	1.20	1.50	1.88	1.90	2.00
Sup. Convexa (mm)	2.18	0.65	0.40	0.00	1.25	0.40	0.85	0.20	0.73	0.40

ALABEO DE LADRILLOS CON 15% DE SUSTITUCIÓN LIPARITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	0.70	1.05	1.15	1.00	1.00	1.25	1.50	0.90	1.45	1.05
Sup. Convexa (mm)	0.50	0.40	0.00	0.45	0.60	0.65	0.30	0.20	0.90	0.65

ALABEO DE LADRILLOS CON 25% DE SUSTITUCIÓN LIPARITA										
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Sup. Concava (mm)	0.20	0.45	0.40	0.75	2.85	0.95	2.75	1.40	2.40	1.75
Sup. Convexa (mm)	0.35	0.20	0.30	0.15	1.40	0.00	0.80	0.85	0.25	0.45

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
AV INDUSTRIAL /14 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDAR TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE ABSORCIÓN- NORMA NTP 399.613 y 399.604

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN LA

PROYECTO

FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

SOLICITANTE

DAVID CHUCTAYA HUARZA

UBICACIÓN

AREQUIPA

FECHA

JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

ABSORCION DE LADRILLOS CON 5% SUSTITUCIÓN-DIATOMITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M3	3066	3702	20.74%
M6	3145	3787	20.41%
M7	3172	3767	18.76%
M9	3046	3679	20.78%
M10	3076	3726	21.13%
PROMEDIO			20.37%

ABSORCION DE LADRILLOS CON 5% SUSTITUCIÓN-LIPARITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M1	3100	3673	18.48%
M3	3100	3670	18.39%
M4	3030	3594	18.61%
M9	3108	3685	18.56%
M10	3105	3679	18.49%
PROMEDIO			18.51%

ABSORCION DE LADRILLOS CON 15% SUSTITUCIÓN-DIATOMITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M2	2865	3489	21.78%
M3	2963	3606	21.70%
M5	2820	3438	21.91%
M6	2890	3524	21.94%
M8	2898	3527	21.70%
PROMEDIO			21.81%

ABSORCION DE LADRILLOS CON 15% SUSTITUCIÓN-LIPARITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M2	3208	3787	18.05%
M4	3261	3851	18.09%
M6	3168	3752	18.43%
M8	3184	3755	17.93%
M10	3125	3687	17.98%
PROMEDIO			18.10%

ABSORCION DE LADRILLOS CON 25% SUSTITUCIÓN-DIATOMITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M2	2890	3548	22.77%
M3	2913	3580	22.90%
M4	2912	3560	22.25%
M5	2912	3589	23.25%
M8	2918	3570	22.34%
PROMEDIO			22.70%

ABSORCION DE LADRILLOS CON 25% SUSTITUCIÓN-LIPARITA

MUESTRA	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO (24 hrs)	
M1	3346	3926	17.33%
M3	3428	3968	15.75%
M5	3472	3978	14.57%
M7	3276	3852	17.58%
M9	3354	3909	16.55%

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com

REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506

AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDAR TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITUPLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE- NORMA NTP 399.613 y 399.604

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN

PROYECTO

LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

SOLICITANTE

DAVID CHUCTAYA HUARZA

UBICACIÓN

AREQUIPA

FECHA

JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 0% SUSTITUCIÓN

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f _b
M2 - 0% S	21.98	12.87	282.88	17464.00	61.74	6.05	58.61	6.96	51.65
M3 - 0% S	21.73	12.87	279.67	16148.00	57.74	5.66			
M5 - 0% S	21.90	12.75	279.23	13302.00	47.64	4.67			
M6 - 0% S	21.93	13.00	285.09	16947.00	59.44	5.83			
M10 - 0% S	21.65	13.10	283.62	18858.00	66.49	6.52			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 5% SUSTITUCIÓN DIATOMITA

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f _b
M1 - 5% S	21.67	12.97	281.04	12641.00	44.98	4.41	45.68	0.70	44.98
M3 - 5% S	21.75	13.04	283.61	12842.00	45.28	4.44			
M5 - 5% S	21.75	12.91	280.66	13027.00	46.42	4.55			
M7 - 5% S	21.72	12.90	280.12	13015.00	46.46	4.56			
M8 - 5% S	21.95	12.94	283.98	12856.00	45.27	4.44			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 15% SUSTITUCIÓN DIATOMITA

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f _b
M1 - 15% S	21.61	12.83	277.15	15070.00	54.37	5.33	54.81	1.85	52.97
M4 - 15% S	21.71	13.03	282.79	15060.00	53.25	5.22			
M5 - 15% S	21.64	12.94	280.10	14865.00	53.07	5.20			
M7 - 15% S	21.71	12.88	279.67	15654.00	55.97	5.49			
M9 - 15% S	21.60	12.91	278.90	16005.00	57.39	5.63			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 25% SUSTITUCIÓN DIATOMITA

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f _b
M1 - 25% S	21.94	12.90	283.05	15789.00	55.78	5.47	53.85	6.05	47.80
M3 - 25% S	21.86	12.95	283.03	16875.00	59.62	5.85			
M6 - 25% S	21.78	12.91	281.25	15515.00	55.17	5.41			
M9 - 25% S	21.88	12.92	282.73	12313.00	43.55	4.27			
M10 - 25%	21.85	12.93	282.43	15574.00	55.14	5.41			

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 34210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com

REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506

AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDAR TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSITUPLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIOEN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.
DYNAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE- NORMA NTP 399.613 y 399.604

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA ARCILLA EN

PROYECTO

LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

SOLICITANTE

DAVID CHUCTAYA HUARZA

UBICACIÓN

AREQUIPA

FECHA

JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 5% SUSTITUCIÓN LIPARITA									
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M1 - 5% S	21.62	12.76	275.86	18251.00	66.16	6.49	68.11	15.16	52.95
M5 - 5% S	21.69	12.85	278.78	18056.00	64.77	6.35			
M6 - 5% S	21.58	12.78	275.78	25989.00	94.24	9.24			
M7 - 5% S	21.75	12.74	277.16	16432.00	59.29	5.81			
M9 - 5% S	21.80	12.86	280.35	15729.00	56.10	5.50			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 15% SUSTITUCIÓN LIPARITA									
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M1 - 15% S	21.75	12.81	278.62	18538.00	66.54	6.52	62.93	5.13	57.80
M3 - 15% S	21.63	12.79	276.68	17897.00	64.69	6.34			
M5 - 15% S	21.63	12.87	278.33	15119.00	54.32	5.33			
M7 - 15% S	21.54	12.85	276.73	17254.00	62.35	6.11			
M8 - 15% S	21.69	12.82	278.07	18562.00	66.75	6.55			

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 25% SUSTITUCIÓN LIPARITA									
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	Pu (Kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (Mpa)	Promedio	Desv. Est.	f'b
M3 - 25% S	21.90	12.88	281.98	22903.00	81.22	7.97	79.17	6.91	72.26
M4 - 25% S	21.61	12.87	278.17	24442.00	87.87	8.62			
M5 - 25% S	21.79	12.95	282.29	22673.00	80.32	7.88			
M7 - 25% S	21.69	12.99	281.75	21875.00	77.64	7.61			
M9 - 25% S	21.69	12.86	279.05	19201.00	68.81	6.75			

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR EIRL

RUC 20447454379 FAX 055-461257 CEL 953692383 fpaucar1@gmail.com
 REGISTRO DE CONSULTOR C-2806
 AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSTITUPLACA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALS
DINAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAJO EN ROCAS
ENSAJO EN PILOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAJO DE RESISTENCIA DIAGONAL EN MURETES- NORMA NTP 399.621

PROYECTO

TESIS: INCORPORACIÓN DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA

SOLICITANTE

ARCILLA EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

UBICACIÓN

DAVID CHUCTAYA HUARZA

FECHA

AREQUIPA

MUESTRA

JUNIO 2023

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

MUESTRA	LADO 1 (cm)	LADO 2 (cm)	DIAGONAL (cm)	ESPESOR (cm)	ÁREA (cm ²)	P (kg)	V/M (kg/cm ²)	PROMEDIO
M1 - 0%	61.00	59.90	92.50	13.00	1202.50	2682.57	2.79	
M2 - 0%	59.90	60.00	84.00	13.10	1100.40	2672.52	3.04	3.13
M3 - 0%	60.00	61.00	83.50	13.00	1085.50	3108.56	3.58	
M1 - 15% Liparita	61.00	60.50	84.00	13.20	1108.80	4742.22	5.35	
M2 - 15% Liparita	61.50	61.00	84.00	12.80	1075.20	4581.46	5.33	5.38
M3 - 15% Liparita	60.00	61.00	83.50	12.90	1077.15	4712.08	5.47	
M3 - 25% Liparita	61.00	61.00	83.70	12.78	1069.69	5168.21	6.04	
M3 - 25% Liparita	60.00	60.50	83.00	12.95	1074.85	5314.90	6.18	6.01
M3 - 25% Liparita	60.50	60.00	83.50	13.00	1085.50	5043.63	5.81	
M1 - 15% Diatomita	60.50	60.00	83.00	13.00	1079.00	3637.04	4.21	
M2 - 15% Diatomita	60.50	60.50	84.00	13.00	1092.00	3596.85	4.12	4.19
M3 - 15% Diatomita	61.00	61.00	83.00	13.10	1087.30	3697.32	4.25	

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 FEDERICO PAUCAR EIRL

Federico Paucar Tito
 ING CIVIL Reg. CP 34210



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR EIRL

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com
 REGISTRO DE CONSULTOR C-2506
 AV INDUSTRIAL 114 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION SPT
COMPRESION INSTANTANEA DE CARGA
CBR EN LABORATORIO EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB
DYNAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN FOCOS
ENSAYO EN FILOS
PERFORACION DAMANTEA

ENSAYO DE RESISTENCIA AXIAL EN PILAS DE LADRILLOS-NORMA NTP 399.605

PROYECTO

TESIS: INCORPORACION DE DIATOMITA Y LIPARITA PARA SUSTITUIR PARCIALMENTE LA

SOLICITANTE

ARCILLA EN LA FABRICACION DE LADRILLO ARTESANAL TIPO KING KONG DE ACUERDO A LA NORMA E-070

UBICACION

DAVID CHUCTAYA HUARZA

FECHA

AREQUIPA JUNIO 2023

MUESTRA

LADRILLO ARTESANAL KING KONG DIATOMITA Y LIPARITA

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	AREA (cm ²)	ESBELTEZ	FACTOR	P	F' M INI (kg/cm ²)	FM CORRE	DESV	F' M FINAL
M1 - 0%	21.88	13.20	28.00	288.82	2.12	0.75	6596.20	22.84	18.77	0.816	18.71
M2 - 0%	21.98	12.87	27.00	282.88	2.10	0.74	7049.90	24.92	20.39		
M3 - 0%	21.73	12.87	27.00	279.67	2.10	0.74	6636.50	23.73	19.41		
M1 - 15% Liparita	21.75	12.81	27.50	278.62	2.15	0.75	11671.40	41.89	31.44	1.307	31.52
M2 - 15% Liparita	21.73	12.80	28.00	278.14	2.19	0.76	12517.70	45.00	34.03		
M3 - 15% Liparita	21.63	12.79	27.50	276.65	2.15	0.75	12160.20	43.96	33.01		
M1 - 25% Liparita	21.87	13.10	28.30	286.50	2.16	0.76	14357.00	50.11	38.13	0.993	37.17
M2 - 25% Liparita	21.78	12.87	28.50	280.31	2.21	0.74	14788.00	52.76	39.17		
M3 - 25% Liparita	21.79	12.95	28.00	282.18	2.16	0.75	13975.00	49.53	37.19		
M1 - 15% Diatomita	21.61	12.83	28.50	277.26	2.22	0.76	9875.00	35.62	27.10	0.913	25.47
M2 - 15% Diatomita	21.69	13.02	27.20	282.40	2.09	0.74	10150.00	35.94	26.69		
M3 - 15% Diatomita	21.76	13.03	28.00	283.53	2.15	0.75	9575.00	33.77	25.36		

LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNICO
 FEDERICO PAUCAR EIRL

Federico Paucar Piro
 ING CIVIL Reg. CP 84210