

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA

LADRILLO-MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERÍA

EN EL DISTRITO DE POLOBAYA - AREQUIPA

ADICIONANDO DIATOMITA Y LIPARITA

Tesis presentada por el Bachiller:

Bohorquez Aliaga, Hugo Alejandro

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Febres Rosado, Olger Javier

Arequipa – Perú

2019

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

MEDICIÓN DE LA ADHERENCIA LADILLO-MORTERO
EN MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE
POLOBATA-AREQUIPA ADICIONALES BIADHITA Y LIPREITA

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

HUGO ALEJANDRO BARRERA ALIAGA

Nuestro DICTAMEN es:

ACORDADO

OBSERVACIONES:

Arequipa, 26 de NOVIEMBRE del 2019

[Signature] C.O. 1938
[Signature] C.O. 2778
[Signature] C.O. 2766

DEDICATORIA

*+ En memoria de Segundo Félix y Víctor Hugo Villafuerte Pacheco
por su amor y confianza plena en mí*



AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida y a la Santísima Virgen María, por ser mi madre y estar presente todos los días de mi vida

A mis padres Ivar Bohorquez Duran e Iris Aliaga Villafuerte por su gran amor, dedicación, consejos y apoyo incondicional

A mi tía Dorita por sus palabras y motivaciones

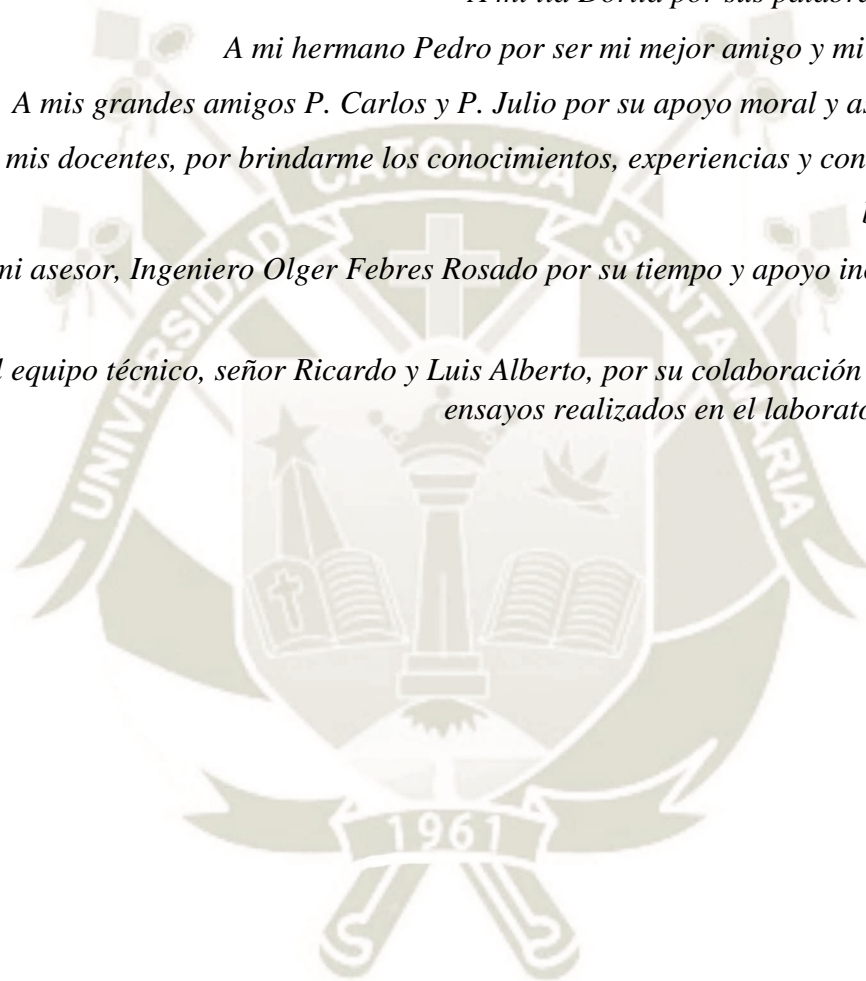
A mi hermano Pedro por ser mi mejor amigo y mi ejemplo a seguir

A mis grandes amigos P. Carlos y P. Julio por su apoyo moral y asesoría espiritual

A mis docentes, por brindarme los conocimientos, experiencias y consejos para ser un buen profesional.

A mi asesor, Ingeniero Olger Febres Rosado por su tiempo y apoyo incondicional en la presente tesis.

Al equipo técnico, señor Ricardo y Luis Alberto, por su colaboración y consejos en los ensayos realizados en el laboratorio de la UCSM.



RESUMEN

La Diatomita y Liparita son minerales no-metálicos con gran abundancia en la provincia de Arequipa el primero con mayor presencia en el distrito de Polobaya, por lo que la presente investigación busco darle un uso adicionándolo al mortero para así mejorar su adherencia con las unidades de albañilería usadas por lo que se realizó ensayos al mortero adicionándole Diatomita (al 5%,10% y 15%) y la combinación de Diatomita con Liparita (al 5%,10% y 15%), elaborándose pilas (3 pilas considerando cada uno de los porcentajes) y adicionalmente se elaboraron muretes (en su totalidad fueron 12) para obtener la resistencia característica a corte puro haciendo de unidades mecanizadas (El Diamante) y artesanales (Mollebaya). Se utilizó como patrón de comparación la elaboración tradicional de mortero sin adición mineral ni cal, además. Los casos utilizados fueron:

- Caso A (Patrón): Ladrillos asentados con mortero en proporción 1:4 (cemento-arena)
- Caso B: Similar al caso A pero se incorporó Diatomita (al 5%,10% y 15%) reduciendo en el porcentaje indicado la cantidad de cemento a usar.
- Caso C: Similar al caso B, pero se incorporó Diatomita y Liparita (al 5%,10% y 15%).

Además, se sometieron las unidades artesanales y mecanizadas a ensayos de compresión, variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, densidad y eflorescencia; obteniendo como resultado que las unidades artesanales comercializadas son de muy baja calidad mientras que las mecanizadas se consideran unidades aceptables. En cuanto a la albañilería los mejores resultados obtenidos fueron adicionando Diatomita (10%) y Diatomita con Liparita (10%), considerando el aumento en la resistencia a compresión diagonal y la reducción en los costos, se concluye que para asentar ladrillos mecanizados la mejor técnica a usar es la incorporación de Diatomita y Liparita (10%) mientras que para asentar unidades artesanales mejor técnica a usar es la incorporación de Diatomita (10%).

Palabras Clave: *Mortero, Diatomita, Liparita*

ABSTRACT

Diatomite and Liparite are non-metallic minerals with great abundance in the province of Arequipa, the first with the greatest presence in the district of Polobaya, so the present research sought to give it a use by adding it to the mortar to improve its adhesion with the units of masonry used for which mortar tests were performed by adding Diatomite (5%, 10% and 15%) and the combination of Diatomite with Liparite (5%, 10% and 15%), making batteries (3 batteries considering each of the percentages) and additionally walls were made (in total there were 12) to obtain the characteristic resistance to pure cutting by making mechanized (El Diamante) and artisanal (Mollebaya) units. Traditional mortar processing without mineral addition or lime was also used as a comparison standard. The cases used were:

- Case A (Pattern): Bricks seated with mortar in proportion 1: 4 (sand-cement)
- Case B: Similar to case A but Diatomite (5%, 10% and 15%) was incorporated, reducing the amount of cement to be used by the indicated percentage.
- Case C: Similar to case B, but Diatomite and Liparite (5%, 10% and 15%) were incorporated.

In addition, the artisanal and mechanized units were subjected to compression, dimensional variability, warping, suction, absorption, density and efflorescence tests; obtaining as a result that commercialized artisan units are of very low quality while mechanized units are considered acceptable units. As for the masonry, the best results obtained were adding Diatomite (10%) and Diatomite with Liparite (10%), considering the increase in resistance to diagonal compression and the reduction in costs, it is concluded that to settle mechanized bricks the best The technique to be used is the incorporation of Diatomite and Liparite (10%), while to establish artisanal units the best technique to use is the incorporation of Diatomite (10%).

Keywords: *Mortar, Diatomite, Liparite*

INTRODUCCIÓN

Los muros de albañilería confinada son los elementos resistentes de utilización más difundida en las construcciones de mediana altura y los que han sido bastante estudiados en años recientes en el Perú, tanto analítica como experimentalmente con mayor profundidad y detalle. Son utilizados en edificaciones como elementos resistentes a cargas de gravedad y cargas laterales provenientes de sismos o vientos proveyendo rigidez y resistencia lateral al edificio.

La presente investigación se ha enfocado en la utilización de los minerales Diatomita (situada en la cantera “Andrea” en la localidad de Polobaya) y Liparita (situada en la cantera del distrito de Mariano Melgar) en la elaboración del mortero y posteriormente en la utilización de muros de albañilería además de realizar la medición de la capacidad resistente de las unidades de albañilería utilizadas en la localidad de Polobaya-Arequipa (Ladrillería Yanqui – Mollebaya, Ladrillería el Diamante - Uchumayo), midiendo la capacidad resistente de muros de albañilería confinada de estas unidades, utilizando los procedimientos, especificaciones y recomendaciones de análisis y diseño de la Norma E.070 de Albañilería (2006).

Se han realizado ensayos de las unidades antes mencionada para verificar que efectivamente cumplen con la normativa vigente (*NTP E.070*) ya que, aunque el proceso es en algunos casos mecanizado se debe tener además un control de calidad la producción mediante ensayos en laboratorios para certificar dichos materiales.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
CAPÍTULO I.	1
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO – OPERACIONAL.....	1
1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	1
1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5 HIPÓTESIS	3
1.6 VARIABLES	3
1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	3
1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES	4
1.7 LIMITANTES	4
1.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN	7
1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	7
1.10 MÉTODO	7
1.11 CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	8
1.11.1 UBICACIÓN ESPACIAL	8
1.11.2 UBICACIÓN TEMPORAL.....	8
1.11.3 UNIDADES DE ESTUDIO	8
CAPÍTULO II.	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.2 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	11

2.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU FABRICACION Y MATERIA PRIMA	11
2.2.2 UNIDADES DE ARCILLA	13
2.2.2.1 MATERIA PRIMA	13
2.2.2.2 FABRICACIÓN	14
2.2.2.3 CLASIFICACION POR ABERTURAS O ALVÉOLOS	19
2.2.2.3.1 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA	19
2.2.2.3.2 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA.....	21
2.2.2.3.3 UNIDADES DE ALBAÑILERIA TUBULAR.....	22
2.2.2.3.4 UNIDADES DE ALBAÑILERIA ALVEOLAR	22
2.3 MORTERO	23
2.3.1 DEFINICIÓN	23
2.3.2 COMPONENTES DEL MORTERO	24
2.3.2.1 CEMENTO.....	25
2.3.2.2 ARENA GRUESA O AGREGADO FINO.....	26
2.3.2.3 AGUA	27
2.4 DIATOMITA	27
2.4.1 COMPOSICION DE LA DIATOMITA	31
2.4.2 PRINCIPALES USOS DE LA DIATOMITA	32
2.5 LIPARITA	33
2.5.1 COMPOSICIÓN DE LA LIPARITA.....	35
2.5.2 PRINCIPALES USOS DE LA LIPARITA.....	36
CAPÍTULO III.	37
3. METODOLOGÍA Y ENSAYOS	37
3.1 MATERIAL DE ESTUDIO	37
3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	37
3.1.2 MUESTRA	37
3.2 MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA	39
3.2.1 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	39
3.2.1.1 APARATOS	40
3.2.1.2 PROCEDIMIENTO.....	40
3.2.1.3 MEDIDAS INDIVIDUALES.....	40

3.2.1.4 FORMULA:.....	41
3.2.2 ENSAYO DE ALABEO.....	41
3.2.2.1 APARATOS	42
3.2.2.2 PROCEDIMIENTO.....	42
3.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	43
3.2.3.1 ESPECIMEN Y REFRENTADO.....	44
3.2.3.2 PROCEDIMIENTO.....	45
3.2.3.3 FORMULA.....	45
3.2.4 ENSAYO DE SUCCIÓN	45
3.2.4.1 EQUIPOS	47
3.2.4.2 PROCEDIMIENTO.....	47
3.2.4.3 FORMULA.....	47
3.2.5 ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	48
3.2.5.1 PROCEDIMIENTO.....	48
3.2.5.2 FORMULA.....	49
3.2.6 ENSAYO DE DENSIDAD Y VOLUMEN	49
3.2.6.1 APARATOS	50
3.2.6.2 PROCEDIMIENTO.....	50
3.2.6.3 FORMULA.....	50
3.2.7 ENSAYO DE EFLORESCENCIA.....	51
3.2.7.1 APARATOS	52
3.2.7.2 PROCEDIMIENTO.....	52
3.2.7.3 CLASIFICACIÓN	52
3.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	53
3.3.1 INSTRUMENTOS	53
3.3.2 PROCEDIMIENTO.....	53
3.3.3 CÁLCULO	54
3.4 MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS	54
3.4.1 MÉTODO Y PROCEDIMIENTO.....	55
3.4.2 CÁLCULOS	57
3.5 MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	57

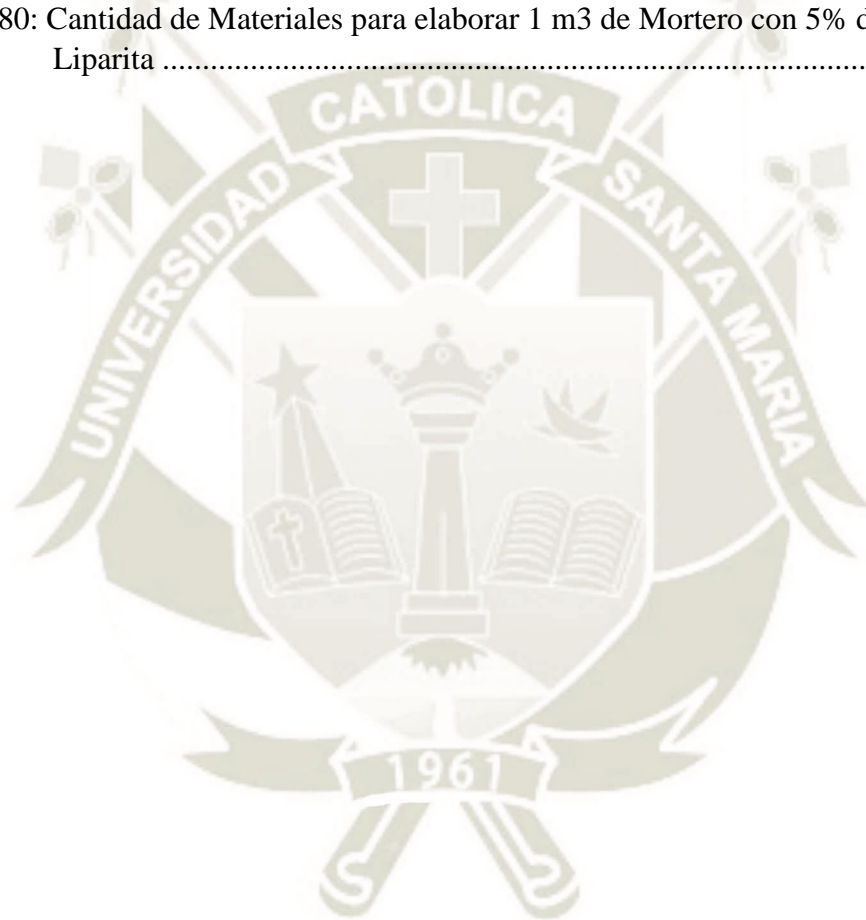
3.5.1 ELABORACIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	58
3.5.2 INSTRUMENTOS	59
3.5.3 CÁLCULOS	59
3.6 MÉTODOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA	60
3.6.1 EQUIPOS	61
3.6.2 PROCEDIMIENTO	61
3.6.3 CÁLCULOS	62
CAPÍTULO IV.	63
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	63
4.1 MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA	63
4.1.1 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	63
4.1.2 ENSAYO DE ALABEO.....	68
4.1.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION	71
4.1.4 ENSAYO DE SUCCIÓN	74
4.1.5 ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	76
4.1.6 ENSAYO DE DENSIDAD Y VOLUMEN	77
4.1.7 ENSAYO DE EFLORESCENCIA.....	78
4.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	79
4.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS	81
4.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	98
4.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA	131
CAPÍTULO V.	138
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	138
5.1 ANÁLISIS DE COSTOS	138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
CONCLUSIONES.....	145
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	148
ANEXOS	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	20
Tabla 2: Fases y componentes del Mortero	24
Tabla 3: Granulometría de la arena gruesa	26
Tabla 4: Características físicas de las Diatomitas en algunos Yacimientos Peruanos	30
Tabla 5: Composición química de Diatomitas en algunos Yacimientos Peruanos	30
Tabla 6: Composición química de la Diatomita de Pocsi.....	31
Tabla 7: Resultados de análisis por difracción de rayos X.....	32
Tabla 8: Resultado del análisis químico de la Liparita.....	36
Tabla 9: Número de especímenes a ensayar para las unidades de albañilería.....	38
Tabla 10: Numero de especímenes para la Albañilería simple con Diatomita.....	38
Tabla 11: Numero de especímenes para la Albañilería simple con Diatomita y Liparita ...	39
Tabla 12: Número de especímenes para el Mortero	39
Tabla 13: Dosificaciones para la elaboración de dados de mortero	56
Tabla 14: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global	59
Tabla 15: Medición del largo de las unidades artesanales de Mollebaya.....	63
Tabla 16: Medición del ancho de las unidades artesanales de Mollebaya	63
Tabla 17: Medición de la altura de las unidades artesanales de Mollebaya	64
Tabla 18: Medición del largo de las unidades mecanizadas de Mollebaya.....	64
Tabla 19: Medición del ancho de las unidades mecanizadas de Mollebaya	65
Tabla 20: Medición de la altura de las unidades mecanizadas de Mollebaya	65
Tabla 21: Medición del largo de las unidades mecanizadas del Diamante	66
Tabla 22: Medición del ancho de las unidades mecanizadas del Diamante	66
Tabla 23: Medición de la altura de las unidades mecanizadas del Diamante.....	67
Tabla 24: Variación dimensional de las unidades artesanales de Mollebaya.....	67
Tabla 25: Variación dimensional de las unidades mecanizadas de Mollebaya.....	67
Tabla 26: Variación dimensional de las unidades mecanizadas del Diamante	68
Tabla 27: Concavidad y Convexidad de las unidades artesanales de Mollebaya.....	68
Tabla 27: Concavidad y Convexidad de las unidades mecanizadas de Mollebaya.....	69
Tabla 28: Concavidad y Convexidad de las unidades mecanizadas del Diamante	69
Tabla 29: Resultado del ensayo de alabeo para unidades artesanales de Mollebaya	69
Tabla 30: Resultado del ensayo de alabeo para unidades mecanizadas de Mollebaya	70
Tabla 31: Resultado del ensayo de alabeo para unidades mecanizadas del Diamante.....	70
Tabla 32: Resistencia características a compresión para unidades artesanales de Mollebaya	71
Tabla 33: Resistencia características a compresión para unidades mecanizadas de Mollebaya	72
Tabla 34: Resistencia características a compresión para unidades mecanizadas del Diamante.....	73
Tabla 35: Succión de las unidades artesanales de Mollebaya	74
Tabla 36: Succión de las unidades mecanizas del Diamante.....	75
Tabla 37: Absorción y Humedad Natural de las unidades artesanales de Mollebaya.....	76
Tabla 38: Absorción y Humedad Natural de las unidades mecanizadas del Diamante	76
Tabla 39: Densidad y Volumen de las unidades artesanales de Mollebaya	77
Tabla 40: Densidad y Volumen de las unidades mecanizadas del Diamante.....	77
Tabla 41: Eflorescencia de las unidades mecanizadas del Diamante	78

Tabla 42: Eflorescencia de las unidades artesanales de Mollebaya	78
Tabla 43: Análisis Granulométrico del agregado fino de Chiguata	79
Tabla 44: Módulo de fineza del agregado fino de Chiguata.....	80
Tabla 45: Ensayos de compresión a dados de mortero normales (sin adiciones minerales)	81
Tabla 46: Ensayos de compresión a dados de mortero con 5% de Diatomita.....	82
Tabla 47: Ensayos de compresión a dados de mortero con 10% de Diatomita.....	84
Tabla 48: Ensayos de compresión a dados de mortero con 15% de Diatomita.....	85
Tabla 49: Ensayos de compresión a dados de mortero con 5% de Diatomita y Liparita	87
Tabla 50: Ensayos de compresión a dados de mortero con 10% de Diatomita y Liparita ..	88
Tabla 51: Ensayos de compresión a dados de mortero con 15% de Diatomita y Liparita ..	90
Tabla 52: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 0% de Diatomita (Mortero Normal).....	98
Tabla 53: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 5% de Diatomita.....	99
Tabla 54: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 10% de Diatomita.....	101
Tabla 55: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 15% de Diatomita.....	102
Tabla 56: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 5% de Diatomita y Liparita	104
Tabla 57: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 10% de Diatomita y Liparita	105
Tabla 58: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 15% de Diatomita y Liparita	107
Tabla 58: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 0% de Diatomita (Mortero Normal 1:4)	115
Tabla 59: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 5% de Diatomita.....	116
Tabla 60: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 10% de Diatomita.....	118
Tabla 61: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 15% de Diatomita.....	119
Tabla 62: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 5% de Diatomita y Liparita	121
Tabla 63: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 10% de Diatomita y Liparita	122
Tabla 64: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 15% de Diatomita y Liparita	124
Tabla 65: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades mecanizadas con 10% de Diatomita	132
Tabla 66: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades mecanizadas con 10% de Diatomita y Liparita	133
Tabla 67: Resistencia características de la albañilería.....	134
Tabla 68: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades artesanales con 10% de Diatomita	135
Tabla 69: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades artesanales con 10% de Diatomita y Liparita.....	136
Tabla 70: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de vivienda particular, según distrito, 2017	138
Tabla 71: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017	139

Tabla 72: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero normal (1:4).....	140
Tabla 73: Rendimiento de la Mezcla del mortero normal	140
Tabla 74: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m ³ de Mortero normal.....	141
Tabla 75: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero con 10% de Diatomita	141
Tabla 76: Rendimiento de la Mezcla del mortero con 10% de Diatomita	142
Tabla 77: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m ³ de Mortero con 5% de Diatomita	142
Tabla 78: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero con 10% de Diatomita y Liparita	143
Tabla 79: Rendimiento de la Mezcla del mortero con 10% de Diatomita y Liparita.....	143
Tabla 80: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m ³ de Mortero con 5% de Diatomita y Liparita	144

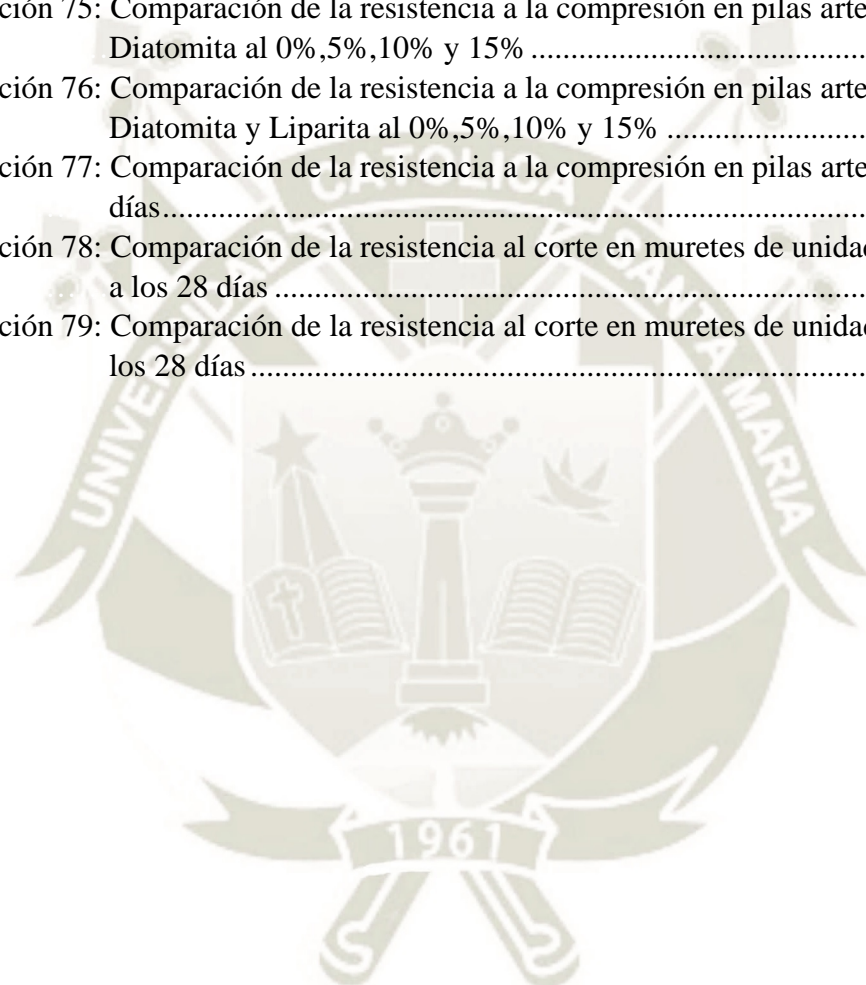


INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Horno artesanal abierto de sinterización de ladrillos de arcilla (Mollebaya)	12
Ilustración 2: Proceso de fabricación de unidades de arcilla.....	13
Ilustración 3: Cantera de ladrillo de arcilla (Mollebaya).....	13
Ilustración 4: Extracción Mecanizada de materia prima (Mollebaya)	14
Ilustración 5: Molienda de materia prima (Mollebaya).....	15
Ilustración 6: Mezclado Mecanizado (Mollebaya)	15
Ilustración 7: Mezclado Artesanal (Mollebaya)	16
Ilustración 8: Moldeado Artesanal (Mollebaya).....	16
Ilustración 9: Moldeado con extrusora en proceso Mecanizado (Mollebaya).....	17
Ilustración 10: Proceso de elaboración de las Unidades Mecanizadas (Mollebaya).....	17
Ilustración 11: Secado Artesanal	18
Ilustración 12: Combustible a base de guano de alpaca	18
Ilustración 13: Horno abierto de ladrillera en Mollebaya.....	19
Ilustración 14: Ladrillo King Kong 18 huecos mecanizadas.....	20
Ilustración 15: Ladrillos King Kong artesanales	21
Ilustración 16: Ladrillo Hueco.....	21
Ilustración 17: Ladrillo pandereta	22
Ilustración 18: Mortero fresco	24
Ilustración 19: Cantera de Chiguata en vista satelital.....	27
Ilustración 20: Cantera de Diatomita en Polobaya	27
Ilustración 21: Localización de la Mina Andrea de Diatomita en Polobaya.....	28
Ilustración 22: Diatomeas y Diatomita.....	29
Ilustración 23: Composición porcentual química de la Diatomita de Pocsi.....	32
Ilustración 24: : Liparita extraída de Cantera	34
Ilustración 25: Cantera Cadasa en Mariano Melgar	35
Ilustración 26: Medida de las dimensiones de ladrillo de arcilla usando el Vernier	40
Ilustración 27: Altura de la Unidad de Albañilería	41
Ilustración 28: Medida del Alabeo Fuente: Elaboración Propia.....	41
Ilustración 29: Cuña usada para medir el alabeo	42
Ilustración 30: Medida del Alabeo – borde cóncavo y convexo	42
Ilustración 31: Medida del alabeo – superficie cóncava y convexa	43
Ilustración 32: Colocación del Capping de yeso sobre las unidades de albañilería	44
Ilustración 33: Ensayo de Compresión de Semi-unidades	44
Ilustración 34: Medición de Succión en unidades mecanizadas.....	46
Ilustración 35: Medición de Succión en unidades artesanales	46
Ilustración 36: Muestra sumergida en agua 24 horas	48
Ilustración 37: Ensayo de Densidad – Unidades sumergidas en agua en ebullición.....	49
Ilustración 38: Peso de la unidad sumergida en agua fría	49
Ilustración 39: Eflorescencia en unidades mecanizadas.....	51
Ilustración 40: Eflorescencia en unidades artesanales.....	51
Ilustración 41: Análisis granulométrico del agregado fino (Chiguata)	53
Ilustración 42: Elaboración de datos de mortero	55
Ilustración 43: Ensayo de compresión de dados de mortero	55

Ilustración 44:Elaboración de pilas con ladrillos mecanizados y artesanales	57
Ilustración 45:Elaboración de capping y ensayo a compresión de la pila	58
Ilustración 46:Construcción de prismas de albañilería.....	58
Ilustración 47:Elaboración de muretes con unidades mecanizadas y artesanales	60
Ilustración 48:Ensayo a compresión diagonal de muretes con unidades mecanizadas y artesanales.....	60
Ilustración 49:Escuadras de Carga	61
Ilustración 49:Curva Granulométrica del Agregado Fino de Chiguata.....	79
Ilustración 50: Resistencia a la compresión del Mortero Normal (sin adición mineral).....	92
Ilustración 51: Resistencia a la compresión del Mortero con 5% de Diatomita.....	92
Ilustración 51: Resistencia a la compresión del Mortero con 10% de Diatomita	93
Ilustración 52: Resistencia a la compresión del Mortero con 15% de Diatomita	93
Ilustración 53: Resistencia a la compresión del Mortero con 5% de Diatomita y Liparita	94
Ilustración 54: Resistencia a la compresión del Mortero con 10% de Diatomita y Liparita	94
Ilustración 55: Resistencia a la compresión del Mortero con 15% de Diatomita y Liparita	95
Ilustración 56: Comparación de f_c para morteros con 0%,5%,10% y 15% de Diatomita	95
Ilustración 57: Comparación de f_c para morteros con 0%,5%,10% y 15% de Diatomita y Liparita	96
Ilustración 58: Comparación de f_c para morteros con 0%,5%,10% y 15% de Diatomita, Diatomita y Liparita a los 28 días.....	96
Ilustración 58: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 0% (Mortero Normal 1:4)	109
Ilustración 59: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 5%	109
Ilustración 60: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 10%	110
Ilustración 61: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 15%	110
Ilustración 62: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 5%	111
Ilustración 63: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 10%	111
Ilustración 64: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 15%	112
Ilustración 65: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 0%,5%,10% y 15%	112
Ilustración 66: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 0%,5%,10% y 15%	113
Ilustración 67: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas a los 28 días.....	113
Ilustración 68: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 0% (Mortero Normal 1:4)	126

Ilustración 69: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 5%.....	126
Ilustración 70: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 10%...	127
Ilustración 71: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 15%...	127
Ilustración 72: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 5%	128
Ilustración 73: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 10%	128
Ilustración 74: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 15%	129
Ilustración 75: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 0%,5%,10% y 15%	129
Ilustración 76: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 0%,5%,10% y 15%	130
Ilustración 77: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales a los 28 días.....	130
Ilustración 78: Comparación de la resistencia al corte en muretes de unidades mecanizadas a los 28 días	134
Ilustración 79: Comparación de la resistencia al corte en muretes de unidades artesanales a los 28 días	137



CAPÍTULO I.

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO – OPERACIONAL

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

“Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de Polobaya -Arequipa adicionando Diatomita y Liparita”.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Las construcciones de viviendas en el distrito de Polobaya, en su gran mayoría son de albañilería confinada utilizando unidades mecanizadas y artesanales. Por lo que la presente investigación considerara adicionar los minerales Diatomita (SiO_2) y Liparita (Piedra pómez) en la elaboración de mortero mejorando su adherencia con el ladrillo, así como el comportamiento de los muros de albañilería, además conocer las características y propiedades de estas unidades comercializadas en el mercado local de Polobaya-Arequipa con las exigencias establecidas por la Norma E.070 (2006).

1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La población de Polobaya utiliza para la construcción de sus viviendas que en su gran mayoría ladrillos que tienen la denominación de unidades artesanales, las cuales están relacionadas con su proceso de fabricación y resistencia, no cumpliendo en la mayoría de casos con la Normativa Peruana; son pocas las edificaciones que utilizan unidades mecanizadas por el tema económico sin comprender que estas unidades tienen certificación de calidad y cumplen con la Norma E.070 (2006). Existe además el problema de la autoconstrucción y como consecuencia la falta de criterio técnico que conlleva a no considerar mejoras como es uso de minerales no metálicos propios del lugar que pudiesen ser incorporados al mortero. El distrito de Polobaya cuenta con una de las canteras más extensas de Diatomita en el Perú que actualmente no se les da un uso en la construcción por el tema de desconocimiento además del uso de la Liparita conocida también como Piedra Pómez que es un mineral no metálico bastante económico y de poco uso en el mismo rubro. La presente investigación se enfocará en la medición de la capacidad físico-mecánicas de las unidades que se comercializan en el distrito de Polobaya, se elaborarán

muretes de albañilería y se ensayarán a compresión tanto axial como al corte cuando se incorporan los minerales no metálicos Diatomita y Liparita al mortero.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el caso de Perú a diferencia de otros países en donde el mortero que utilizan deberá tener una resistencia a la compresión mínima de 125 kgf/cm^2 (NMX-C- 486, 2014), no se especifica una resistencia del mortero esto ya que según Gallegos y Casabonne (2005) “*el mortero es un material adhesivo, y su adhesión completa, fuerte y durable con la unidad de albañilería es el objetivo de mayor importancia; todas las demás propiedades, incluida la resistencia a compresión, son incidentales*”; sin embargo no quiere decir que se vayan a dejar de lado esta propiedad ya que a diferencia del concreto que sí es un material estructural. El mortero debe cumplir con una resistencia mínima esto ya que “*cuando un muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además una función resistente, por lo que es conveniente que las resistencias a compresión de las unidades y del mortero sean parecidas*” (San Bartolomé, 2018), es por esto último que la norma E.070 (2006) establece la resistencia a compresión (no de la unidad de albañilería sino del material en sí, que es el monolito conformado por la unidad y el mortero) considerando que ambas deberán tener una resistencia parecida; se estudió además que en la localidad de Polobaya-Arequipa se realizan en su gran mayoría construcciones de albañilería confinada utilizando unidades de arcilla calcinada, siendo un material económico (bajo costo en comparación con estructuras de concreto armado) obtenidas de las ladrilleras ubicadas en Mollebaya, Yarabamba, entre otras. Aunque la norma E.070 no especifica el uso de minerales agregados al mortero para poder mejorar la adherencia así como un incrementar en la resistencia del mortero se indica: “*Habrà que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m)*” (Norma E.070, Cap. 7, Art.19 inciso b.) es por ello que se escogió el distrito de Polobaya ya que es ahí donde existe presencia en mayor cantidad del mineral no metálico Diatomita en el caso de la Liparita (Piedra Pómez) al ser un material bastante económico lo obtendremos de la localidad de Mariano Melgar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de Polobaya - Arequipa adicionando Diatomita y Liparita

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería del distrito de Polobaya.
- b) Determinar la resistencia a compresión del mortero haciendo uso de los minerales Diatomita y Liparita.
- c) Estimar una proporción volumétrica del mortero adicionado con los minerales Diatomita y Liparita.
- d) Comparar los resultados obtenidos de los ensayos que se realizaran a las unidades de albañilería con lo que establece la Norma E.070 (2006).

1.5 HIPÓTESIS

Considerando que en el Distrito de Polobaya la mayor parte de sus edificaciones se hacen con unidades de albañilería artesanales y en poca cantidad de unidades mecanizadas, es posible que la influencia directa de los minerales Diatomita y Liparita (Piedra Pómez) en el mortero mejorarán su adherencia con el ladrillo, así como la resistencia característica a compresión axial de la albañilería (f'_m) como también la resistencia característica al corte (v'_m) optimizando así las construcciones de dicho distrito.

1.6 VARIABLES

1.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

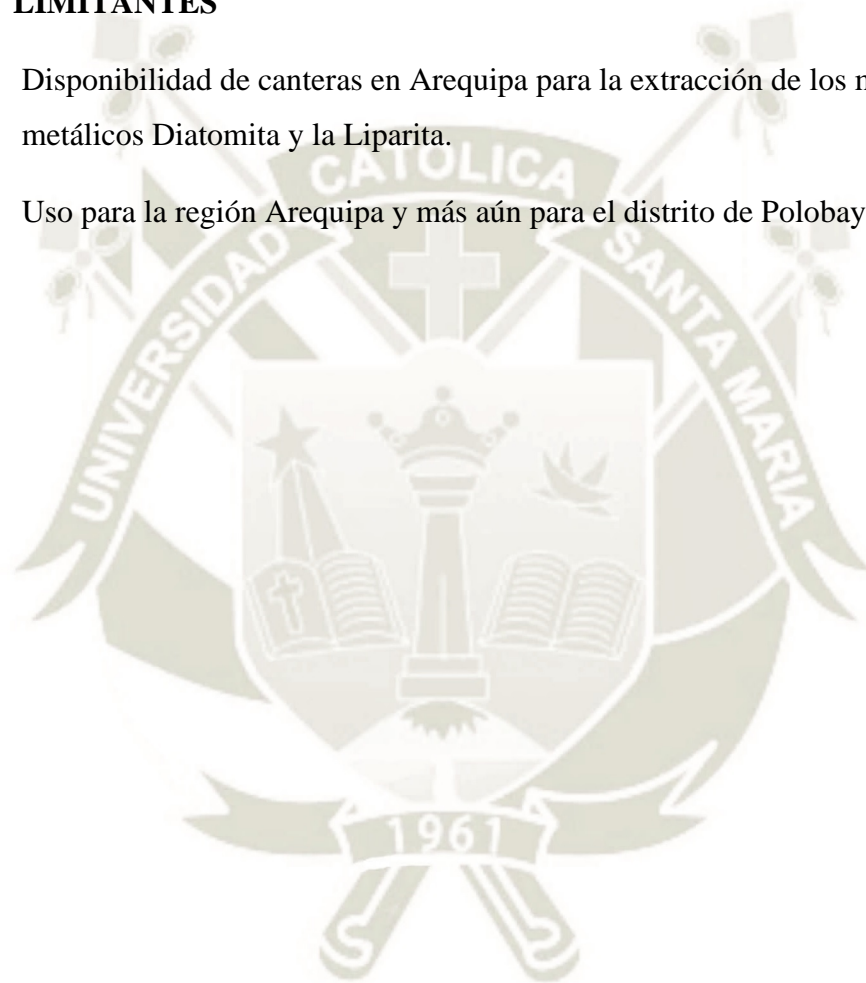
- Diseño de mezcla del mortero
- Unidades de Albañilería
- Diatomita (%)
- Liparita (%)

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Resistencia a compresión del mortero (f'_c).
- Resistencia característica a compresión axial de la albañilería (f'_m).
- Resistencia característica de la albañilería al corte obtenido de ensayos de muretes a compresión diagonal (v'_m).

1.7 LIMITANTES

- Disponibilidad de canteras en Arequipa para la extracción de los minerales no metálicos Diatomita y la Liparita.
- Uso para la región Arequipa y más aún para el distrito de Polobaya.



OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Diatomita y Liparita	Minerales	Muros de Albañilería	Resistencia y durabilidad	Ensayos de laboratorio	Cuaderno de Anotación
Unidades de Albañilería	Material de Construcción	Muros de Albañilería	Resistencia a la compresión y al corte	Ensayos de laboratorio	Cuaderno de Anotación
Mortero	Material de Construcción	Mortero Modificado	Aglomerante	Ensayos de laboratorio	Cuaderno de Anotación

1.8 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para el presente trabajo es de carácter Aplicativo porque su fin es obtener un mortero con minerales no metálicos adicionados que cumplan con los valores exigidos por la norma de albañilería *E.070*.

Por el tipo de enfoque, se caracteriza esta investigación por ser cualitativa y cuantitativa dado que se puede analizar de manera numérica los valores de cada razón además de las resistencias obtenidas por los ensayos realizados.

Es experimental debido a que para poder evaluar cada una de las variables es necesario la realización de ensayos en el laboratorio, además se necesitara de elementos estadísticos para verificar los resultados obtenidos.

Es de carácter longitudinal ya que se necesitará evaluar la resistencia desarrollada por las unidades de albañilería y el mortero de estudio durante un periodo de 4 semanas para llegar a la resistencia requerida a los 28 días realizando verificaciones a una edad adecuada.

1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica que se aplicara es la verificación de ensayos mediante análisis de laboratorio, correspondiente a gran parte del trabajo de la investigación ya que la fuente de datos para el desarrollo de la misma proviene de ensayos realizados.

1.10 MÉTODO

- ✓ Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (*NTP 399.613, 2017*).
- ✓ Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (*NTP 399.605, 2018*).
- ✓ Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería (*NTP 399.621, 2015*).

- ✓ Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado (*NTP 334.051, 2018*).
- ✓ Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (*NTP 400.012, 2001*).

1.11 CAMPO DE VERIFICACIÓN

1.11.1 UBICACIÓN ESPACIAL

La ubicación espacial de la investigación se realizará en el Distrito de Polobaya usando los minerales no metálicos Diatomita y Liparita ubicada en la cantera Andrea en el Distrito de Polobaya y en la Cantera de Mariano Melgar respectivamente de los cuales se obtendrán muestras divididas por sectores.

1.11.2 UBICACIÓN TEMPORAL

La presente investigación será enfocada para los ensayos a realizarse en el transcurso del inicio del año, utilizando material extraído de las canteras de Polobaya y Mariano Melgar.

1.11.3 UNIDADES DE ESTUDIO

La unidad de estudio de la presente investigación se centrará en las muestras de los minerales Diatomita y Liparita en las canteras de los distritos antes mencionados además se utilizará las unidades de albañilería artesanales de la ladrillera de Mollebaya, con las unidades mecanizadas de la ladrillera El Diamante de Arequipa.

Dada la consideración de un mínimo de 3 pilas por ensayo con cada una de las unidades de albañilería, considerando 6 diseños previstos. Se realizará un total de 36 ensayos de compresión a pilas. Además, teniendo en cuenta un mínimo de 3 muretes por ensayo con cada una de las unidades de albañilería, así como de los 2 diseños previstos. Se realizará un total de 4 ensayos de compresión diagonal a muretes.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La presente investigación se ha dividido en dos partes principales:

Primeo se analizará las propiedades mecanizas de las unidades de albañilería utilizadas en el Distrito de Polobaya.

Segundo se incorporará la Diatomita y Liparita en el Mortero.

Centrándonos en la primera parte existe múltiples trabajos que analizan la calidad de las unidades de albañilería. Entre los cuales se encuentra el trabajo de tesis titulado “Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca.” realizado por la ingeniera Fanny Carmen Lulichac Sáenz en el año 2015 para la Universidad Privada del Norte.

En la tesis se presenta un estudio de las propiedades físico – mecánico de unidades de albañilería artesanales producidas en la provincia de Cajamarca, específicamente en las ladrilleras: Cerrillo Parte Alta, Cerrillo Parte Baja, Santa Bárbara y Rumipampa, determinando así las propiedades de estas unidades mediante ensayos y evaluarlas de acuerdo a las exigencias mínimas de control de calidad que indica la Norma Técnica Peruana E.070 - Albañilería, 2006.

De acuerdo a sus resultados se concluyó que, de las cuatro ladrilleras en estudio, ninguna alcanzo la resistencia mínima a la compresión que exige la norma E.070 (2006) que es de 50 kg/cm^2 para un ladrillo Tipo I. Siendo la resistencia más alta 41.50 kg/cm^2 de la ladrillera Rumipampa y la resistencia más baja de 34.71 kgf/cm^2 en Cerrillo parte baja.

Con respecto a la segunda parte de la investigación no se encontró trabajos que aborden implementación de los minerales Diatomita y Liparita en el mortero, aunque se cuenta con investigaciones relacionadas al mejoramiento de la adherencia unidad-mortero.

Tal es el caso de la investigación titulada: “Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto” llevada a cabo por el ingeniero Álvaro Artidoro Morante Portocarrero S. en el 2008 en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Su trabajo se basó en mejorar la resistencia a fuerza cortante de la albañilería hecha con ladrillos de concreto. Se utilizaron dos técnicas de construcción la técnica A que consistía en la limpieza de los ladrillos para luego asentarlos en seco con mortero en proporción volumétrica 1:4 (cemento-arena). Esta técnica fue empleada como patrón de comparación, la técnica B que fue similar a la técnica A para luego curar las juntas. El curado de las juntas se hizo con una brocha con agua después de 3 horas del asentado, durante 3 días y finalmente una técnica C, similar a la técnica A, pero se usó un mortero con cal en proporción volumétrica 1 :1/2: 4 (cemento-cal-arena). Se elaboraron 12 pilas y 12 muretes en total y se emplearon 20 ladrillos para someterlos a ensayos de compresión, porcentaje de ranuras, variabilidad dimensional, alabeo, succión y absorción. Finalmente, en el resultado de los ensayos se comprobó que ninguna de las 3 técnicas sobresale de manera clara en valores de resistencia a compresión axial, pero en resistencia a compresión diagonal hubo ligeras diferencias, por lo tanto, fue el aspecto económico y la resistencia a compresión diagonal lo que definió a la técnica de construcción más adecuada sería en el siguiente orden: Técnica C, le sigue la Técnica A y la Técnica B.

Finalmente está el caso de la investigación titulada “Análisis comparativo de costos y propiedades mecánicas de muretes adheridos con “Massa Dun-Dun”, mortero tradicional y mortero seco predosificado” elaborada por los ingenieros Nelson Alexis Dávila Carranza y Zulema Consuelo Ramirez Cubas. en el 2019 en la Universidad Privada del Norte.

Su tema de investigación se basó en realizar el análisis comparativo de costos y propiedades mecánicas de muretes adheridos con Massa Dun-Dun, mortero tradicional y mortero seco predosificado en Trujillo por lo que se ensayaron un total de nueve pilas, que ayudaron a determinar la resistencia a la compresión, y nueve muretes que ayudaron a determinar la resistencia al corte (3 grupos de 3 pilas cada uno y 3 grupos de 3 muretes cada uno, adheridos con los pegantes a comparar). Finalmente, se obtuvo que el mortero seco predosificado es el que alcanza una mayor resistencia tanto a la compresión (73.40 kgf/cm²) como al corte (12.57 kgf/cm²), logrando superar por 13% y 55% respectivamente a lo que indica la norma E.070 del RNE; asimismo se determinó experimentalmente que el adherente más económico es la Massa Dun-Dun pues resulta costando aproximadamente 4% menos que el mortero tradicional.

2.2 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

“La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería” (Casabonne, 2005, pág. 75).

Las unidades usadas en las construcciones de albañilería son elaboradas de materias primas diversas, como son: la arcilla, la mezcla de sílice y cal, así como el concreto de cemento *portland*, estas son las principales. Se forma además mediante el moldeo, en combinación con diferentes métodos de extrusión o por compactación, en condiciones diferentes como pueden ser: sofisticadas fábricas que cuenta con un control estricto mecanizada, o en espacios precarios, mediante procedimientos rudimentarios y sin ningún control de calidad (Casabonne, 2005, pág. 75).

De acuerdo a las dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques. Se llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una sola mano, y bloques cuando por sus mayores dimensiones y su peso se deben emplear ambas manos para poder manipularlo. Los ladrillos que son usados en la construcción de albañilería confinada y sus dimensiones oscilan entre: ancho=11-14 cm., largo=23-29 cm y alto=6-10 cm y su peso oscila entre los 3 y 6 kg. Los bloques se usan en las edificaciones de albañilería armada y para este caso de bloques de concreto vibrado sus dimensiones comunes son 14 o 19 cm de espesor, 19 o 39 cm de longitud y 19 cm de altura; su peso puede variar entre 12 y 20 kg (San Bartolomé, 2018, pág. 37).

2.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU FABRICACION Y MATERIA PRIMA

Sabiendo que las materias primas de las unidades de albañilería están elaboradas básicamente de arcilla (unidades cerámicas), de sílice-cal (unidades silico-calcáreas) y de concreto. Las dimensiones (ancho, largo y alto) de un bloque sílico-calcáreo son: 12 x 29 x 14 cm y de un bloque de arcilla son: 12 x 39 x 19 cm.

Por su fabricación las unidades de albañilería pueden ser artesanales o mecanizadas. Tanto las unidades de arcilla como las de concreto admiten ambas modalidades, sin embargo, las unidades sílico-calcáreas son únicamente mecanizada.



*Ilustración 1: Horno artesanal abierto de sinterización de ladrillos de arcilla
(Mollebaya)*

Fuente: Elaboración propia

El proceso de sinterización artesanal hace que los ladrillos ubicados en la parte alta del horno salgan crudos, mientras que los que se encuentran ubicados en la parte baja salgan sinterizados o vitrificados. Para el primer caso, se necesita proteger a los muros de la acción de la intemperie tartajeándolos. Mientras que para el segundo caso se recomienda desechar los ladrillos esto debido a que la vitrificación impermeabiliza las caras de las unidades y por ende impide que el material cementante del mortero sea absorbido disminuyendo así la adherencia ladrillo o unidad – mortero.

A continuación, se muestra en un esquema la secuencia del proceso mecanizado de fabricación de ladrillos de arcilla. Los aspectos de mayor importancia en el proceso de fabricación son los siguientes:

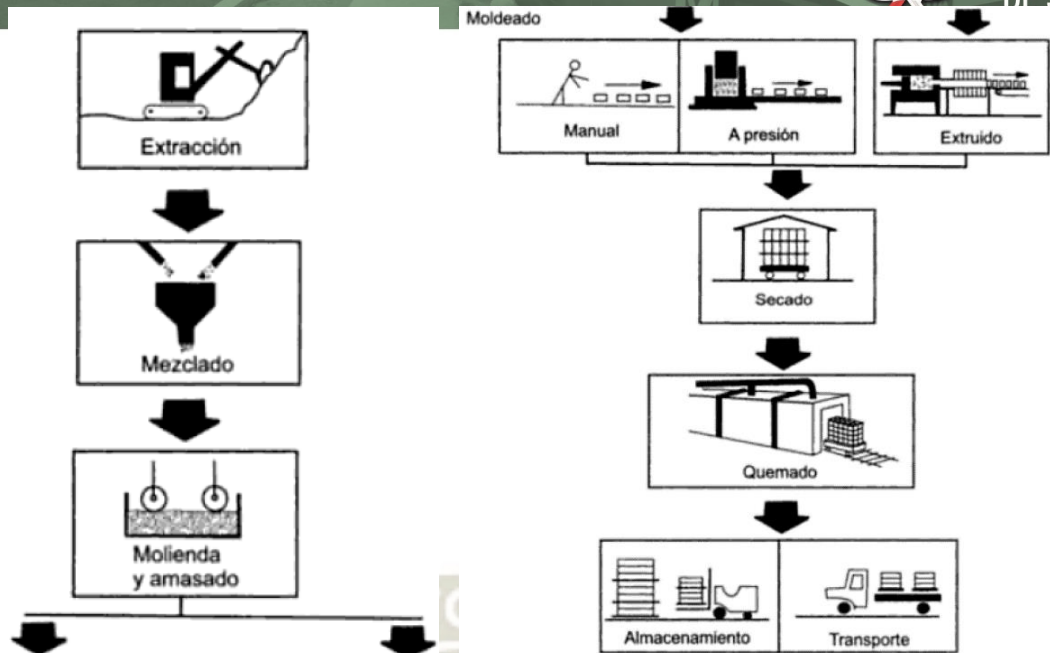


Ilustración 2: Proceso de fabricación de unidades de arcilla

Fuente: (Casabonne, 2005, pág. 94)

2.2.2 UNIDADES DE ARCILLA

2.2.2.1 MATERIA PRIMA

Las arcillas que son empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas que básicamente son aquellas con un contenido de 15% de Carbonato de Calcio (CaCO_3) que dan lugar a un color amarillento y las no calcáreas en las cuales predomina el silicato de alúmina ($\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$) con un 5% de óxido de hierro (Fe_2O_3), que proporciona un color o tono rojizo.



Ilustración 3: Cantera de ladrillo de arcilla (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia

Las arcillas de mejor elaboración tienen arena y limo; es necesario además que contengan arena ya que así se reducen los efectos de contracción por el secado de las arcillas, que posteriormente podría generar fisuras en los ladrillos (San Bartolomé, 2018, pág. 40).

2.2.2.2 FABRICACIÓN

Este proceso llega a ser muy variado, lo que da lugar a que existan unidades artesanales, semi-mecanizadas y mecanizadas, pero existiendo una variación tanto en sus formas, dimensiones, así como en sus resistencias.

La extracción del material de la Cantera se realiza con lampas, picos y carretillas como es el caso en el proceso artesanal; o en su defecto usando palas mecánicas como es el caso en el proceso mecanizado. Posteriormente se tamiza el material empleando mallas metálicas para que de este modo se puedan eliminar las piedras y otras materias.



Ilustración 4: Extracción Mecanizada de materia prima (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia

La molienda de la materia prima se realiza apisonándola (en el proceso artesanal) o con molinos (proceso mecanizado).



Ilustración 5: Molienda de materia prima (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia

El mezclado de la materia se realiza con agua y arena se da un reposo a la mezcla durante un día en el proceso artesanal o en su defecto se emplea maquinas dosificadoras de peso y amasadoras como es el caso del proceso mecanizado.



Ilustración 6: Mezclado Mecanizado (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 7: Mezclado Artesanal (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia

El moldeado se realiza artesanalmente vertiendo con fuerza la mezcla elaborada sobre los moldes de madera o metálicos en el proceso artesanal mientras que en el proceso semi-mecanizado se hace con presas manuales y en el caso del proceso mecanizado se realiza con presas hidráulicas que básicamente aplican más de 500 toneladas de fuerza, además existe el uso de extrusoras que consiste en hacer pasar la masa plástica por una boquilla con la sección transversal del producto ya terminado, que finalmente es recortado con una sierra eléctrica.



Ilustración 8: Moldeado Artesanal (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 9: Moldeado con extrusora en proceso Mecanizado (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 10: Proceso de elaboración de las Unidades Mecanizadas (Mollebaya)

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de secado artesanal se realiza colocando las unidades en un tendal mientras que en el proceso mecanizado se introducen en un horno con temperatura regulable que

va desde temperatura de ambiente hasta los 700 °C para volver luego a temperatura de ambiente.



Ilustración 11: Secado Artesanal
Fuente: Elaboración Propia

La sinterización generalmente se efectúa en hornos abiertos, con leña o petróleo (que se colocan en la base) así como con guano de alpaca (combustible de ladrilleras de Mollebaya). Lo que a da lugar que existan diferencias de más de 100% entre las resistencias de las unidades que están ubicadas tanto en la parte alta como la parte baja del horno. También existen hornos tipo túnel con sopladores de petróleo o de carbón molido; ambos incorporados con cámaras de temperatura regulable desde la temperatura ambiente hasta los 1200 °C. El proceso tiene una duración entre 3 a 5 días.



Ilustración 12: Combustible a base de guano de alpaca
Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 133: Horno abierto de ladrillera en Mollebaya

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3 CLASIFICACION POR ABERTURAS O ALVÉOLOS

En la normativa peruana (NTP E.070) de albañilería y también en las normativas de otros países, las unidades se clasifican por el porcentaje de sus aberturas (perforaciones o alveolos) que tiene en la superficie de asentado y además por la disposición que tengan.

2.2.2.3.1 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA

Los ladrillos sólidos o macizos son aquellos que pueden tener o no orificios. Si poseen orificios estos deben ser necesariamente perpendicular a la cara de asiento y por ende el área que ocupan no debe ser mayor al 30% del área bruta de la cara de asiento (*Norma E.070, SENCICO 2006*), estas unidades son las que deberían usarse en la construcción de muros portantes. La normatividad de albañilería anterior (*ININVI 1982*) exigía que las perforaciones no cubran un área mayor que 25% con el fin de que las unidades clasifiquen como sólidas, similar a lo establecido en la mayoría de normativas internacionales.

De acuerdo a la Normativa E.070, los ladrillos usados en muros portantes se pueden clasificar en 5 clases según su resistencia a compresión (f'_b). El ladrillo por su baja resistencia corresponde a un King Kong de fabricación artesanal y el ladrillo IV corresponde a un King Kong de fabricación mecanizada.

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

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

Fuente: (E.070 Albañilería, 2006)

El ladrillo denominado King Kong de 18 huecos es de fabricación mecanizada y debe ser utilizado para la construcción de muros portantes siempre y cuando el área total de los orificios no sobrepase el 30% del área de asiento, en las zonas sísmicas 1, 2, 3 y 4. Las dimensiones promedio del ladrillo King Kong de 18 huecos son largo (L) = 23 cm, ancho (A) = 13 cm y altura (H) = 9 cm.

El ladrillo sólido artesanal debería de usarse para construir muros portantes en la zona sísmica 1. Por lo general los ladrillos artesanales carecen de huecos, mientras que los mecanizadas presentan entre 17 o 18 perforaciones pequeñas.

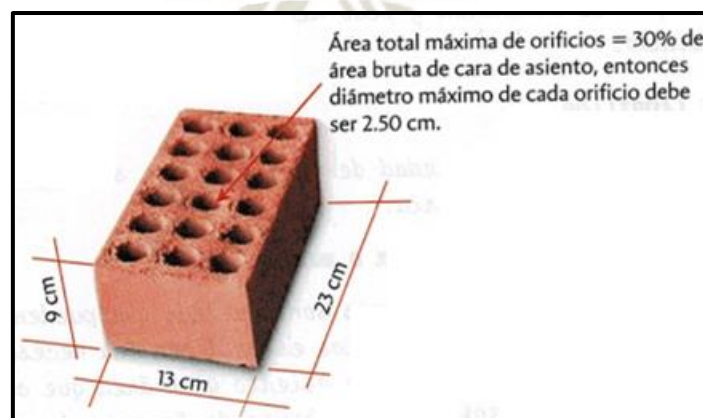


Ilustración 14: Ladrillo King Kong 18 huecos mecanizadas

Fuente: (Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, 2017)



Ilustración 15: Ladrillos King Kong artesanales
Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3.2 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA

En estas unidades los orificios que poseen son también necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan resulta ser mayor al 30% del área bruta de la cara de asiento, cada orificio posee dimensiones reducidas y no permite llenarlos con mortero fluido.

La normativa peruana E.070 no especifica el límite del porcentaje mayor respecto al área bruta. Las unidades huecas solamente se puedan usar para la construcción de muros portantes en las zonas sísmicas 1 para un máximo de 5 pisos.

El resto de zonas sísmicas (2, 3 y 4) solamente pueden ser usadas para la construcción de muros no portantes. En la práctica este tipo de unidades de albañilería son las más utilizadas en edificaciones específicamente para la construcción de muros portantes no haciendo caso de la normativa que indica claramente lo contrario.

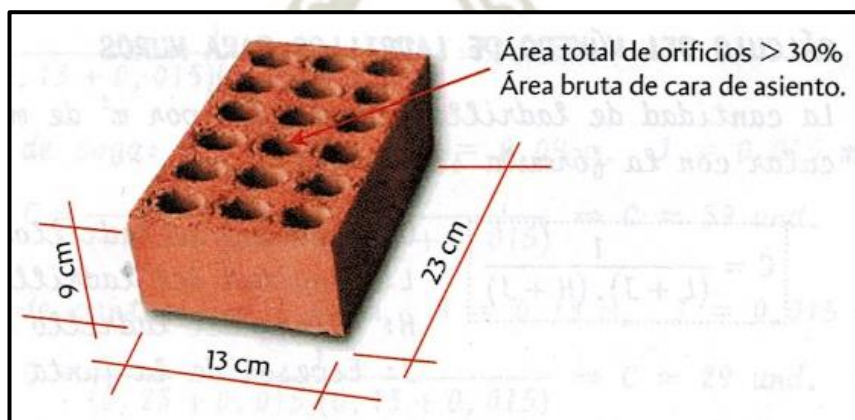


Ilustración 16: Ladrillo Hueco
Fuente: (Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, 2017)

2.2.2.3.3 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA TUBULAR

Las unidades tubulares son aquellas que tienen perforaciones dispuestas en paralelo a su superficie de asiento, en este tipo de unidades se ubican los ladrillos pandereta, que se utilizan en muros no portante (aunque su uso en muros portantes es considerado un error frecuente). Estas unidades no deben emplearse en muros portantes ya que se trituran ante la acción de un sismo, además que la lechada de cemento del concreto de las columnas se introduce por las perforaciones del ladrillo debilitando al concreto.

Este ladrillo tubular denominado “pandereta” tiene como dimensiones promedio: largo (L) = 23 cm, ancho (A) = 12 cm y altura (H) = 10 cm. Puede usar para la construcción de muros no portantes en las zonas sísmicas 2, 3 y 4, y para muros portantes solo en la zona sísmica 1 hasta un máximo de 2 pisos de acuerdo a lo que se establece en la norma E.070.

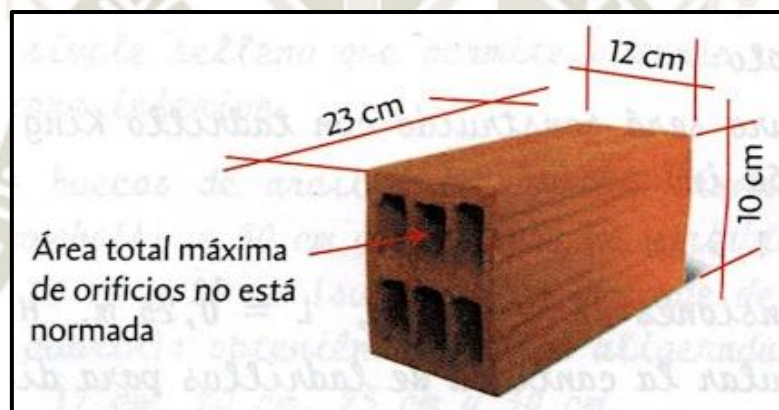


Ilustración 17: Ladrillo pandereta

Fuente: (Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, 2017)

2.2.2.3.4 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ALVEOLAR

Las unidades alveolares son aquellas que poseen grandes huecos perpendiculares a la superficie de asiento. En esta categoría se clasifican los bloques de arcilla, de concreto y sílice-cal que se emplean en las edificaciones de albañilería armada rellena de grout. Estos bloques no deben utilizarse en las construcciones de albañilería confinada porque se llegan a triturar ante un eminente sismo.

2.3 MORTERO

2.3.1 DEFINICIÓN

El mortero es un adhesivo que se utiliza para unir o adherir las unidades de albañilería entre sí, durante el asentado esta es su función principal y su propiedad más importante. Mientras se tenga una mayor adherencia entre las unidades mayor será la resistencia a la tracción del muro de albañilería.

La cantidad adecuada de agua de amasado de las mezclas para poder realizar el asentado de ladrillos es aquella que nos va a asegurar la efectiva adherencia entre el mortero y los ladrillos, y a la vez, conferirá al mortero una correcta trabajabilidad.

En la albañilería la función del mortero es además corregir las irregularidades geométricas de altura que se tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad. Cuando un muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero además cumple una función de resistente, por lo cual es conveniente que tanto la resistencia de las unidades de albañilería como el mortero sean parecidas. (San Bartolomé, 2018, pág. 64)

El mortero es usado en obras de albañilería mezclando uno o más elementos aglomerantes, arena, agua y eventualmente algún aditivo seguidamente se obtiene un pétreo artificial cuya pasta adhesiva está constituida por compuestos resultantes de la combinación de un aglomerante con agua o con componentes de la atmósfera.

La pasta adhesiva da cohesión al conjunto de materiales granulares llamados agregados, que en el caso de los moteros son agregados finos (tamaño menor a 3 mm). El producto obtenido debe ser una masa plástica y trabajable capaz de unir mampuestos, ladrillos, bloques de concreto, baldosas, entre sí o con una base y también realizar revoques. Frecuentemente utilizamos un conjunto de materiales que se incorporan a los morteros para modificar o mejorar ciertas propiedades llamados aditivos (Polo Collantes, 2016, pág. 405).

Mortero, es la mezcla de un aglomerante fino, realizada por vía húmeda. Cuando el mortero se prepara con más de un aglomerante, se denomina mortero bastardo. La aplicación de la pasta sobre una superficie se llama empastado y tarrajado o revoque la de un mortero. El tarrajado puede ser primario o enfoscado, enlucido o tarrajeo fino, etc (López, 2006, pág. 69).



Ilustración 18: Mortero fresco

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2 COMPONENTES DEL MORTERO

Los componentes del mortero para asentar ladrillos son: Cemento Portland, arena gruesa y agua potable. La función del cemento es proporcionar la resistencia a la mezcla, si se le añade cal esta proporcionará trabajabilidad y retentividad (retardar la evaporación del agua) y la de la arena gruesa es proporcionar una estabilidad volumétrica a la mezcla permitiendo de este modo el asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo. Es necesario eliminar el polvo de la arena gruesa (San Bartolomé, 2018, pág. 64).

Tabla 2: Fases y componentes del Mortero

	FASES	COMPONENTES
MORTERO	PASTA	Aglomerante
		Agua
		Aditivos y Adiciones Activas
	AGREGADO FINO	Arena
	AIRE	Aire incorporado naturalmente Aire incorporado intencionalmente

Fuente: (Polo Collantes, 2016)

2.3.2.1 CEMENTO

Es el conglomerante hidráulico más empleado en la construcción debido a que está formado, básicamente, por mezclas de caliza, arcilla y yeso que son materiales muy abundantes en la naturaleza. Su precio es relativamente bajo en comparación con otros materiales y tienen unas propiedades muy adecuadas para las especificaciones que deben alcanzar (Polo Collantes, 2016, pág. 424).

Se utiliza básicamente cemento Portland Tipo I y cemento adicionado (puzolánico); excepcionalmente se emplea el cemento Portland tipo II (resistente a los sulfatos).

En el Perú se intentó introducir un cemento de albañilería (mezcla de cemento portland, puzolana, escorias, cal hidráulica con piedras caliza, tiza, talco, arcilla, conchas marinas, entre otros), sin éxito. Con estos cementos las mezclas usuales 1:4 tuvieron resistencias a compresión 10 veces menores que las obtenidas con cemento Portland tipo I (San Bartolomé, 2018, pág. 65).

El cemento se comercializa en bolsa de 1 pie cubico de volumen y en peso sería de 42.5 kg. Se debe proteger de la humedad y almacenar en tarimas de maderas o parihuelas con un máximo de 10 bolsas por ruma. Existen 5 tipos de cementos siendo el más utilizado el tipo I o tipo IP (Abanto Castillo, 2017, págs. 143-144).

- ✚ Cemento Tipo I: Para un uso general, es decir donde no se requieren propiedades especiales.
- ✚ Cemento Tipo II: Para un uso general, además usado en edificaciones donde exista moderada resistencia al ataque de los sulfatos. Los sulfatos son sustancias que básicamente aparecen en aguas subterráneas o en los suelos y cuando entran en contacto con el concreto llegar a deteriorarlo.
- ✚ Cemento Tipo III: Se utiliza este tipo de cemento cuando se requieren altas resistencias a tempranas edades, Por ejemplo: Cuando se necesita desencofrar en un menor tiempo.
- ✚ Cemento Tipo IV: Cuando fragua produce bajo calor de hidratación, se recomienda generalmente para vaciados de grandes masas de concreto, por ejemplo: diques, represas, etc.
- ✚ Cemento Tipo V: Posee una alta resistencia al ataque de los sulfatos.

2.3.2.2 ARENA GRUESA O AGREGADO FINO

La arena gruesa debe estar libre de materia orgánica, sales, así como del polvo además debe de cumplir con la granulometría que se indica en la norma E.070. En el mercado se comercializa en m³ y en algunos casos por bolsas de 40 kg. es por ello que se recomienda adquirirlas de proveedores de garantía o que cuenten con alguna certificación, en obra se debe de almacenar en áreas limpias. La arena gruesa no debe humedecerse antes de usarla (Abanto Castillo, 2017, pág. 144).

Es óptimo que se use arena gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el taño de las partículas) esto con la finalidad de llenar los espacios vacíos con el material cementante, formando de esta manera un mortero denso y resistente a la intemperie. La norma E.070 indica en la Tabla 3 la granulometría requerida, similar a la norma ASTM D-75.

Según la norma: “No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas, el módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5 además el porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso sin embargo no deberá emplearse arena de mar” (E.070 Albañilería, 2006, pág. 16).

Tabla 3: Granulometría de la arena gruesa

TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente : (E.070 Albañilería, 2006, pág. 16)

En la presente investigación se utilizaron materiales de fácil accesibilidad por lo que se obtuvo agregado fino extraído de las Canteras de Chiguata, ubicadas en la carretera 34C ubicadas en las coordenadas 16° 23' 55" S (longitud) y 71° 21' 59" O (latitud).



*Ilustración 19: Cantera de Chiguata en vista satelital
Fuente: Google Maps*

2.3.2.3 AGUA

El agua debe ser potable es decir limpia, libre de sustancias deletéreas, álcalis, ácidos, así como de materia orgánica. El uso de agua de mar debe excluirse ya que por la cantidad de sales que contiene generaría eflorescencia en la unidad además corroería el refuerzo de acero en los elementos estructurales (E.070 Albañilería, 2006).

2.4 DIATOMITA

Las diatomitas o tierras de diatomeas son rocas sedimentarias, organogénicas y silíceas formadas por la acumulación de frústulas de diatomeas. Esta acumulación se produce en medios sedimentarios extensos y poco profundos, en los que el agua contiene abundantes nutrientes y sílice. Además, debe tratarse de medios protegidos de los aportes terrígenos, para que la acumulación sea suficientemente rica en los restos silíceos (INGEMMET, 2011, pág. 54).



*Ilustración 20: Cantera de Diatomita en Polobaya
Fuente: Elaboración Propia*

Para la realización de la presente tesis se obtuvo la Diatomita de la Mina: “Andrea I-88” en la provincia de Arequipa, distrito de Polobaya con localización Norte: 8163682 y Este: 251742.



Ilustración 21: Localización de la Mina Andrea de Diatomita en Polobaya

Fuente: Mapa de Estudios de Impacto Ambiental Arequipa - MINEM

La fuente de toda diatomita es un organismo fosilizado denominado diatomea (Coque, 1992, pág. 427).

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas, muy abundantes en casi todos los hábitats acuáticos, pudiendo encontrarse solitarias o formando colonias, en agua dulce o salobre de acuerdo con su especie; estas se originan en ambientes sedimentarios extensos y poco profundos, donde existe una lenta deposición de sedimentos clásticos, en los que el agua contiene abundantes nutrientes y sílice (INGEMMET, 2010).

Son prolíficas y microscópicas algas acuáticas unicelulares, de la clase Bacillariophyceae y del orden Bacillariae, que poseen dos valvas silíceas situadas dentro de la capa externa del plasma. El tamaño de la valva de la diatomea varía según la especie, aproximadamente

entre 5 y 10 μm de diámetro. Se han reconocido hoy en día unas 10.000 especies, en 200 géneros, tanto en agua dulce como marina.

Tiene además la capacidad de extraer sílice de su hábitat natural acuoso. Cuando el organismo muere se hunde dentro del medio acuoso, formando un sedimento de carácter orgánico. La descomposición del residuo orgánico deja paso a la acumulación de los caparazones silíceos, los cuales se van compactando para convertirse en depósitos potenciales de diatomita.

Cristalográficamente, la sílice diatomácea es amorfa, aunque la difracción de rayos X indica una cierta cristalinidad en la región del pico principal de la cristobalita. La pureza de los depósitos depende principalmente de la presencia de sustancias contaminantes disueltas en el agua, que actúa como medio de germinación y desarrollo de las algas diatomeas.



Ilustración 22: Diatomeas y Diatomita
Fuente: (INGEMMET, 2010)

La diatomita tiene unas propiedades físicas y químicas tales que le permiten aplicaciones que no son posibles para ningún otro tipo de material de base sílice. Su particular estructura, estabilidad química, baja densidad global, alta capacidad de adsorción, gran área superficial, capacitan al material para ser aplicable comercialmente como ayuda filtrante, material de relleno o de carga, aislante térmico, agente abrasivo y abrillantador, soporte en cromatografía, fuente de sílice reactiva y como un aditivo adecuado para otros numerosos usos industriales (Coque, 1992, pág. 427).

La diatomita posee características y propiedades tales como:

- Color blanco por lo regular, aunque pueden estar coloreadas.

- Baja densidad.
- Alta porosidad.
- Dureza (Mohs) 1.5 a 2.
- Capacidad abrasiva suave.
- Conductividad térmica muy baja.
- Alta resistencia a la temperatura.
- Área superficial 10 a 30 m²/g (la calcinación la reduce a 0.5 a 5 m²/g).
- Índice de refracción 1.40 a 1.46 (la calcinación la incrementa a 1.49).
- Químicamente inerte.

Tabla 4: Características físicas de las Diatomitas en algunos Yacimientos Peruanos

Tipo de yacimiento	LACUSTRE		MARINO	
	Ayacucho	Arequipa	Piura	Ica
Densidad real (g/cm ³)	2.22	2.12	2.26	2.51
Densidad Global (g/cm ³)	0.36	0.4	0.38	0.59
Porosidad total (%)	83.76	80.9	83.24	76.43
Superficie específica (Hg.m ² /g)	11.3	N.D.	13.5	7.3

Fuente: (INGEMMET, 2010)

Tabla 5: Composición química de Diatomitas en algunos Yacimientos Peruanos

Tipo de yacimiento	LACUSTRE			MARINO	
	Arequipa	Ayacucho	Tacna	Piura	Ica
SiO ₂	84.89	85.78	68.00	65.50	73.80
Al ₂ O ₃	2.62	2.71	8.15	2.00	9.70
Fe ₂ O ₃	1.04	1.22	3.00	1.30	3.00
CaO	0.94	0.64	2.00	9.60	2.90
MnO	0.03	0.01	0.56	-	-
MgO	0.50	0.55	2.57	3.30	1.20
TiO ₂	-	0.14	0.31	-	-
Na ₂ O	0.92	0.26	1.38	1.90	1.80
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.33	-	-
K ₂ O	0.58	0.39	1.45	0.50	1.30
PXC	7.34	8.29	11.20	14.75	4.66

PXC: Perdida por calcinación

Fuente: (INGEMMET, 2010)

2.4.1 COMPOSICION DE LA DIATOMITA

Estas formaciones organogénicas originadas en ambientes marinos, salobres y límnicos se componen según el origen de las diatomitas de materia orgánica, sílice, minerales de hierro, minerales de arcilla, calcita y material volcánico. El color de las diatomitas depende esencialmente del contenido de la sustancia orgánica y sílice.

La roca formada por estas frústulas es extremadamente porosa, mala conductora de calor y electricidad, y químicamente inerte; cuando seca es muy liviana, capaz de absorber y retener gran cantidad de líquidos con los cuales tiene grandes superficies de contacto. La dureza de la diatomita pura es de 1 y 1.5 de la escala de Mohs (INGEMMET, 2011, pág. 54).

La tabla a continuación muestra el análisis químico de la cantera de Diatomita situada en Pocsi-Polobaya (Arequipa) a 27 km en línea recta al sureste de la ciudad, con coordenadas 8167312N y 250475E; para ello se realizó un análisis químico a una muestra representativa extraída de la cantera, para determinar y cuantificar la composición química, así como también ensayos por difracción de rayos X (INGEMMET, 2010, pág. 47).

Tabla 6: Composición química de la Diatomita de Pocsi

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 %
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
Di-0007	85,3	3,57	1,1	0,2	0,52	0,51	0,28	0,15	0,02	0,02	<0,01	0,04	7,58

Peso específico 2.0 g/cm³ (la calcinación la incrementa a 2.3 g/cm³)

Fuente: (INGEMMET, 2010, pág. 47)

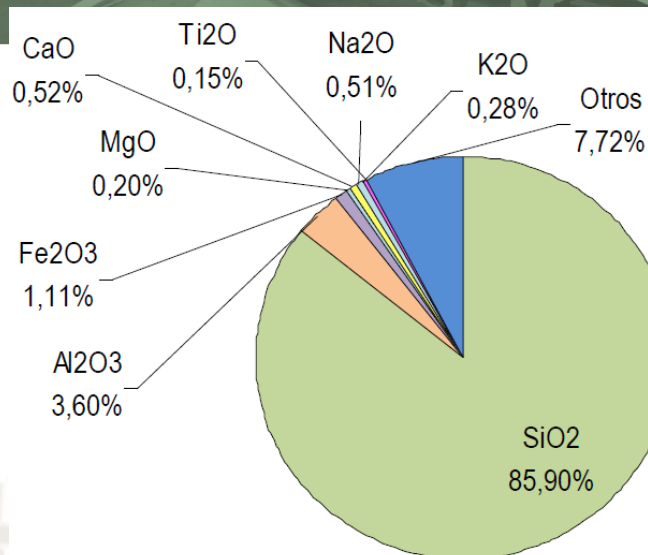


Ilustración 23: Composición porcentual química de la Diatomita de Pochi

Fuente: (INGEMMET, 2010, pág. 48)

Tabla 7: Resultados de análisis por difracción de rayos X

Muestra	Mineral	Fórmula	Porcentaje (%)
Di-0007	Amorfo		90,59
	Tridimita	SiO ₂	5,08
	Cuarzo	SiO ₂	2,06
	Anortita	(Ca,Na)(Al,Si) ₂ Si ₂ O ₈	1,91
	Yeso	CaSO ₄ .2H ₂ O	0,36

Fuente: (INGEMMET, 2010, pág. 48)

2.4.2 PRINCIPALES USOS DE LA DIATOMITA

El principal uso de la diatomita es como agente de filtración, clarificación y decoloración. Se emplea como medio filtrante en la clarificación de todo tipo de líquidos, orgánicos e inorgánicos, preparado en forma de losetas o placas en diferentes formas y con distintos grados de finura. Es usado en industrias azucareras, cervecera, de vinos y licores destilables, jugos de frutas y bebidas de toda clase, aceites vegetales, minerales, animales, grasas, ceras, lacas, para filtraciones bacteriológicas, etc. Para esto se requiere una estructura microscópica determinada, tamaño, mayor grado de pureza y completa inactividad ante las reacciones químicas, grado de finura, baja densidad y sobre todo alto grado de filtración, el que se aprecia por la claridad de filtrado.

Como material inerte se emplea en forma pulverizada, como agente absorbente de líquidos desinfectantes (absorbe de 150 a 200 veces su peso en agua, sin cambiar su forma), como portador de catalizadores en la industria química. Para ello requiere alto grado de pureza química, material y alto grado de inactividad, regulación de tamaño de partícula, estructura microscópica, grado de finura, poder de absorción, grado de acidez (pH).

Se utiliza como aislante térmico en forma de ladrillos y losetas en los hornos de pirometalurgia, manufactura del vidrio en hornos y varios equipos de cerámica, equipos generadores de gas, tuberías de vapor, calderas, equipos para tratamiento térmico, alambiques para refinación de aceites, instalaciones generales para frío o calor, etc.

Funciona como agente abrasivo en forma pulverizada en jabones y polvos limpiadores, pastas limpiadoras y pulidores para metales y vidrios, pastas y polvos dentales, etc.

Es usado a su vez como agregado para el concreto en materiales de construcción, empleándose en forma de bloques o pulverizados en cementos especiales resistentes al agua salada, enyesados, papel tapiz, entre otros.

Además, se la da un uso en la industria de los fertilizantes se utiliza para recubrir los nódulos de urea y nitrato de amonio, con la función de absorber el exceso de humedad y evitar que los nódulos se adhieran unos con otros, permitiendo el flujo del material (INGEMMET, 2011, págs. 56-57).

2.5 LIPARITA

Se le denomina también pumita o piedra pómez. Es una roca piroclástica porosa producto de erupciones volcánicas y se conoce también como ceniza volcánica o toba volcánica; se forman durante el enfriamiento violento de un magma ascendente de alta viscosidad, en cuya composición intervienen cuarzo y ferromagnesianos. Debido a su carácter vesicular, la piedra pómez tiene una densidad baja y porosidad alta. Estas características son la base para su valor comercial como agregados ligeros, aisladores, absorbentes y abrasivos.

En su estado natural se presenta suelta y sin consolidar, y en algunos casos cementada, formando depósitos superficiales o estratos que han sido cubiertos posteriormente como resultado de fenómenos geológicos. Lo más común es encontrarla en grandes mantos

acumulados en zonas relativamente planas y cubiertas por una capa de material eólico, depositado en largos períodos de tiempo.

Las lluvias de piedra pómez son comunes en las erupciones de tipo vesubiano, donde llegan a sepultar grandes extensiones de terreno e incluso pueden romper tejados al acumularse en gran número sobre ellos (INGEMMET, 2011, pág. 71).



Ilustración 24: Liparita extraída de Cantera

Fuente: Elaboración Propia

La densidad de la liparita es muy baja (0.7 a 1.1) y su porosidad es más alta que la mayoría de las rocas, la infinidad de dinos poro se produce debido a la desgasificación y descompresión que sufre la lava cuando es proyectada al aire (INGEMMET, 2010, pág. 74).

Para la presente investigación se ha obtenido el mineral Liparita de la cantera Cadasa ubicada en el distrito de Mariano Melgar (Arequipa); con coordenadas 818129N y 235987E.

De textura porosa, color gris claro, de bajo peso específico y de dureza baja presenta formas de subangulares a subredondeadas, que varían en tamaño desde unos pocos centímetros hasta los 0.4 m. Conformado por cenizas volcánicas y arcillas limo-arenosa, pertenecientes a los depósitos piroclásticos reciente de la unidad estratigráfica Estrato Volcán Misti.

Su explotación es artesanal y selectiva, y se realiza tanto a tajo abierto como en galerías, aprovechando la poca coherencia del material (INGEMMET, 2010, pág. 74).



Ilustración 25: Cantera Cadasa en Mariano Melgar

Fuente: (INGEMMET, 2010, pág. 74)

2.5.1 COMPOSICIÓN DE LA LIPARITA

La piedra pómez, pumita o liparita es una materia prima mineral de origen volcánico (piroclástico), en cuya composición intervienen mayoritariamente la sílice y la alúmina, con porcentajes aproximados del orden de: 70% de SiO_2 y 13% de Al_2O_3 . La liparita es ligera (cuya densidad oscila entre 0.4 y 0.9 g/cm^3), eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas. Por ser considerada una puzolana natural de bajo coste, la piedra pómez es un ingrediente importante en la elaboración del cemento Portland, aumentando su durabilidad química (resistencia frente al ataque por las aguas puras, carbónicas, agresivas o ligeramente ácidas).

La tabla a continuación muestra el análisis químico de la cantera de Liparita situada en Mariano Melgar (Arequipa); para ello se realizó un análisis químico a una muestra representativa extraída de la cantera, para determinar y cuantificar la composición química, así como también ensayos por difracción de rayos X (INGEMMET, 2010, pág. 47).

Tabla 8: Resultado del análisis químico 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
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Pp-0012	59,5	16,6	5,71	2,56	5,19	3,84	2,19	0,72	0,25	0,09	< 0,01	0,02	2,23

Peso específico 1.35 g/cm³

Fuente: (INGEMMET, 2010, pág. 75)

2.5.2 PRINCIPALES USOS DE LA LIPARITA

En el tratamiento de las aguas servidas se utiliza como filtro. En construcción se emplea como agregado para la fabricación de bloques de concreto liviano. La piedra pómez es popular en la elaboración de concreto ligero. Es la materia prima ideal para el material de un buen muro porque es porosa, ligera, dura (relativo a la solidez del grano) y no inflamable. Asimismo, se usa en la limpieza de superficies delicadas en construcción civil y monumental, tales como estucos, esgrafiados, bajorrelieves, y de forma general todas aquellas superficies que requieren un tratamiento suave. Se aplica también a superficies metálicas para matizado muy leve. En la horticultura se emplea en cultivos diversos y en invernaderos; es un gran complemento para el suelo además provee porosidad para la aereación y al mismo tiempo retiene el agua en el área, permitiendo que las plantas se mantengan verdes y saludables por periodos más prolongados entre lluvias o riegos. Asimismo, se utiliza en la elaboración de polvos abrasivos para la industria farmacéutica, odontológica y distintos procesos químicos, y en la industria textil para el lavado de telas (INGEMMET, 2011, pág. 72).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA Y ENSAYOS

3.1 MATERIAL DE ESTUDIO

3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Es necesario conocer las propiedades de las unidades, con la finalidad de obtener la resistencia de la unidad, así como la durabilidad que tendrá ante los efectos del intemperismo.

Las propiedades de la unidad que están relacionadas con la resistencia de la albañilería son:

- ✓ Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f'_b)
- ✓ Variación Dimensional
- ✓ Medida de Alabeo
- ✓ Succión

Mientras que las propiedades de la unidad relacionada con la durabilidad de la albañilería son:

- ✓ Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f'_b).
- ✓ Densidad
- ✓ Eflorescencia
- ✓ Absorción y el coeficiente de absorción.

La Norma Técnica Peruana (INDECOPI) que deben emplearse para determinar estas propiedades es “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” (*NTP 399.613, 2017*)

3.1.2 MUESTRA

La muestra seleccionada para la presente investigación es el ladrillo tanto artesanal como mecanizado, el artesanal elaborado en la ladrillera del distrito de Mollebaya (Arequipa) y el mecanizado elaborado en la Variante de Uchumayo (Arequipa) estas muestras han sido seleccionadas de acuerdo al criterio de mayor presencia en el mercado, la técnica aplicada en su fabricación, la ubicación estratégica y la materia prima utilizada.

Cumpliendo con los criterios establecidos según lo señala la *NTP 399.613 (2017)*:

Tabla 9: Número de especímenes a ensayar para las unidades de albañilería

LADRILLERAS	ENSAYOS	Nº de Unidades Mínimas	Nº de Unidades Ensayadas
ARTESANAL (A) YANQUI- MOLLEBAYA	Variación Dimensional	10	10
	Medida del Alabeo	10	10
	Eflorescencia	10	10
	Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f'_b)	10	10
	Absorción, Absorción Máxima y Coeficiente de Saturación	5	5
	Succión	5	5
	Densidad	5	5
MECANIZADA (A) YANQUI- MOLLEBAYA	Variación Dimensional	10	10
	Medida del Alabeo	10	10
	Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f'_b)	10	10
	Absorción	5	5
MECANIZADA (B) EL DIAMANTE	Variación Dimensional	10	10
	Medida del Alabeo	10	10
	Eflorescencia	10	10
	Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería (f'_b)	10	10
	Absorción, Absorción Máxima y Coeficiente de Saturación	5	5
	Succión	5	5
	Densidad	5	5
Total (Σ)		145	145

Fuente: Elaboración Propia

Cumpliendo con los criterios establecidos según lo señala la NTP 399.605 (2018) y con la NTP 399.621 (2015):

Tabla 10: Numero de especímenes para la Albañilería simple con Diatomita

LADRILLERAS	ADICION DE MINERAL			Nº de Unidades Mínimas	Nº de Unidades Ensayadas	Nº de Diseños	Total
	DIATOMITA						
	5%	10%	15%				
ARTESANAL (A) YANQUI- MOLLEBAYA	Resistencia a la compresión: Ensayos en pilas (f'_m)			3	9	3	27
	Resistencia al corte: Ensayos en muretes (v'_m)			3	3	1	3
MECANIZADA (B) EL DIAMANTE	Resistencia a la compresión: Ensayos en pilas (f'_m)			3	9	3	27
	Resistencia al corte: Ensayos en muretes (v'_m)			3	3	1	3
Total (Σ)				12	24	8	60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Numero de especímenes para la Albañilería simple con Diatomita y Liparita

LADRILLERAS	ADICION DE MINERAL DIATOMITA + LIPARITA			N° de Unidades Mínimas	N° de Unidades Ensayadas	N° de Diseños	Total
	5%	10%	15%				
	ARTESANAL (A) YANQUI- MOLLEBAYA	Resistencia a la compresión: Ensayos en pilas (f'_m)					
Resistencia al corte: Ensayos en muretes (v'_m)			3	3	1	3	
MECANIZADA (B) EL DIAMANTE	Resistencia a la compresión: Ensayos en pilas (f'_m)			3	9	3	27
	Resistencia al corte: Ensayos en muretes (v'_m)			3	3	1	3
Total (Σ)				12	24	8	60

Fuente: Elaboración propia

Cumpliendo con los criterios establecidos según lo señala la NTP 334.051 (2018):

Tabla 12: Número de especímenes para el Mortero

MORTERO	ADICION DE MINERAL			N° de Datos Mínimo	N° de Datos Ensayados	N° de Diseños	Total
	5%	10%	15%				
DIATOMITA	Resistencia a la compresión, Ensayo de Compresión del Mortero (f'_c)			6	18	3	54
DIATOMITA + LIPARITA	Resistencia a la compresión, Ensayo de Compresión del Mortero (f'_c)			6	18	3	54
Total (Σ)				12	36	6	108

Fuente: Elaboración propia

3.2 MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA

3.2.1 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, que poseen mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Casabonne, 2005, pág. 116).

Es necesario efectuar esta prueba para determinar la junta de albañilería, se hace notar que por cada incremento de 3 mm de espesor de las juntas horizontales (adicionales a lo requerido que es de 10 mm) la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; así mismo disminuye la resistencia al corte (San Bartolomé, 2018, pág. 57).

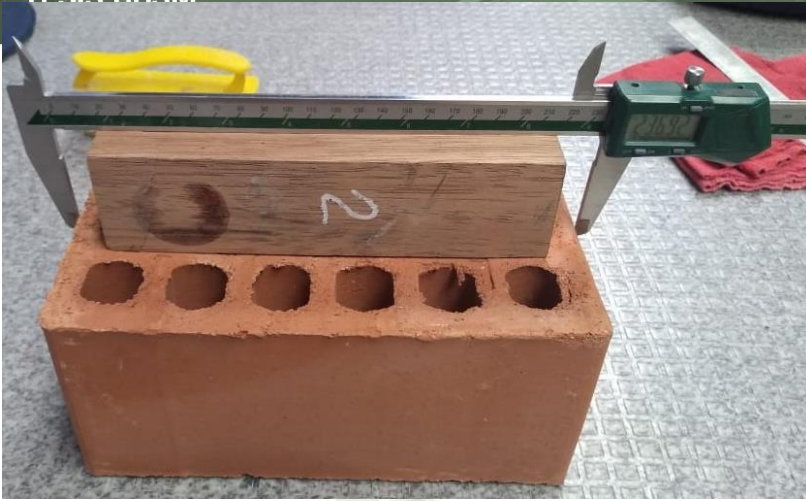


Ilustración 26: Medida de las dimensiones de ladrillo de arcilla usando el Vernier

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1 APARATOS

Se medirán las unidades individualmente con una regla de acero graduada, de 30 cm, con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, y que tenga cabezales paralelos. Para medir ladrillos, bloques de albañilería o tejas de mayor dimensión se usarán reglas de acero o calibradores de aproximación y tamaño requeridos (INACAL, 2017, pág. 20).

3.2.1.2 PROCEDIMIENTO

Medir diez unidades enteras y secas. Estas unidades deben ser representativas de cada lote, y deben incluir los extremos de los rangos de color y tamaño, según se determina por una inspección visual del cargamento (los mismos especímenes pueden ser usados para determinar la eflorescencia y otras propiedades) (INACAL, 2017, pág. 20).

3.2.1.3 MEDIDAS INDIVIDUALES

Medir el ancho y largo a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y registre como ancho el promedio de las medidas, con una aproximación de 0.5 mm. Medir la altura a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm, y registrar como altura su promedio con una aproximación de 0.5 mm. Repetir el ensayo con el mismo método cuando sea necesario (INACAL, 2017, pág. 20).

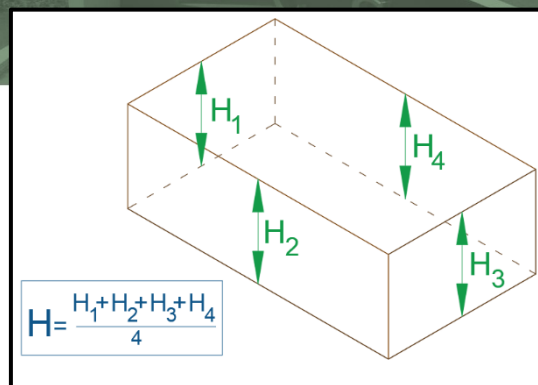


Ilustración 27: Altura de la Unidad de Albañilería

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.4 FORMULA:

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

Donde:

$V(\%)$: Variación Dimensional

D : Dimensión de cada arista del espécimen (L , b y h) se va calcula el promedio de las 4 medidas (en mm) a partir de la mitad de cada una de las caras de la unidad.

Dp : Valor promedio de cada arista medida.

De : Valor especificado o dado por el fabricante.

3.2.2 ENSAYO DE ALABEO

La medida del alabeo es importante ya que cuanto mayor sea su valor (concavidad o convexidad) en la unidad conducirá a un mayor espesor en la junta. Asimismo, puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad debido al peso existentes en las hiladas superiores de la albañilería (San Bartolomé, 2018, pág. 58).

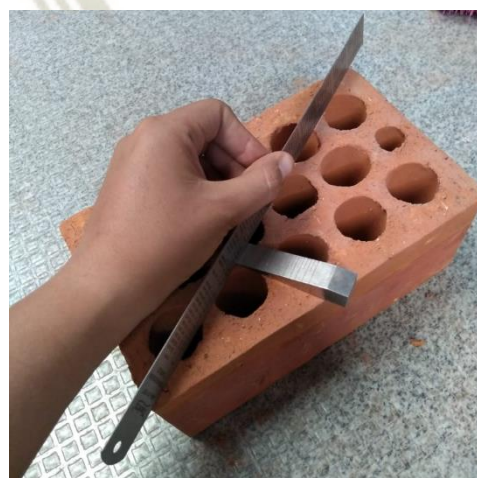
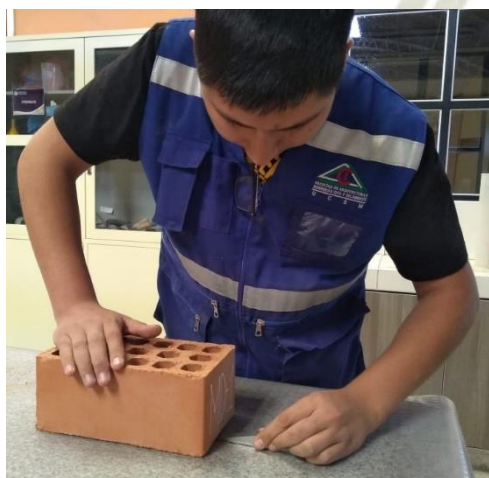


Ilustración 288: Medida del Alabeo

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.1 APARATOS

Se utilizará una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm o, alternativamente, una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12.5 mm de ancho y 12.5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose a partir de una línea a 12.5 mm de ese extremo, hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña debe estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm, una superficie plana, una escobilla de cerdas suaves además usar como especímenes diez unidades seleccionadas para determinar el tamaño (INACAL, 2017, pág. 21).

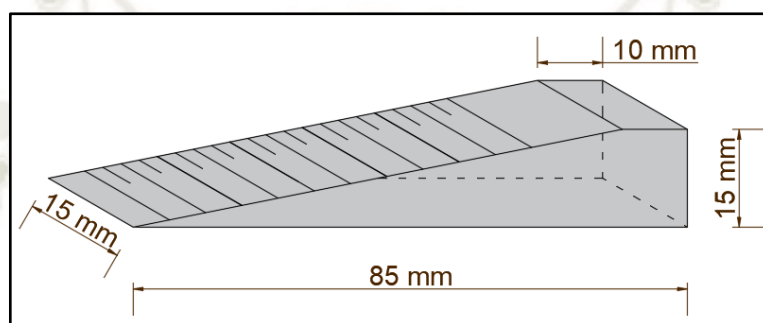


Ilustración 29: Cuña usada para medir el alabeo

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.2 PROCEDIMIENTO

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, colocar la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que se desvíe en mayor medida de una línea recta. Escoger la distancia mayor desde la superficie del espécimen hasta la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con aproximación a 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie.

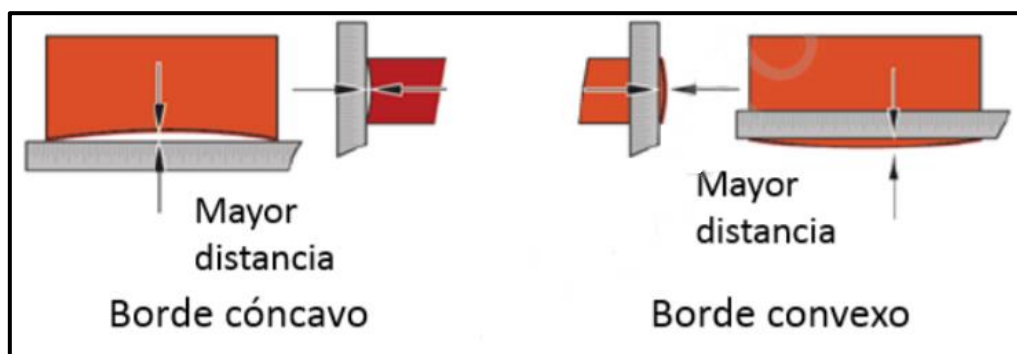


Ilustración 30: Medida del Alabeo – borde cóncavo y convexo

Fuente: (INACAL, 2017, pág. 22)

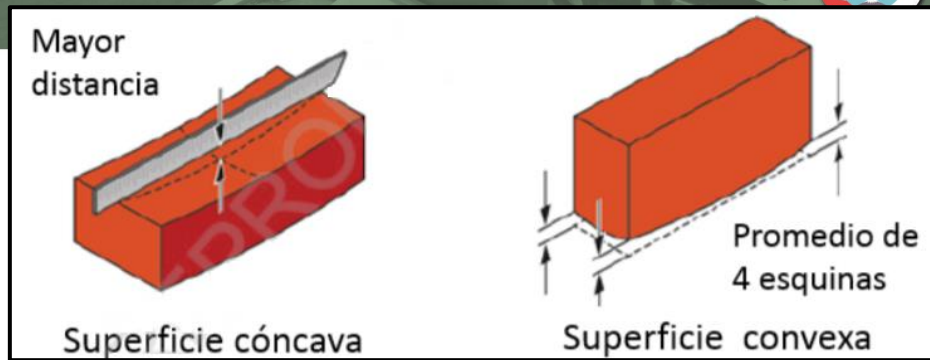


Ilustración 31: Medida del alabeo – superficie cóncava y convexa

Fuente: (INACAL, 2017, pág. 22)

Para medir la distorsión de un borde cóncavo se debe colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Se selecciona la mayor distancia desde el borde del espécimen hasta la varilla con borde recto. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con aproximación a 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava del borde.

En el caso de medir la distorsión de una superficie convexa, se coloca el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o la cuña, medir la distancia con aproximación a 1 mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las cuatro medidas como la distorsión convexa del espécimen.

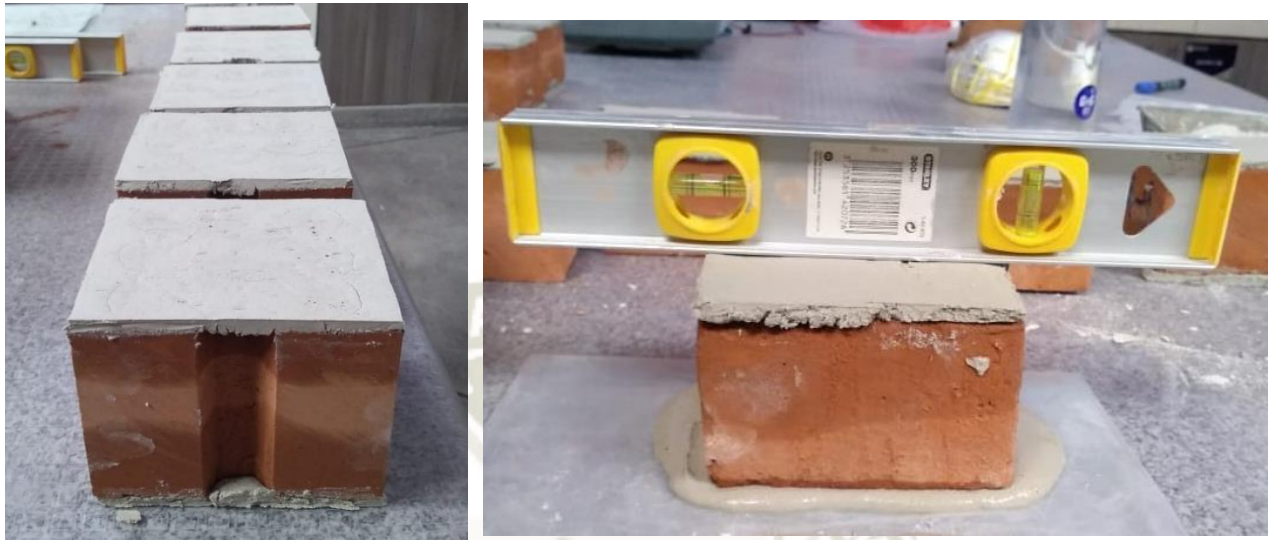
Finalmente, cuando se trate de hallar la distorsión un borde convexo, colocar la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Seleccionar la mayor distancia entre el borde del espécimen y la varilla. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con una aproximación a 1 mm y registrarla como la distorsión convexa del borde (INACAL, 2017, págs. 22-23).

3.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El cálculo de la resistencia a compresión antigua (Norma E.070 de 1982) trabajan con el área neta de la unidad (área bruta menos el área de los huecos). Ello daba paso a que las fabricas produzcan unidades huecas, con lo que se elevaba ña resistencia a la compresión. En la actualidad la resistencia se calcula con el área bruta, con lo que dichas unidades huecas clasifican en un rango inferior esto debido a que son muy frágiles.

Los especímenes para medir la resistencia a la compresión son medias unidades secas, sobre cuya superficie de asiento se coloca capping de yeso; de acuerdo con la Norma

E.070 la resistencia característica f'_b se halla restando el promedio de las resistencias menos una desviación estándar esto con la finalidad que por lo menos 84% de las unidades ensayadas tengan una resistencia mayor al valor característico (f'_b) (San Bartolomé, 2018, págs. 58-59).



*Ilustración 32: Colocación del Capping de yeso sobre las unidades de albañilería
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 33: Ensayo de Compresión de Semi-unidades
Fuente: Elaboración Propia*

3.2.3.1 ESPECIMEN Y REFRENTADO

Se ensayarán medias unidades secas y enfriada, con la altura y el ancho total de la unidad original, y longitud igual a la mitad de la longitud total de la unidad ± 25 mm. Se deben ensayar cinco especímenes.

Para el refrentado con yeso se debe de cubrir las dos caras opuestas de contacto del espécimen con una capa delgada de yeso calcinado, que ha sido esparcida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana, suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso. Se dejará reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes (INACAL, 2017, pág. 6).

3.2.3.2 PROCEDIMIENTO

Se debe ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (es decir, la carga deberá ser aplicada en la dirección perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo), además la máquina de ensayo debe satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifican en la norma ASTM E4. El apoyo superior debe ser un bloque metálico endurecido, asentado y fijado firmemente en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera debe alinearse con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen (INACAL, 2017, pág. 7).

3.2.3.3 FORMULA

Se realiza el cálculo y reporte de la resistencia a la compresión de cada espécimen con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

C: Resistencia a la compresión del espécimen (*kgf/cm²*).

W: Máxima carga indicada por la máquina de ensayo (*kgf o N*)

A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen (*cm²*).

3.2.4 ENSAYO DE SUCCIÓN

El ensayo de succión emplea unidades secadas al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en su estado natural cuando se realizan estos ensayos para evaluar el grado de succión para un proceso constructivo.

Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (*V₁*, en *cm³*) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una

parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V_2 , en cm^3) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm^2 , se obtiene como: $\text{SUCCION} = 200 (V_1 - V_2) / A$, expresada en $\text{g}/200 \text{ cm}^2 - \text{min}$, donde “A” es el área bruta (en cm^2) de la superficie de asiento de la unidad (SENCICO, 2005, pág. 44).



Ilustración 34: Medición de Succión en unidades mecanizadas

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 35: Medición de Succión en unidades artesanales

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.1 EQUIPOS

Bandejas y recipientes para agua con una profundidad no menor de 13 mm, y ser de un largo y ancho tales que la superficie de agua no sea menor de 2000 cm²; la base de la bandeja deberá ser plana cuando está apoyada apropiadamente, de tal manera que un área de no menos de 200 mm de largo y 150 mm de ancho esté nivelada cuando se ensaye con nivel de burbuja. Los medios adecuados para controlar que el nivel de agua esté sobre la superficie superior de los apoyos del ladrillo dentro de los 0.25 mm, incluye los dispositivos para agregar el agua a la bandeja con la rapidez correspondiente a la velocidad de remoción por el ladrillo que está siendo ensayado. Se deben ensayar cinco ladrillos enteros (INACAL, 2017, págs. 14-15).

3.2.4.2 PROCEDIMIENTO

Secar y enfriar los especímenes de ensayo, ajustar la posición de la bandeja del ensayo de absorción de tal manera que el fondo de la misma esté nivelado cuando se ensaye, comprobado con nivel de burbuja, y fijar el ladrillo referencial saturado encima de los soportes se agrega agua hasta que el nivel de la misma sea de 3.18 mm ± 0.25 mm sobre los soportes. Cuando el espécimen de referencia sea retirado, colocar el ladrillo de ensayo en una superficie plana, contando como tiempo cero el momento en que el ladrillo haga contacto con el agua. Durante el periodo de contacto, 1 min ± 1 s, se mantendrá el nivel de agua dentro de los límites prescritos agregando agua si se requiere. Al final del tiempo de 1 min ± 1 s, retirar el espécimen, secar el agua superficial con un paño húmedo, y volver a pesarlo con aproximación a 0.5 g. El secado del agua superficial se debe hacer dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min (INACAL, 2017, págs. 16-17).

3.2.4.3 FORMULA

La diferencia en el peso (g) entre el peso inicial y final, es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) de la superficie plana no difiere en más de ± 2.5 % de 200 cm², reportar el incremento de peso de cada espécimen con una aproximación a 0.1 g, denominándolo como el índice inicial de absorción en un minuto; en caso difiera en más de ± 2.5 % de 200 cm², calcular el peso equivalente a 200 cm², mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0.1 g (INACAL, 2017, pág. 17).

$$X = \frac{200W}{LB}$$

Donde:

X : Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm².

W : Diferencia de pesos del espécimen (g).

L : Longitud del espécimen (cm).

B : Ancho del espécimen (cm).

3.2.5 ENSAYO DE ABSORCIÓN

Se mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante 24 horas.



Ilustración 36: Muestra sumergida en agua 24 horas

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.1 PROCEDIMIENTO

Secar y enfriar los especímenes de ensayo y pesar cada uno de ellos; en la parte de saturación se sumerge el espécimen seco y enfriado, sin inmersión parcial previa, en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura de entre 15.5 °C a 30 °C durante el tiempo especificado (24 h). Se retira el espécimen, se limpia el agua superficial con un paño y finalmente se pesa. Se debe pesar todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua (INACAL, 2017, pág. 8).

3.2.5.2 FORMULA

Se calcula la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción (\%)} = 100 (W_s - W_d) / W_d$$

Donde:

W_d : Peso seco del espécimen.

W_s : Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

3.2.6 ENSAYO DE DENSIDAD Y VOLUMEN



*Ilustración 37: Ensayo de Densidad – Unidades sumergidas en agua en ebullición
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 38: Peso de la unidad sumergida en agua fría
Fuente: Elaboración Propia*

3.2.6.1 APARATOS

Una balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0.5 g, un recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas una hornilla con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110 °C y 115 °C. Los especímenes deben ser los mismos cinco utilizados en el ensayo de absorción de 5 horas y 24 horas de sumersión en agua fría (INDECOPI, 1978, pág. 4).

3.2.6.2 PROCEDIMIENTO

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire, manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas. Se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 5 h en ebullición.

Se pesa el espécimen sumergido (G_2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido. Se retira el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa (G_1).

3.2.6.3 FORMULA

El volumen del espécimen será:

$$V = G_1 - G_2$$

Donde:

V : Es el volumen (cm^3)

G_1 : Es la masa del espécimen saturado (5 horas de ebullición), en gramos.

G_2 : es la masa del espécimen saturado sumergido (g)

La densidad será:

La densidad será:

$$D = \frac{G_3}{V}$$

En donde:

D : Es la densidad del espécimen (g/cm^3)

G_3 : es la masa del espécimen seco (g)

3.2.7 ENSAYO DE EFLORESCENCIA

La eflorescencia se debe a la presencia de sales (sulfatos) en la misma unidad o en la arena del mortero; en el caso de la unidad el ataque químico afecta su durabilidad, la adherencia con el mortero y destruye su superficie. Se produce cuando las sales se derriten al entrar en contacto con el agua y afloran por los poros ya sea del mortero o del ladrillo hacia la superficie.



Ilustración 39: Eflorescencia en unidades mecanizadas

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 40: Eflorescencia en unidades artesanales

Fuente: Elaboración Propia

3.2.7.1 APARATOS

Bandeja hecha de metal resistente a la corrosión u otro material que no genere sales solubles al ponerse en contacto con agua destilada que contenga cenizas de ladrillo. Las bandejas deben ser de dimensiones tal que proporcione no menos de 25.4 mm de profundidad de agua. La bandeja deberá proveer un área tal que el total del volumen de agua sea grande en comparación con la cantidad de agua evaporada cada día, se dispondrá de un aparato adecuado para mantener un nivel constante de agua en la bandeja.

Los especímenes deben de consistir de en diez ladrillos enteros. Los diez especímenes se distribuirán en cinco pares, de tal manera que los especímenes de cada par tengan la misma apariencia tanto como sea posible (INACAL, 2017, pág. 19).

3.2.7.2 PROCEDIMIENTO

Colocar un espécimen de cada uno de los cinco pares, con un extremo parcialmente sumergido en agua destilada en aproximadamente 25.4 mm, por 7 días en el cuarto de secado. Cuando varios especímenes se ensayan en el mismo contenedor, separar cada uno de los especímenes con un espaciamiento no menor de 50.8 mm.

Almacenar el segundo espécimen de cada uno de los cinco pares en el cuarto de secado, sin contacto con el agua. Al terminar los siete días inspeccionar el primer conjunto de especímenes y luego secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas (INACAL, 2017, pág. 19).

3.2.7.3 CLASIFICACIÓN

Después de secado, examinar y comparar cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen, desde una distancia de 3 metros, bajo una iluminación de 538.2 lm/m², según un observador de visión normal. Si ninguna diferencia es notoria bajo estas condiciones, indicar la clasificación como “No eflorescente”. Si se observa una diferencia perceptible debido a la eflorescencia bajo estas condiciones, indicar la clasificación como “Eflorescente”. Registrar el aspecto y distribución de la eflorescencia (INACAL, 2017, pág. 20).

3.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas. Para el agregado fino la cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g como mínimo (INDECOPI, 2001, págs. 3-4).



Ilustración 41: Análisis granulométrico del agregado fino (Chiguata)

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1 INSTRUMENTOS

Se usarán balanzas con exactitud y aproximación para agregado fino de 0.1 g; tamices montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado cumpliendo con la NTP 350.001 además un agitador mecánico que impartirá un movimiento vertical al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. La acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado dentro de un periodo de tiempo razonable (INDECOPI, 2001, págs. 3-4).

3.3.2 PROCEDIMIENTO

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ luego seleccionamos los tamices requeridos para hacer el ensayo, vertimos el contenido en los tamices ordenados previamente de forma descendente de mayor a menor abertura luego se procede a colocarlos en el tamizador mecánico alrededor de 10 minutos, una vez

finalizado el proceso se retira, se va pesando el material retenido en cada malla considerando el fondo además y se pasa al proceso de cálculo.

3.3.3 CÁLCULO

Se calcula el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la *NTP 400.018*, incluir la masa de material más fino que la malla de 75 μm (N° 200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la *NTP 400.018*, como base para calcular todos los porcentajes.

Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4) (INDECOPI, 2001, pág. 9).

3.4 MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS

El ensayo de compresión del mortero consiste en la preparación de pequeños cubos de 5 cm de lado, vaciados en moldes metálicos, curados en agua y ensayados a los 3, 7 y 28 días; se realizará con la finalidad de controlar la calidad del mortero, mediada a través de la dispersión de resultados, ya que la adherencia unidad-mortero es más de mayor relevancia.

A parte que los esfuerzos de compresión producidos por la carga de gravedad en los edificios de mediana altura son pequeños. Los moldes no reflejan las condiciones reales que se producen en la junta como son la interacción ladrillo-mortero, la pérdida de agua en el mortero debido a la succión de la unidad, el espesor de la junta (debido a que a una menor altura mayor resistencia) y la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayo (San Bartolomé, 2018, págs. 70-71).



Ilustración 42: Elaboración de dados de mortero

Fuente: Elaboración Propia

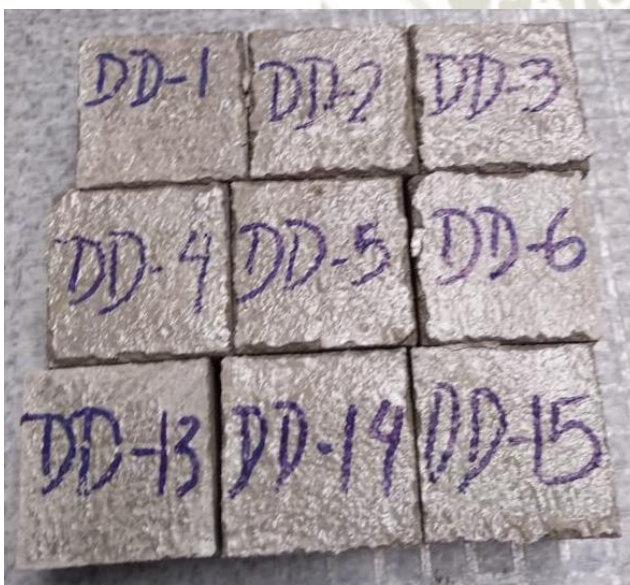


Ilustración 43: Ensayo de compresión de dados de mortero

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1 MÉTODO Y PROCEDIMIENTO

La norma NTP 334.051 se aplica para determinar la resistencia a la compresión de cementos Pórtland y otros morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm, y los resultados pueden ser usados para verificar el cumplimiento de requisitos.

La resistencia a la compresión en morteros de cemento Pórtland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50 mm de lado, preparados con mortero consistente de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena dosificados en masa.

Los especímenes cúbicos de 50 mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde

e inmersos en agua hasta su ensayo, se debe tener en cuenta que a las caras interiores de los moldes y a la placa de base se les debe aplicar una capa delgada de aceite mineral o de grasa lubricante ligera.

La relación agua/cemento para todos los cementos Pórtland debe ser de 0.485; las cantidades de los materiales a ser mezclados en un solo tiempo en una tanda de mortero para elaborar 6 y 9 especímenes de ensayo será tal como sigue (INACAL, 2018, págs. 9-11):

Tabla 13: Dosificaciones para la elaboración de dados de mortero

Materiales	Número de especímenes	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035
Agua (cm ³):		
- Pórtland (agua/cemento) (0,485)	242	359
- Pórtland con aire incorporado (agua/cemento) (0,460)	230	340
- Otros (para flujo de 110 ± 5)	--	--

Fuente: (INACAL, 2018, pág. 11)

Se prepara el mortero mezclando mecánicamente y después de verterlo en los moldes se completa la consolidación por apisonado manual, inmediatamente terminada la operación de llenado, colocar los especímenes de ensayo en la cámara húmeda o cuarto de curado y mantener todos los especímenes en sus moldes hasta el día siguiente que se desmoldan y se colocan en la poza de curado retirándolos para su ensayo de compresión a los días especificados considerando secar cada espécimen a la condición superficialmente seca, y retirar los granos de arena desprendidos o las incrustaciones de las caras que van a estar en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo. Verificar por medio de una regla, que éstas sean perfectamente planas, se aplica la carga a las caras de los especímenes que estaban en contacto con las superficies planas del molde. Colocar cuidadosamente el espécimen, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo, y se comprueba que el bloque esférico pueda inclinarse libremente en cualquier dirección (INACAL, 2018, págs. 16-19).

3.4.2 CÁLCULOS

Se notar la carga máxima total indicada por la máquina de ensayo y calcular la resistencia a la compresión como sigue:

$$f_c = P/A$$

Donde:

f_c : Resistencia a la compresión en kgf/cm^2

P : Carga máxima total en kgf

A : Área de la superficie de carga en mm^2

3.5 MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

En la Norma E.070 exige la elaboración de prismas pequeños de albañilería llamados pilas construidos bajo las condiciones con que se edificaran los muros reales. El ensayo de pilas nos ayuda a determinar: la resistencia característica a la compresión (f'_m) de la albañilería, esto con la finalidad de predecir los niveles de resistencia de un muro real.

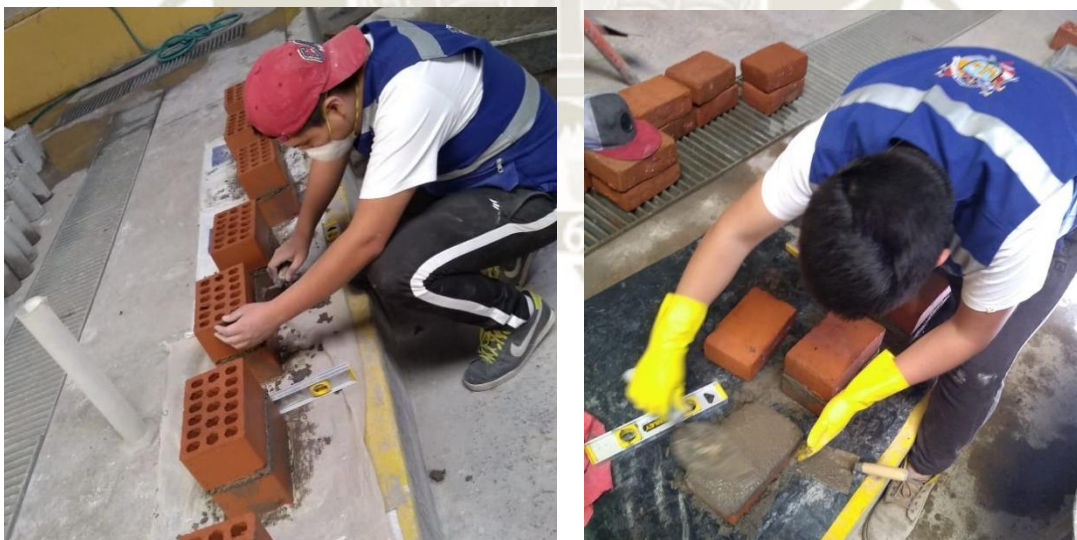


Ilustración 44: Elaboración de pilas con ladrillos mecanizados y artesanales

Fuente: Elaboración Propia

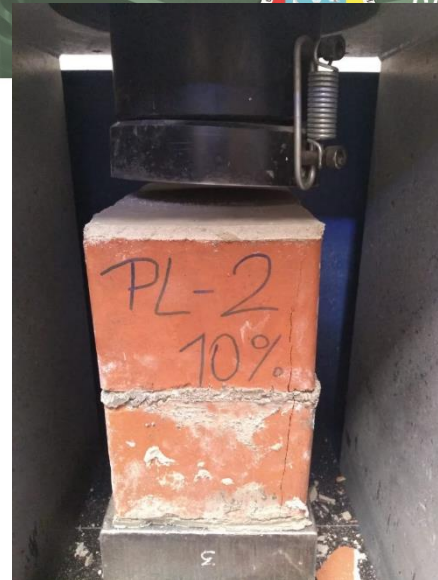


Ilustración 45: Elaboración de capping y ensayo a compresión de la pila

Fuente: Elaboración Propia

3.5.1 ELABORACIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

Se construirá una muestra de prismas para cada combinación de materiales y cada edad de ensayo a la cual se requiere determinar la resistencia en compresión de la albañilería, estos se elaborarán en una base plana y nivelada y en un lugar libre de humedad donde permanecerán sin perturbaciones hasta que se transporten para su ensayo.

Los prismas son elaborados con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre la otra), se colocarán las unidades en el prisma en la misma posición usada en la correspondiente construcción. Donde la construcción correspondiente es de multi-Wythe de albañilería con Wythes compuesto de diferentes unidades o morteros, construir prismas representativos de cada diferente Wythe y analizarlos por separado (INACAL, 2018, pág. 6).



Ilustración 46: Construcción de prismas de albañilería

Fuente: (INACAL, 2018, pág. 6)

Se fabricarán los prismas de albañilería con capas completas de mortero, colocando mortero en todo el perímetro y en las almas interiores de las unidades huecas. Se utilizará el espesor de junta de mortero y el método de posicionar y alinear la unidad que sean representativos de la correspondiente construcción. Se fabricarán los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto - espesor, h_P/t_P , entre 1.3 y 5.0 donde (h_P es altura del prisma y t_P la menor de las dimensiones laterales de la pila).

3.5.2 INSTRUMENTOS

Se usará una máquina de ensayo a compresión por lo que se debe limpiar las caras de carga de los platos de la máquina, las placas de apoyo y el prisma de ensayo. Se coloca el prisma de ensayo sobre el plato de carga inferior o placa de apoyo; alinear ambos ejes centroidales del espécimen con el centro de aplicación de carga de la máquina; para prismas contruidos, aplicar una carga inicial al prisma a una velocidad conveniente hasta alcanzar la mitad de la carga total esperada. Se aplica la carga remanente a una tasa uniforme en no menos que 1 y no más de 2 min (INACAL, 2018, pág. 15).

3.5.3 CÁLCULOS

Para el cálculo de la resistencia de cada prisma de albañilería se divide la carga de cada prisma de la compresión máxima soportada sobre su área bruta de sección transversal.

Se calculará para cada prisma la relación h_P/t_P entre la altura (t_P) y la menor dimensión lateral (h_P) de ese prisma. Se hallará el factor de corrección mediante el uso de la Tabla 13; para valores de h_P/t_P intermedios, el factor de corrección se calculará mediante interpolación lineal de los valores misma tabla. Se determina el factor de corrección correspondiente por interpolación lineal entre los valores dados.

Tabla 14: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

h_P/t_P^A	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Factor de corrección	0,75	0,86	1,0	1,04	1,07	1,15	1,22

^A h_P/t_P Relación de la altura del prisma y las medidas menores laterales del prisma

Fuente: (INACAL, 2018, pág. 16)

Se multiplica la resistencia del prisma de albañilería (f_m) por el factor de corrección del prisma correspondiente y calculamos la resistencia a la compresión de albañilería, para cada conjunto de prismas promediando los valores obtenidos.

3.6 MÉTODOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

El ensayo de compresión diagonal en los muretes de albañilería nos sirve para determinar la resistencia característica a corte puro (v'_m).



Ilustración 47: Elaboración de muretes con unidades mecanizadas y artesanales
Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 48: Ensayo a compresión diagonal de muretes con unidades mecanizadas y artesanales

Fuente: Elaboración Propia

3.6.1 EQUIPOS

La máquina de ensayo deberá tener suficiente capacidad de carga en compresión y proveerá la velocidad de carga, además de ser capaz de aplicar la carga continuamente, sin intermitencias y sin impacto. Cumplirá con los requisitos de las secciones de cálculos e informe de la ASTM E4. Se deberán utilizar dos escuadras de carga de acero para aplicar la carga de la máquina al espécimen. La longitud de apoyo no será mayor que la altura de la unidad de albañilería o 152 mm (INACAL, 2015, pág. 4).



Ilustración 49: Escuadras de Carga

Fuente: Elaboración Propia

Los especímenes serán muretes cuadrados con una dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, abarcando por lo menos dos unidades enteras de albañilería por hilada, por el espesor del tipo de muro que está siendo ensayado. Los ensayos se harán en por lo menos tres muretes iguales, construidos utilizando en toda la misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra; después de la elaboración de los muretes no deberán ser movidos por lo menos durante 7 días. Serán almacenados al aire en el laboratorio por no menos de 28 días, a una temperatura de $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$, una humedad relativa entre 25 % y 75 %, y libres de corrientes de aire (INACAL, 2015, págs. 4-5).

3.6.2 PROCEDIMIENTO

Se ubican las escuadras de carga superior e inferior de manera que estén centradas en las respectivas superficies de carga de la máquina de ensayo; luego sentar el espécimen en una posición centrada y a plomo sobre una cama de material de refrentado de yeso, colocada en la escuadra inferior de carga. Se aplicará la carga en forma continua hasta la carga última. La carga se puede aplicar a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo esperado, después de lo cual se ajustarán los controles del equipo de

manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto, o a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.

3.6.3 CÁLCULOS

El esfuerzo cortante en los muretes (v_m) sobre la base del área bruta de la diagonal cargada, como sigue (INACAL, 2015, pág. 7):

$$v_m = \frac{0.707 P}{A_b}$$

Donde:

v_m : Esfuerzo cortante sobre el área bruta, en MPa

P : Carga aplicada, en N

A_b : Área bruta del espécimen, en mm², calculada como sigue:

$$A_b = \frac{l + h}{2} t$$

Donde:

l : Largo del murete, en mm

h : Altura del murete, en mm

t : Espesor total del murete, en mm.

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA

4.1.1 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Se realizó las mediciones correspondientes como indica la Norma NTP 399.613 y se obtuvo para las unidades artesanales comercializadas por la ladrillera Yanqui los siguientes resultados:

Tabla 15: Medición del largo de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	LARGO				
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	L ₄ (mm)	L _{prom} (mm)
A-1	218.68	220.41	220.26	218.55	219.48
A-2	221.94	222.74	222.50	222.26	222.36
A-3	222.93	221.51	223.32	222.94	222.68
A-4	222.12	221.86	222.53	221.88	222.10
A-5	223.30	221.32	222.67	223.03	222.58
A-6	220.12	219.81	220.45	219.89	220.07
A-7	223.51	221.03	223.21	223.26	222.75
A-8	220.56	222.56	223.87	222.65	222.41
A-9	222.88	221.66	221.42	222.98	222.24
A-10	219.42	218.87	219.36	220.21	219.47
Promedio					221.61

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Medición del ancho de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	ANCHO				
	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B ₃ (mm)	B ₄ (mm)	B _{prom} (mm)
A-1	128.82	130.85	131.13	132.74	130.89
A-2	132.29	132.38	133.42	135.42	133.38
A-3	133.46	131.11	135.30	134.02	133.47
A-4	131.20	134.12	133.48	135.89	133.67
A-5	131.00	132.93	134.37	133.26	132.89
A-6	129.75	131.69	132.56	132.58	131.65
A-7	135.22	130.85	134.99	134.50	133.89
A-8	134.25	133.89	134.02	132.98	133.79
A-9	131.38	131.06	133.80	132.91	132.29
A-10	131.54	130.69	131.09	132.89	131.55
Promedio					132.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Medición de la altura de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	ALTURA				
	H ₁ (mm)	H ₂ (mm)	H ₃ (mm)	H ₄ (mm)	H _{prom} (mm)
A-1	75.48	78.45	78.58	75.02	76.88
A-2	76.60	73.71	75.63	77.72	75.92
A-3	78.56	75.54	78.15	75.19	76.86
A-4	76.52	75.45	75.21	75.16	75.59
A-5	76.10	76.75	74.04	77.69	76.15
A-6	74.74	78.41	79.55	72.22	76.23
A-7	79.12	75.63	77.60	75.02	76.84
A-8	78.87	73.74	81.02	75.14	77.19
A-9	79.18	80.07	78.59	80.99	79.71
A-10	79.49	78.46	78.56	74.82	77.83
Promedio					76.92

Fuente: Elaboración Propia

Para las unidades mecanizadas comercializadas por la ladrillera Yanqui se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 18: Medición del largo de las unidades mecanizadas de Mollebaya

ESPECIMEN	LARGO				
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	L ₄ (mm)	L _{prom} (mm)
M-1	238.33	239.92	237.55	238.03	238.46
M-2	238.84	238.39	238.54	238.22	238.50
M-3	238.61	238.86	238.88	237.76	238.53
M-4	237.49	238.17	237.42	237.00	237.52
M-5	239.01	238.77	238.48	238.06	238.58
M-6	238.80	239.61	237.81	239.78	239.00
M-7	238.84	239.09	238.46	237.76	238.54
M-8	239.48	240.11	239.78	238.87	239.56
M-9	238.73	239.97	237.46	237.93	238.52
M-10	240.05	240.01	240.07	239.06	239.80
Promedio					238.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Medición del ancho de las unidades mecanizadas de Mollebaya

ESPECIMEN	ANCHO				
	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B ₃ (mm)	B ₄ (mm)	B _{prom} (mm)
M-1	140.03	141.28	141.12	141.34	140.94
M-2	141.61	142.32	142.23	141.95	142.03
M-3	141.91	141.30	142.60	141.45	141.82
M-4	141.34	141.29	140.95	141.87	141.36
M-5	142.67	141.96	142.29	142.33	142.31
M-6	143.17	142.38	142.48	143.46	142.87
M-7	142.41	142.20	141.98	141.60	142.05
M-8	143.31	142.73	143.87	142.98	143.22
M-9	141.99	142.00	141.65	142.40	142.01
M-10	142.42	142.66	142.84	143.57	142.87
Promedio					142.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Medición de la altura de las unidades mecanizadas de Mollebaya

ESPECIMEN	ALTURA				
	H ₁ (mm)	H ₂ (mm)	H ₃ (mm)	H ₄ (mm)	H _{prom} (mm)
M-1	98.39	98.02	102.47	101.18	100.02
M-2	104.05	102.17	99.67	99.70	101.40
M-3	101.77	103.08	99.77	100.05	101.17
M-4	99.93	101.69	99.00	99.82	100.11
M-5	100.76	102.22	98.84	98.55	100.09
M-6	102.07	100.83	98.59	99.64	100.28
M-7	101.81	102.29	98.54	98.32	100.24
M-8	101.78	102.95	100.05	99.60	101.10
M-9	102.74	102.13	98.83	99.95	100.91
M-10	101.45	102.53	99.28	99.97	100.81
Promedio					100.61

Fuente: Elaboración Propia

Para las unidades mecanizadas comercializadas por la ladrillera el Diamante se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 21: Medición del largo de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	LARGO				
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	L ₄ (mm)	L _{prom} (mm)
MD-1	235.23	236.92	236.02	236.37	236.14
MD-2	235.80	236.01	235.65	235.70	235.79
MD-3	235.97	235.68	235.56	236.04	235.81
MD-4	235.69	236.39	235.75	236.16	236.00
MD-5	235.60	236.19	235.64	237.33	236.19
MD-6	235.30	235.71	235.56	236.52	235.77
MD-7	235.85	235.70	237.31	235.70	236.14
MD-8	238.72	235.56	236.70	236.92	236.98
MD-9	236.07	235.90	236.27	236.09	236.08
MD-10	236.29	236.62	236.54	236.51	236.49
Promedio					236.14

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: Medición del ancho de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	ANCHO				
	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B ₃ (mm)	B ₄ (mm)	B _{prom} (mm)
MD-1	138.99	139.18	138.13	137.10	138.35
MD-2	139.18	139.16	138.76	138.59	138.92
MD-3	139.27	138.61	138.50	138.24	138.66
MD-4	137.92	138.79	137.84	137.89	138.11
MD-5	138.68	139.23	138.21	138.96	138.77
MD-6	138.59	139.01	139.10	138.11	138.70
MD-7	138.28	139.04	138.05	138.94	138.58
MD-8	139.48	138.89	139.50	138.58	139.11
MD-9	138.93	138.53	138.31	138.59	138.59
MD-10	138.90	139.11	138.19	138.55	138.69
Promedio					138.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Medición de la altura de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	ALTURA				
	H ₁ (mm)	H ₂ (mm)	H ₃ (mm)	H ₄ (mm)	H _{prom} (mm)
MD-1	98.22	98.24	99.90	100.58	99.24
MD-2	98.23	98.49	100.67	99.81	99.30
MD-3	98.14	98.46	100.45	100.01	99.27
MD-4	98.52	98.12	100.13	100.35	99.28
MD-5	98.36	98.35	100.20	100.11	99.26
MD-6	98.42	98.19	100.27	100.05	99.23
MD-7	98.13	98.20	100.22	100.41	99.24
MD-8	98.76	98.22	100.51	100.83	99.58
MD-9	98.15	98.44	99.80	100.70	99.27
MD-10	98.41	98.71	100.19	100.67	99.50
Promedio					99.32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Variación dimensional de las unidades artesanales de Mollebaya

UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANALES DE MOLLEBAYA			
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
DIMENSION PROMEDIO	221.61	132.75	76.92
DIMENSION NOMINAL	230.00	130.00	80.00
V (%)	3.65%	2.11%	3.85%
δ (Desviación Estandar)	1.36	1.08	1.18
V (Dispersión)	0.6%	0.8%	1.5%
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo II	Ladrillo Tipo IV	Ladrillo Tipo IV

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Variación dimensional de las unidades mecanizadas de Mollebaya

UNIDADES DE ALBAÑILERIA MECANIZADAS DE MOLLEBAYA			
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
DIMENSION PROMEDIO	238.70	142.15	100.61
DIMENSION NOMINAL	240.00	140.00	100.00
V (%)	0.54%	1.53%	0.61%
δ (Desviación Estandar)	0.63	0.70	0.52
V (Dispersión)	0.3%	0.5%	0.5%
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Variación dimensional de las unidades mecanizadas del Diamante

UNIDADES DE ALBAÑILERIA MECANIZADAS DEL DIAMANTE			
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
DIMENSION PROMEDIO	236.14	138.65	99.32
DIMENSION NOMINAL	240.00	140.00	100.00
V (%)	1.61	0.97	0.68
δ (Desviación Estandar)	0.37	0.28	0.12
V (Dispersión)	0.16%	0.20%	0.12%
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V

Fuente: Elaboración Propia

De la síntesis de los resultados obtenidos y comparándolos con la Tabla N°1 se ha considerado el criterio más desfavorable y por ende se clasifican las unidades artesanales de Mollebaya como Tipo II con una dispersión porcentual (V) de 1.5%, las unidades mecanizadas de Mollebaya se clasifican como Tipo V con una dispersión porcentual (V) de 0.5% y finalmente las unidades mecanizadas del Diamante se clasifican como Tipo V con una dispersión porcentual (V) de 0.2%; se observa que aunque las unidades sean mecanizadas el control de calidad del Diamante es mucho mejor que las de Mollebaya esto debido a que la dispersión es menor; la alta variabilidad en las unidades artesanales nos indica que no considera un buen control al momento de la elaboración de sus unidades.

4.1.2 ENSAYO DE ALABEO

Tabla 27: Concavidad y Convexidad de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	CONCAVIDAD		CONVEXIDAD	
	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR
	Diagonal (mm)	Diagonal (mm)	Longitudinal (mm)	Longitudinal (mm)
A-1	0.0	2.0	1.5	1.5
A-2	4.0	2.0	2.5	2.5
A-3	1.0	1.0	3.5	2.5
A-4	3.0	1.0	3.5	2.0
A-5	3.5	1.0	1.0	2.5
A-6	1.5	1.0	1.5	1.5
A-7	1.0	0.0	1.5	2.0
A-8	4.0	2.0	1.5	1.5
A-9	4.0	0.0	2.0	2.0
A-10	0.0	3.0	2.5	2.0
Promedio	2.2	1.3	2.1	2.0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: *Concavidad y Convexidad de las unidades mecanizadas de Mollebaya*

ESPECIMEN	CONCAVIDAD		CONVEXIDAD	
	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR
	Diagonal (mm)	Diagonal (mm)	Longitudinal (mm)	Longitudinal (mm)
M-1	1.0	0.5	2.5	1.5
M-2	1.0	2.5	0.0	1.5
M-3	2.0	1.5	1.0	1.5
M-4	1.0	2.5	2.0	1.5
M-5	1.0	2.0	2.0	1.0
M-6	1.0	2.0	1.0	0.0
M-7	1.0	2.5	2.0	2.0
M-8	1.0	2.5	1.0	0.0
M-9	1.0	2.5	2.5	1.0
M-10	2.5	1.0	1.5	1.0
Promedio	1.3	2.0	1.6	1.1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: *Concavidad y Convexidad de las unidades mecanizadas del Diamante*

ESPECIMEN	CONCAVIDAD		CONVEXIDAD	
	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR	CARA SUPERIOR	CARA INFERIOR
	Diagonal (mm)	Diagonal (mm)	Longitudinal (mm)	Longitudinal (mm)
MD-1	0.5	2.0	0.0	0.5
MD-2	1.0	2.5	0.0	1.5
MD-3	2.0	1.5	1.0	1.5
MD-4	1.0	2.5	2.0	1.5
MD-5	1.0	2.0	2.0	1.0
MD-6	1.0	2.0	1.0	0.0
MD-7	1.0	2.5	2.0	2.0
MD-8	1.0	2.5	1.0	0.0
MD-9	1.0	2.5	2.5	1.0
MD-10	2.5	1.0	1.5	1.0
Promedio	1.2	2.1	1.3	1.0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: *Resultado del ensayo de alabeo para unidades artesanales de Mollebaya*

UNIDADES DE ALBAÑILERIA ARTESANALES DE MOLLEBAYA		
	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
ALABEO	1.75	2.05
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo IV

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Resultado del ensayo de alabeo para unidades mecanizadas de Mollebaya

UNIDADES DE ALBAÑILERIA MECANIZADAS DE MOLLEBAYA		
	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
ALABEO (mm)	1.20	1.40
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Resultado del ensayo de alabeo para unidades mecanizadas del Diamante

UNIDADES DE ALBAÑILERIA MECANIZADAS DEL DIAMANTE		
	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
ALABEO	1.65	1.15
CLASIFICACION	Ladrillo Tipo V	Ladrillo Tipo V

Fuente: Elaboración Propia

De los valores obtenidos y comparándolos con la Tabla N°1 se clasifican las unidades artesanales de Mollebaya como Tipo IV, para las unidades mecanizadas de Mollebaya se clasifican como Tipo V y finalmente las unidades mecanizadas del Diamante se clasifican como Tipo V, observándose que a pesar que las unidades artesanales son las que menor calidad poseen su alabeo es bajo.

4.1.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tabla 33: Resistencia características a compresión para unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _b (kgf/cm ²)	σ _{n-1}	f' _b (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)					
A-1	111.47	113.12	112.30	133.00	134.32	133.66	150.09	6927	46.15	6.98	28
A-2	102.80	105.54	104.17	131.98	131.16	131.57	137.06	6574	47.97		
A-3	111.98	112.62	112.30	131.71	131.79	131.75	147.96	4506	30.46		
A-4	105.99	105.30	105.65	133.60	133.96	133.78	141.33	4541	32.13		
A-5	110.19	111.65	110.92	134.54	133.32	133.93	148.56	5599	37.69		
A-6	107.03	105.47	106.25	135.63	135.10	135.37	143.83	3838	26.69		
A-7	116.21	114.48	115.35	135.37	134.98	135.18	155.92	4723	30.29		
A-8	116.28	114.19	115.24	136.00	136.11	136.06	156.78	5294	33.77		
A-9	105.43	105.36	105.40	134.71	134.06	134.39	141.64	4541	32.06		
A-10	103.64	107.24	105.44	136.09	134.14	135.12	142.47	4571	32.09		
Promedio			109.30			134.08			34.93		

f_b Promedio	34.93	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	6.98	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	19.98%	
f'_b Característica	28	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: Resistencia características a compresión para unidades mecanizadas de Mollebaya

ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _b (kgf/cm ²)	σ _{n-1}	f' _b (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)					
M-1	120.75	119.84	120.30	143.36	142.39	142.88	171.87	15441	89.84	8.17	70
M-2	116.23	116.54	116.39	144.18	144.39	144.29	167.93	10313	61.41		
M-3	118.40	120.91	119.66	142.83	142.32	142.58	170.60	12118	71.03		
M-4	113.73	114.40	114.07	141.91	142.75	142.33	162.35	11484	70.74		
M-5	114.02	115.29	114.66	142.34	142.60	142.47	163.35	13365	81.82		
M-6	114.96	115.36	115.16	142.23	142.19	142.21	163.77	13202	80.61		
M-7	115.98	116.06	116.02	143.43	144.38	143.91	166.96	12837	76.89		
M-8	119.48	121.07	120.28	143.43	144.59	144.01	173.21	14243	82.23		
M-9	119.03	119.04	119.04	141.86	142.83	142.35	169.44	14332	84.58		
M-10	120.71	120.64	120.68	142.46	142.67	142.57	172.04	13141	76.38		
Promedio			117.62			142.96			77.55		

f_b Promedio	77.55	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	8.17	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	10.54%	
f'_b Característica	70	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Resistencia características a compresión para unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _b (kgf/cm ²)	σ _{n-1}	f' _b (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)					
DM-1	139.09	138.88	138.99	118.36	116.68	117.52	163.34	18131	111.00	11.37	104
DM-2	140.59	140.77	140.68	115.80	114.16	114.98	161.75	16421	101.52		
DM-3	140.66	140.65	140.66	118.39	114.74	116.57	163.95	19910	121.44		
DM-4	139.06	138.74	138.90	116.53	116.89	116.71	162.11	18072	111.48		
DM-5	138.96	142.64	140.80	117.29	116.66	116.98	164.70	17470	106.07		
DM-6	140.68	139.01	139.85	116.70	116.35	116.53	162.95	18887	115.90		
DM-7	138.67	139.44	139.06	115.98	116.50	116.24	161.64	20449	126.51		
DM-8	140.34	140.08	140.21	115.82	115.93	115.88	162.47	16778	103.27		
DM-9	141.00	139.15	140.08	116.27	115.98	116.13	162.66	18958	116.55		
DM-10	140.22	139.39	139.81	117.80	117.06	117.43	164.17	22766	138.67		
Promedio			139.90			116.49			115.24		

f_b Promedio	115.24	kgf/ cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	11.37	kgf/ cm²
Coefficiente de Variación	9.87%	
f'_b Característica	104	kgf/ cm²

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos de la resistencia característica a la compresión de semi-unidades comparados con la Tabla N°1 nos indica que las unidades artesanales de Mollebaya no llegan a clasificar ni como Tipo I ($f'_b = 50 \text{ kgf/cm}^2$) además de presentar un coeficiente de variación alto esto debido a que las unidades no tienen un buen control de calidad y además que al no llegar a clasificar como Tipo I se infiere que la calidad no es la adecuada, a pesar de su baja altura ($h=8 \text{ cm}$) debería tener una mayor resistencia a la compresión lo cual no ocurre. Las unidades mecanizadas de Mollebaya clasifican a las justas como Tipo II ($f'_b = 70 \text{ kgf/cm}^2$) esto al igual que el caso anterior nos indica que su calidad es baja en comparación de la unidad mecanizada del Diamante que si bien clasifica como tipo III ($f'_b = 104 \text{ kgf/cm}^2$) su valor de resistencia lo sitúa entre Tipo III y IV por lo que su calidad es aceptable; es en este punto que se finaliza las pruebas clasificatorias de la unidad descartando de este modo las unidades mecanizadas de Mollebaya porque para mejorar una adherencia se debe contar con un producto de buena calidad ya que se trata de un material elaborado industrialmente a diferencia de la unidad artesanal.

4.1.4 ENSAYO DE SUCCIÓN

Tabla 36: *Succión de las unidades artesanales de Mollebaya*

ESPECIMEN	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (cm ²)	PESO (g)		SUCCION (g)	
				SECO	HUMEDO		
CARA LISA	MA-1	221.78	132.15	293.07	3150.50	3222.00	48.79
	MA-2	222.26	133.37	296.43	3223.00	3317.50	63.76
	MA-3	223.01	133.61	297.96	3358.00	3471.50	76.19
	MA-4	221.30	132.79	293.86	3260.50	3335.50	51.04
	MA-5	219.60	132.15	290.20	3099.00	3199.50	69.26
CARA RUGOSA	MA-6	223.57	134.00	299.57	3314.50	3383.50	46.07
	MA-7	224.95	132.07	297.09	3623.50	3732.00	73.04
	MA-8	221.77	130.47	289.34	3438.00	3545.00	73.96
	MA-9	219.97	132.11	290.60	3058.00	3169.50	76.74
	MA-10	221.93	130.34	289.26	3467.50	3547.00	54.97

SUCCIÓN PROMEDIO (Cara Lisa) = 62 g/200 cm² . min

SUCCIÓN PROMEDIO (Cara Rugosa) = 65 g/200 cm² . min

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: Succión de las unidades mecanizas del Diamante

ESPECIMEN		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (cm ²)	PESO (g)		SUCCION (g)
					SECO	HUMEDO	
CARA LISA	MD-1	236.14	138.35	326.693	3415.00	3492.00	47.14
	MD-2	235.79	138.92	327.565	3409.50	3479.00	42.43
	MD-3	235.81	138.66	326.966	3399.50	3469.50	42.82
	MD-4	236.00	138.11	325.936	3398.50	3476.00	47.56
	MD-5	236.19	138.77	327.761	3418.00	3486.50	41.8
CARA RUGOSA	MD-6	235.77	138.70	327.022	3415.00	3478.50	38.84
	MD-7	236.14	138.58	327.237	3409.50	3504.00	57.76
	MD-8	236.98	139.11	329.662	3399.50	3514.50	69.77
	MD-9	236.08	138.59	327.187	3398.50	3472.50	45.23
	MD-10	236.49	138.69	327.982	3418.00	3467.50	30.18

SUCCIÓN PROMEDIO (Cara Lisa) = 44 g/200 cm².min

SUCCIÓN PROMEDIO (Cara Rugosa) = 48 g/200 cm².min

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa y es lógico suponer la succión de las unidades mecanizadas (*promedio 46 g/200 cm².min*) es menor que las de las unidades artesanales (*promedio 64 g/200 cm².min*) ya que al tener un mejor control en la calidad de incinerado en sus hornos salen con una cocción óptima mientras que las unidades artesanales como se mencionó salen algunas más cocidas que otras. Algo curioso es que según el ensayo la cara rugosa absorbe mayor agua en ambos casos, si bien ambas unidades no cumplen con la succión recomendada que es de *10 a 20 g/200 cm².min* sino que al ser mayor su valor, succionaran el agua del mortero y por ende lo endurecerán antes de que se adhiera a la unidad es por ello que se requiere de un tratamiento previo a su asentado (se deben regar o remojar) lógicamente las unidades artesanales con mayor tiempo que las mecanizadas.

4.1.5 ENSAYO DE ABSORCIÓN

Tabla 38: Absorción y Humedad Natural de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	Wseco (g)	Wseco horno (g)	Whumedo (g)	Absorción (%)	Humedad Natural (%)
MA-1	3152.00	3150.50	3723.00	18.17%	4.76%
MA-2	3224.50	3223.00	3740.00	16.04%	4.65%
MA-3	3360.50	3358.00	3909.00	16.41%	7.44%
MA-4	3263.00	3260.50	3795.50	16.41%	7.67%
MA-5	3101.00	3099.00	3626.50	17.02%	6.45%
Promedio				16.81%	6.20%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39: Absorción y Humedad Natural de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	Wseco (g)	Wseco horno (g)	Whumedo (g)	Absorción (%)	Humedad Natural (%)
MD-1	3416.50	3415.00	3986.50	16.73%	4.39%
MD-2	3411.00	3409.50	3979.50	16.72%	4.40%
MD-3	3401.00	3399.50	3965.50	16.65%	4.41%
MD-4	3400.00	3398.50	3964.50	16.65%	4.41%
MD-5	3420.00	3418.00	3991.50	16.78%	5.85%
Promedio				16.71%	3.52%

Fuente: Elaboración Propia

En la absorción se puede observar que tanto las unidades artesanales (16.81%) como las mecanizadas (16.71%) presentan una absorción similar y siendo estas menores que 22% (cumpliendo con lo estipulado en la Norma E.070) esto nos indica que el agua que están llegando a absorber representa aproximadamente el 17% de su peso. En tanto la humedad natural que poseen se verifica que en las unidades mecanizadas es menor esto debido a su buen control de calidad y cocción mientras que las unidades artesanales presentan mayor humedad natural que puede ser debido a que está en contacto con la intemperie, y al no tener un control en su calidad hace que incremente este valor.

4.1.6 ENSAYO DE DENSIDAD Y VOLUMEN

Tabla 40: Densidad y Volumen de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	Wseco horno (g)	Wsumergido (g)	Wcaliente (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Absorción Max. (%)	Coefficiente de Saturación
MA-1	3150.50	1505.00	3714.00	2209.00	1.43	17.9%	1.02
MA-2	3223.00	1538.00	3754.00	2216.00	1.45	16.5%	0.97
MA-3	3358.00	1622.00	3966.00	2344.00	1.43	18.1%	0.91
MA-4	3260.50	1716.00	3892.00	2176.00	1.50	19.4%	0.85
MA-5	3099.00	1642.00	3698.00	2056.00	1.51	19.3%	0.88
Promedio					1.46	18.2%	0.92

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41: Densidad y Volumen de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	Wseco horno (g)	Wsumergido (g)	Wcaliente (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Absorción Max. (%)	Coefficiente de Saturación
MD-1	3415.00	1939.00	3933.00	1994.00	1.71	15.2%	1.10
MD-2	3409.50	1953.00	3924.00	1971.00	1.73	15.1%	1.11
MD-3	3399.50	1953.50	3900.00	1946.50	1.75	14.7%	1.13
MD-4	3398.50	1870.00	3918.50	2048.50	1.66	15.3%	1.09
MD-5	3418.00	1908.50	3923.50	2015.00	1.70	14.8%	1.13
Promedio					1.71	15.0%	1.11

Fuente: Elaboración Propia

La densidad de las unidades artesanales es de 1.4 g/cm³ mientras que de la unidad mecanizada del Diamante es de 1.71 g/cm³ esto nos indica que a una mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica por ende se comprueba que las unidades mecanizadas tienen mejores propiedades que las unidades artesanales. Por otro lado, el coeficiente de saturación en las unidades artesanales (0.92) así como en la unidad mecanizada (1.1) son demasiado absorbentes puesto que su valor es mayor que 0.85 y por ende se puede decir que ambas unidades son poco durables ante condiciones de intemperismo severo es decir cuándo la unidad estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua y se les debe de proteger de la intemperie mediante un recubrimiento adecuado.

4.1.7 ENSAYO DE EFLORESCENCIA

Tabla 42: Eflorescencia de las unidades mecanizadas del Diamante

ESPECIMEN	CLASIFICACION
<i>B-1</i>	Eflorescente
<i>B-2</i>	Eflorescente
<i>B-3</i>	Eflorescente
<i>B-4</i>	Eflorescente
<i>B-5</i>	Eflorescente

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43: Eflorescencia de las unidades artesanales de Mollebaya

ESPECIMEN	CLASIFICACION
<i>EA-1</i>	Eflorescente
<i>EA-2</i>	Eflorescente
<i>EA-3</i>	Eflorescente
<i>EA-4</i>	Eflorescente
<i>EA-5</i>	Eflorescente

Fuente: Elaboración Propia

Si bien en la NTP 399.613 solo existe “Eflorescente” y “No Eflorescente” las unidades que se observaron después de realizar el ensayo presentaron una ligera eflorescencia formándose una capa blanquecina lo que nos hace pensar que su efecto influenciaría en la apariencia de la albañilería por lo que no se deberían usarse como acabados de ladrillo visto o sometidos a humedad intensa y constante.

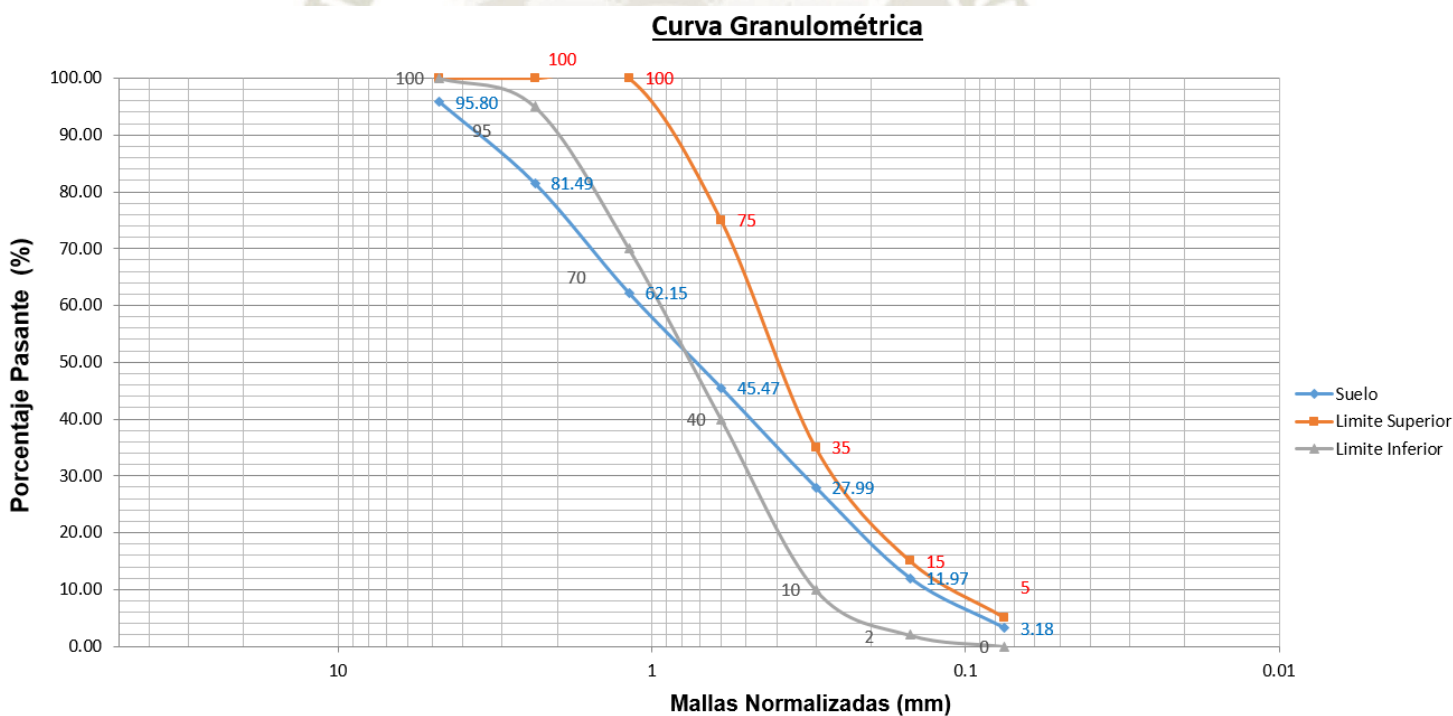
4.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Tabla 44: Análisis Granulométrico del agregado fino de Chiguata

Malla ASTM	Malla ASTM (mm)	Peso Retenido (g)	% Peso Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
Nº 4	4.75	20.83	4.20	4.20	95.80
Nº 8	2.36	70.93	14.30	18.51	81.49
Nº 16	1.18	95.91	19.34	37.85	62.15
Nº 30	0.6	82.73	16.68	54.53	45.47
Nº 50	0.3	86.69	17.48	72.01	27.99
Nº 100	0.15	79.44	16.02	88.03	11.97
Nº 200	0.075	43.54	8.78	96.82	3.18
Fondo	-	15.79	3.18	100.00	0.00
TOTAL		495.86	100.00		

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 50: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Chiguata



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45: Módulo de fineza del agregado fino de Chiguata

Tamiz	Tamiz (mm)	Peso Retenido (g)	% Peso Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
N°4	4.75	20.83	4.20	4.20	95.80
N°8	2.36	70.93	14.30	18.51	81.49
N°16	1.18	95.91	19.34	37.85	62.15
N°30	0.6	82.73	16.68	54.53	45.47
N°50	0.3	86.69	17.48	72.01	27.99
N°100	0.15	79.44	16.02	88.03	11.97
N°200	0.075	43.54	8.78	96.82	3.18
Fondo	-	15.79	3.18	100.00	0.00
TOTAL		495.86	100.00		
MF	2.75				

Fuente: Elaboración Propia

Obteniéndose el análisis granulométrico se corrobora que no ha quedado retenido más del 50% del agregado entre 2 mallas ASTM como indica la Norma E.070 y comprándolo con la Tabla N°3 se observa que al inicio (de la malla N°4-N°16) el agregado se ubica afuera de los límites dados, pero luego se corrige, además se observa que en la malla N°200 el porcentaje pasante es (3.18%) menor al 5% lo que nos indica que el agregado posee muy poca cantidad de limo y/o arcilla. Finalmente, el módulo de fineza del agregado sale 2.75 que si bien no se encuentra dentro de los valores dados por la Norma (1.6 a 2.5) difiere en un 10% del valor máximo.

4.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS

Tabla 46: Ensayos de compresión a dados de mortero normales (sin adiciones minerales)

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)	
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				
LD-1	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita</i> 0%	51.42	51.42	51.42	51.49	51.30	51.40	26.43	2680	101.42	
LD-2					51.30	51.35	51.33	51.26	51.33	51.30	26.33	2742	104.16	
LD-3	Cemento (g)	500	Edad (días)	3	51.56	51.40	51.48	51.05	51.20	51.13	26.32	2809	106.73	
LD-4					51.15	51.54	51.35	51.20	51.14	51.17	26.27	2718	103.46	
LD-5	Agua (ml)	242	relacion a/c	0.485	51.10	51.20	51.15	51.18	51.22	51.20	26.19	2492	95.16	
LD-6					51.42	51.12	51.27	51.35	51.25	51.30	26.30	3141	119.43	
Promedio							51.33					51.25		105.06

f_c Promedio 105.06 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 8.05 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 7.66%
 f'_c Característica 97 kgf/cm²

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)	
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				
LD-7	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita</i> 0%	51.56	51.55	51.56	51.49	51.30	51.40	26.50	2895	109.26	
LD-8					51.52	51.53	51.53	51.26	51.33	51.30	26.43	3739	141.47	
LD-9	Cemento (g)	500	Edad (días)	7	51.63	51.50	51.57	51.05	51.20	51.13	26.36	3839	145.63	
LD-10					51.28	51.18	51.23	51.25	51.31	51.28	26.27	3584	136.43	
LD-11	Agua (ml)	242	relacion a/c	0.485	51.32	51.10	51.21	51.30	51.15	51.23	26.23	4268	162.71	
LD-12					51.19	51.08	51.14	51.20	51.17	51.19	26.17	2967	113.36	
Promedio							51.37					51.25		134.81

f_c Promedio 134.81 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 20.27 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 15.04%
 f'_c Característica 115 kgf/cm²

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LD-13	Arena (g)	1375	Adición Mineral	Diatomita 0%	51.46	51.58	51.52	51.16	51.17	51.17	26.36	3829	145.26
LD-14					51.74	51.50	51.62	51.35	51.50	51.43	26.55	4691	176.72
LD-15	Cemento (g)	500	Edad (días)	28	51.37	51.43	51.40	51.27	51.28	51.28	26.36	4715	178.91
LD-16					51.02	51.15	51.09	51.17	51.30	51.24	26.17	3934	150.31
LD-17	Agua (ml)	242	relacion a/c	0.485	51.25	51.22	51.24	51.24	51.26	51.25	26.26	4422	168.41
LD-18					51.06	51.16	51.11	51.12	51.29	51.21	26.17	4279	163.51
Promedio							51.33			51.26			163.85

f_c Promedio **163.85** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **13.73** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **8.38%**
f'_c Característica **150** **kgf/cm²**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47: Ensayos de compresión a dados de mortero con 5% de Diatomita

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
DT-1	Arena (g)	1375	Adición Mineral	Diatomita 5%	51.05	51.84	51.45	51.15	50.96	51.06	26.27	3437	130.86
DT-2					51.06	51.08	51.07	51.15	51.02	51.09	26.09	3244	124.35
DT-3	Cemento (g)	475	Edad (días)	3	51.05	51.04	51.05	51.06	51.10	51.08	26.07	3449	132.28
DT-4					51.63	51.89	51.76	51.19	51.06	51.13	26.46	3552	134.23
DT-5	Agua (ml)	285	relacion a/c	0.60	50.87	50.89	50.88	50.82	51.05	50.94	25.92	2877	111.02
DT-6					51.88	51.86	51.87	51.49	51.36	51.43	26.67	2803	105.09
Promedio							51.35			51.12			122.97

f_c Promedio **122.97** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **12.17** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **9.89%**
f'_c Característica **111** **kgf/cm²**

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
DT-7	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita</i> 5%	51.25	51.16	51.21	51.18	51.32	51.25	26.24	3071	117.03
DT-8					51.04	50.96	51.00	50.98	50.95	50.97	25.99	3357	129.16
DT-9	Cemento (g)	475	Edad (días)	7	51.17	50.96	51.07	51.06	51.54	51.30	26.20	3812	145.52
DT-10					51.28	51.25	51.27	51.38	51.23	51.31	26.30	2965	112.74
DT-11	Agua (ml)	285	relacion a/c	0.60	51.21	51.19	51.20	51.08	51.04	51.06	26.14	2666	101.98
DT-12					51.21	51.27	51.24	51.33	51.36	51.35	26.31	3679	139.84
Promedio							51.16			51.20			124.38

f_c Promedio **124.38** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **16.73** *kgf/cm²*
Coeficiente de Variación **13.45%**
 f'_c Característica **108** *kgf/cm²*

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
DT-13	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita</i> 5%	50.92	51.17	51.05	51.19	51.25	51.22	26.15	3102	118.65
DT-14					51.24	50.85	51.05	51.32	51.32	51.32	26.20	3838	146.51
DT-15	Cemento (g)	475	Edad (días)	28	51.18	50.98	51.08	51.24	51.25	51.25	26.18	4600	175.74
DT-16					51.16	51.07	51.12	51.20	51.25	51.23	26.18	5705	217.89
DT-17	Agua (ml)	285	relacion a/c	0.60	51.06	51.34	51.20	50.98	51.28	51.13	26.18	3979	152.00
DT-18					51.44	51.60	51.52	51.23	51.50	51.37	26.46	4507	170.32
Promedio							51.17			51.25			163.52

f_c Promedio **163.52** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **33.43** *kgf/cm²*
Coeficiente de Variación **20.44%**
 f'_c Característica **131** *kgf/cm²*

Fuente: Elaboración Propia

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LM-13	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita + Liparita</i> 5%	51.23	51.33	51.28	51.19	51.42	51.31	26.31	4916	186.86
LM-14					51.15	51.18	51.17	51.15	51.45	51.30	26.25	4510	171.83
LM-15	Cemento (g)	475	Edad (días)	28	51.27	51.08	51.18	51.30	51.30	51.30	26.25	5311	202.31
LM-16					51.31	51.44	51.38	51.30	51.19	51.25	26.33	4367	165.88
LM-17	Agua (ml)	299	relacion a/c	0.63	51.15	51.09	51.12	51.20	51.00	51.10	26.12	4247	162.59
LM-18					51.03	51.17	51.10	51.08	50.96	51.02	26.07	4502	172.69
Promedio							51.20			51.21			177.03

f_c Promedio **177.03** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **14.93** *kgf/cm²*
Coefficiente de Variación **8.43%**
f'_c Característica **163** *kgf/cm²*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51: Ensayos de compresión a dados de mortero con 10% de Diatomita y Liparita

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LT-1	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita + Liparita</i> 10%	51.28	51.16	51.22	50.95	51.01	50.98	26.11	2862	109.61
LT-2					51.60	51.62	51.61	51.30	51.38	51.34	26.50	2666	100.62
LT-3	Cemento (g)	450	Edad (días)	3	51.50	51.53	51.52	51.29	51.24	51.27	26.41	3037	115.00
LT-4					50.75	51.28	51.02	51.25	51.45	51.35	26.20	3057	116.70
LT-5	Agua (ml)	288	relacion a/c	0.64	51.16	51.23	51.20	51.29	51.45	51.37	26.30	2893	110.01
LT-6					51.50	51.57	51.54	51.61	51.53	51.57	26.58	2568	96.63
Promedio							51.35			51.31			108.10

f_c Promedio **108.10** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **7.94** *kgf/cm²*
Coefficiente de Variación **7.34%**
f'_c Característica **101** *kgf/cm²*

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LT-7	Arena (g)	1375	Adición	<i>Diatomita + Liparita</i>	51.84	51.71	51.78	51.52	51.44	51.48	26.65	3726	139.80
LT-8			Mineral		10%	51.37	51.43	51.40	51.35	51.51	51.43	26.44	3208
LT-9	Cemento (g)	450	Edad (días)	7	51.51	51.55	51.53	51.43	51.42	51.43	26.50	3795	143.22
LT-10			51.29		51.46	51.38	51.63	51.60	51.62	26.52	3198	120.61	
LT-11	Agua (ml)	288	relacion a/c	0.64	51.14	51.09	51.12	51.38	51.62	51.50	26.32	3437	130.57
LT-12					50.91	50.80	50.86	51.32	51.31	51.32	26.10	3648	139.80
Promedio							51.34			51.46			132.56

f'_c Promedio 132.56 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 9.91 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 7.47%
 f'_c Característica 123 kgf/cm²

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LT-13	Arena (g)	1375	Adición	<i>Diatomita + Liparita</i>	51.38	51.34	51.36	51.24	51.21	51.23	26.31	4438	168.69
LT-14			Mineral		10%	51.56	51.74	51.65	51.85	51.92	51.89	26.80	4528
LT-15	Cemento (g)	450	Edad (días)	28	51.65	51.80	51.73	51.29	51.33	51.31	26.54	4530	170.69
LT-16			51.82		51.63	51.73	51.65	51.91	51.78	26.78	4568	170.56	
LT-17	Agua (ml)	288	relacion a/c	0.64	51.37	51.52	51.45	51.63	51.60	51.62	26.55	4313	162.43
LT-18					51.57	51.34	51.46	51.67	51.75	51.71	26.61	4418	166.05
Promedio							51.56			51.59			167.90

f'_c Promedio 167.90 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 3.16 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 1.88%
 f'_c Característica 165 kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52: Ensayos de compresión a dados de mortero con 15% de Diatomita y Liparita

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LD-1	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita + Liparita</i> 15%	51.86	51.73	51.80	51.70	51.73	51.72	26.79	2365	88.30
LD-2					51.42	51.50	51.46	51.44	51.62	51.53	26.52	2704	101.98
LD-3	Cemento (g)	425	Edad (días)	3	51.31	51.35	51.33	51.50	51.45	51.48	26.42	2221	84.06
LD-4					51.30	51.25	51.28	51.33	51.45	51.39	26.35	2735	103.80
LD-5	Agua (ml)	281	relacion a/c	0.66	51.41	51.57	51.49	51.96	51.67	51.82	26.68	2574	96.48
LD-6					51.24	51.29	51.27	51.39	51.36	51.38	26.34	2414	91.66
Promedio							51.44			51.55			94.38

f_c Promedio **94.38** *kgf/cm²*
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) **7.77** *kgf/cm²*
 Coeficiente de Variación **8.23%**
 f'_c Característica **87** *kgf/cm²*

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LD-7	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita + Liparita</i> 15%	50.90	51.68	51.29	51.14	50.26	50.70	26.00	2670	102.68
LD-8					50.85	51.03	50.94	51.42	51.48	51.45	26.21	2768	105.62
LD-9	Cemento (g)	425	Edad (días)	7	51.28	51.20	51.24	51.59	51.51	51.55	26.41	2603	98.55
LD-10					51.81	51.54	51.68	51.44	51.48	51.46	26.59	2340	88.00
LD-11	Agua (ml)	281	relacion a/c	0.66	51.76	51.79	51.78	51.46	51.45	51.46	26.64	2943	110.47
LD-12					51.80	51.77	51.79	51.35	51.34	51.35	26.59	2872	108.02
Promedio							51.45			51.33			102.22

f_c Promedio **102.22** *kgf/cm²*
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) **8.11** *kgf/cm²*
 Coeficiente de Variación **7.94%**
 f'_c Característica **95** *kgf/cm²*

ESPECIMEN	DOSIFICACION		CONSIDERACIONES		LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fc (kgf/cm ²)
					L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)			
LD-13	Arena (g)	1375	Adición Mineral	<i>Diatomita + Liparita</i> 15%	50.87	51.06	50.97	51.14	51.13	51.14	26.06	4078	156.48
LD-14					51.25	51.20	51.23	51.25	51.32	51.29	26.27	3979	151.47
LD-15	Cemento (g)	425	Edad (dias)	28	50.71	50.97	50.84	51.22	51.19	51.21	26.03	4109	157.85
LD-16					51.59	51.80	51.70	51.49	51.48	51.49	26.62	4138	155.48
LD-17	Agua (ml)	281	relacion a/c	0.66	51.71	51.62	51.67	51.60	51.59	51.60	26.66	3759	141.02
LD-18					51.52	51.74	51.63	51.95	51.78	51.87	26.78	3854	143.93
Promedio							51.34			51.43			151.04

f_c Promedio **151.04** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **7.03** *kgf/cm²*
Coefficiente de Variación **4.65%**
f'_c Característica **145** *kgf/cm²*

Fuente: Elaboración Propia

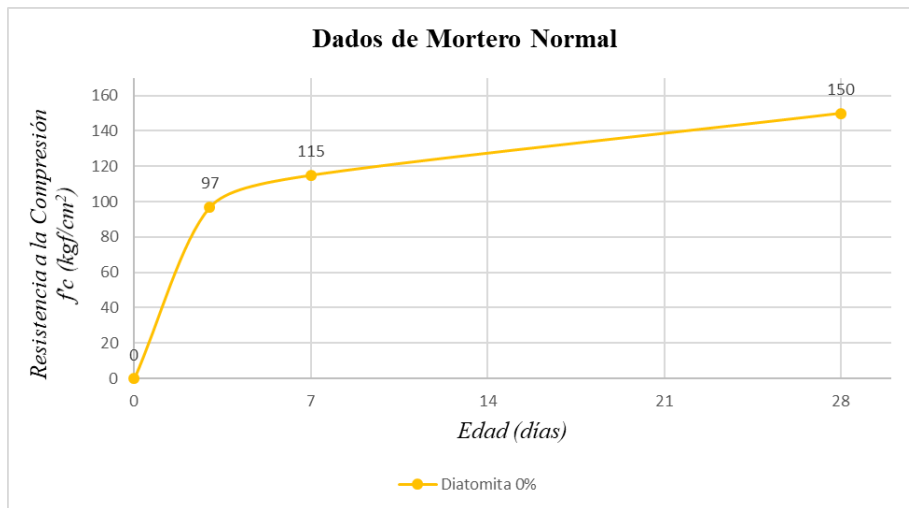


Ilustración 51: Resistencia a la compresión del Mortero Normal (sin adición mineral)

Fuente: Elaboración Propia

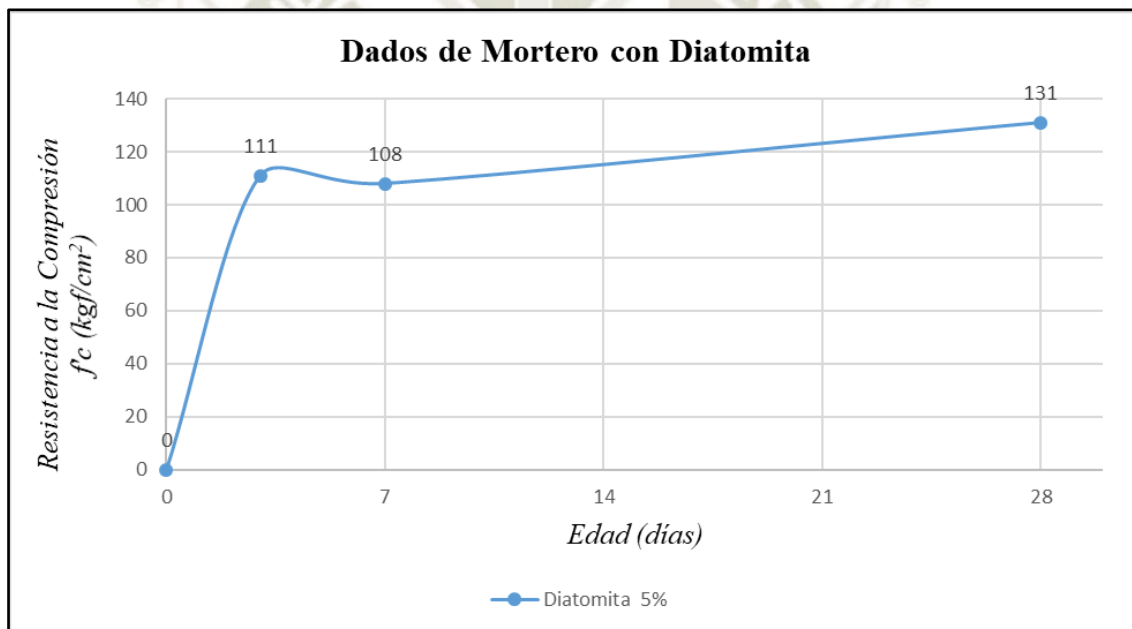


Ilustración 52: Resistencia a la compresión del Mortero con 5% de Diatomita

Fuente: Elaboración Propia

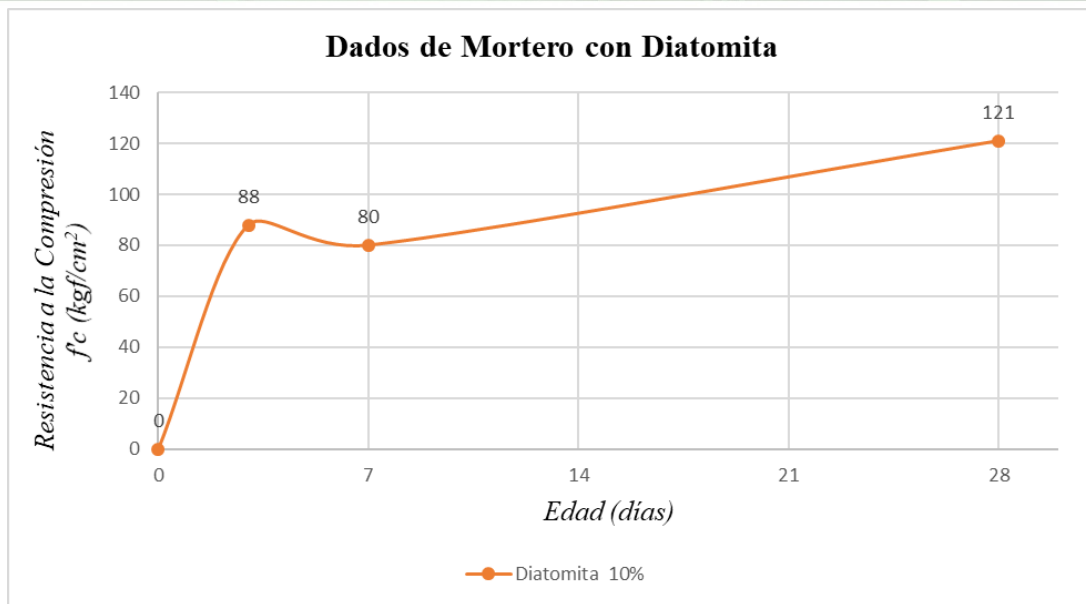


Ilustración 53: Resistencia a la compresión del Mortero con 10% de Diatomita

Fuente: Elaboración Propia

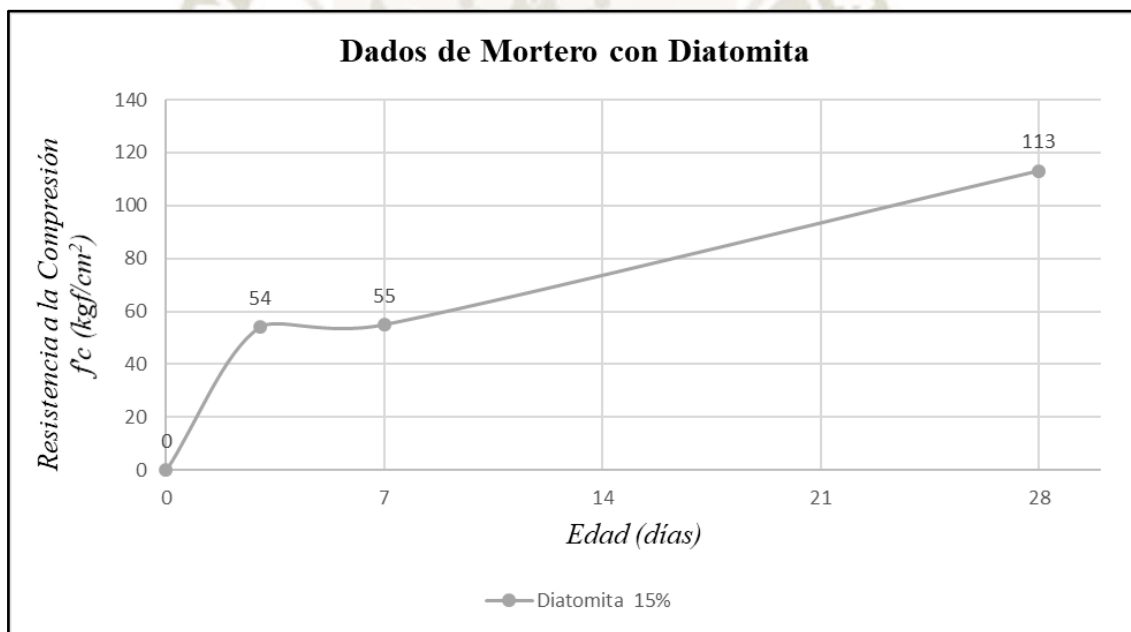


Ilustración 54: Resistencia a la compresión del Mortero con 15% de Diatomita

Fuente: Elaboración Propia

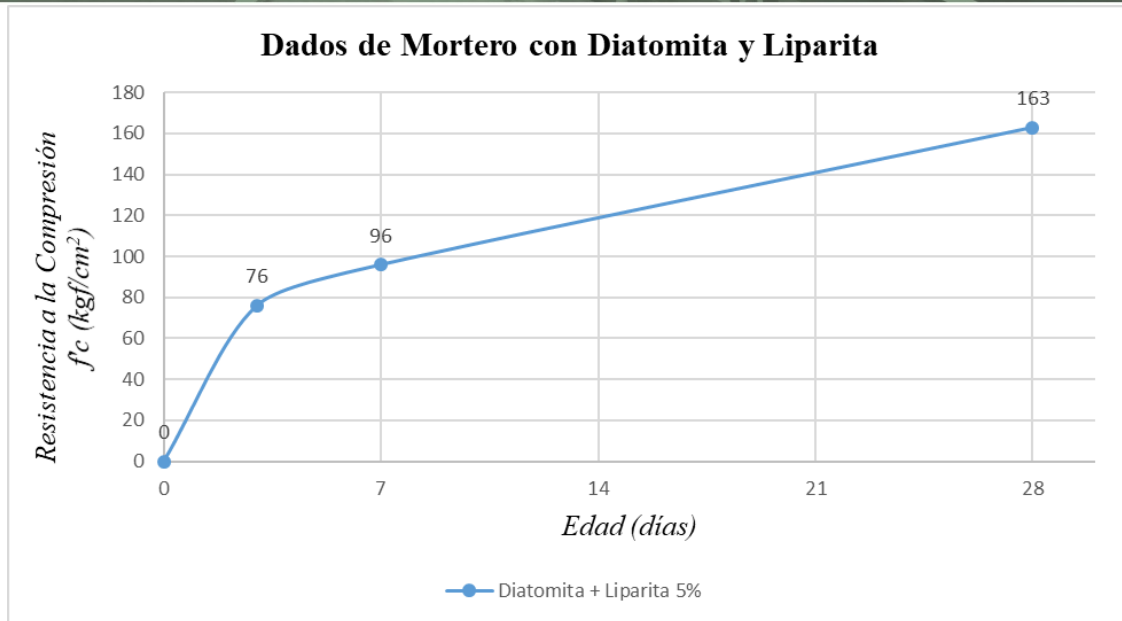


Ilustración 55: Resistencia a la compresión del Mortero con 5% de Diatomita y Liparita

Fuente: Elaboración Propia

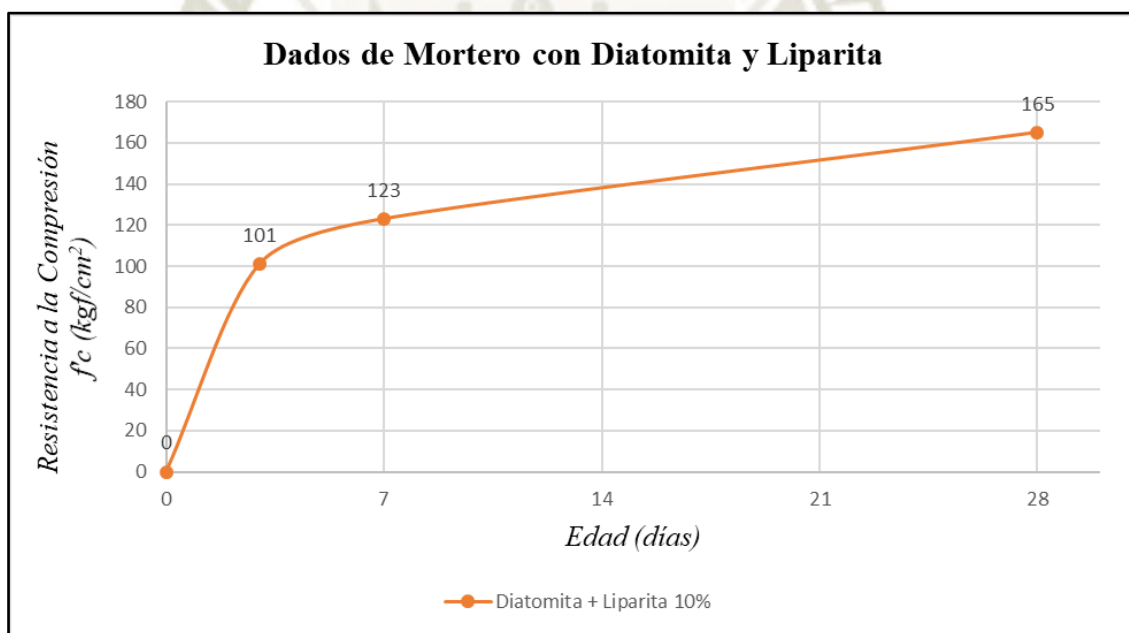


Ilustración 56: Resistencia a la compresión del Mortero con 10% de Diatomita y Liparita

Fuente: Elaboración Propia

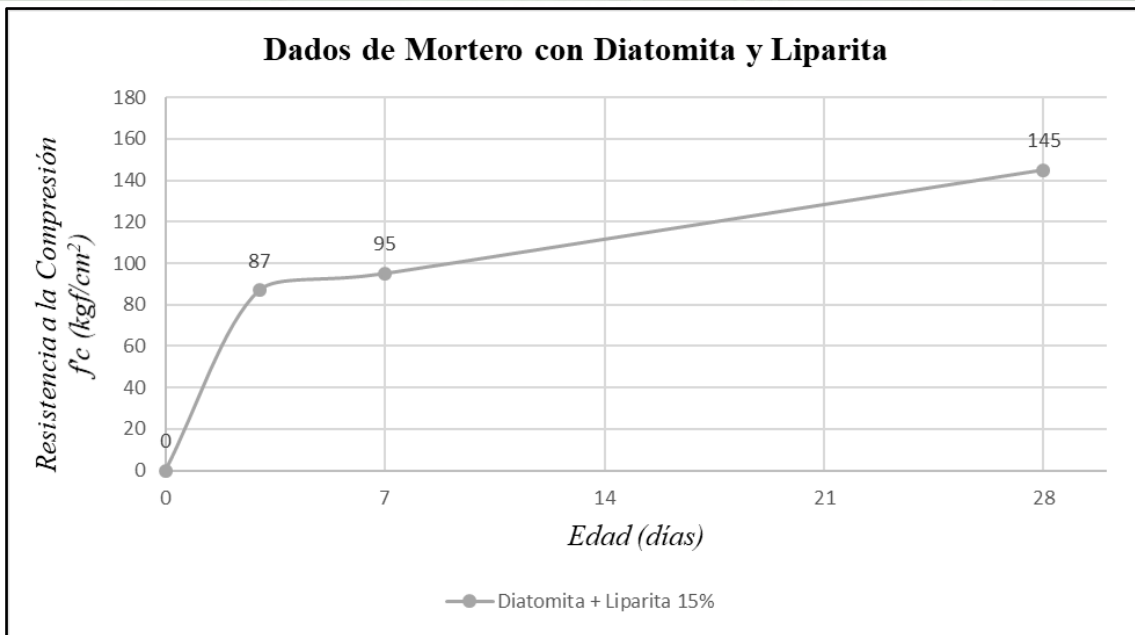


Ilustración 57: Resistencia a la compresión del Mortero con 15% de Diatomita y Liparita

Fuente: Elaboración Propia

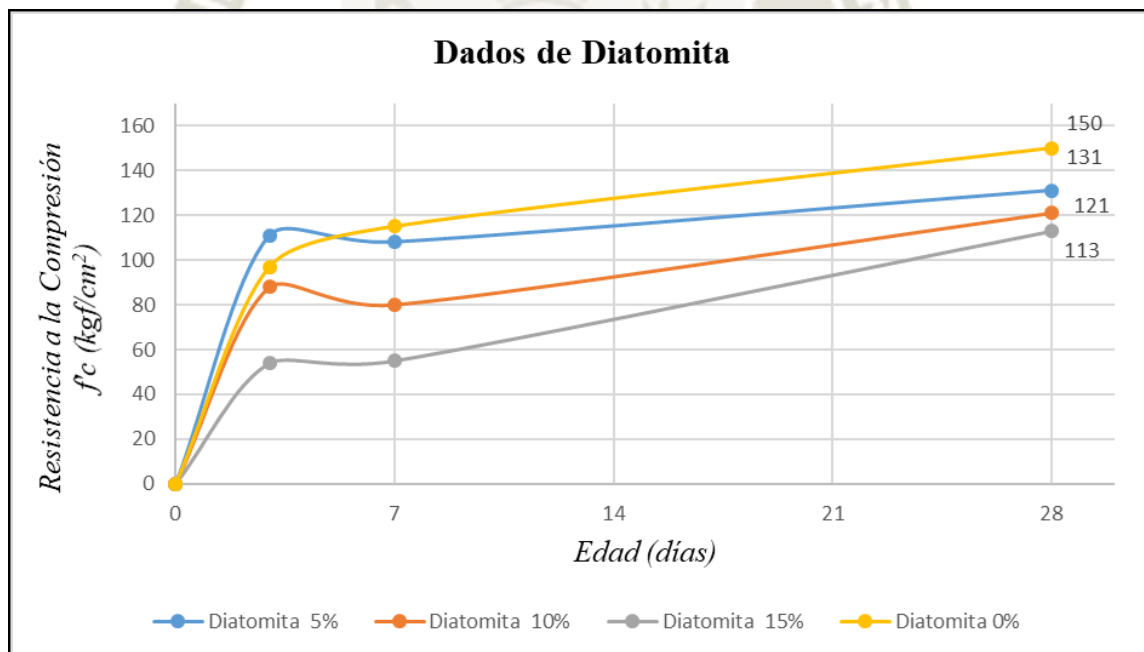


Ilustración 58: Comparación de f_c para morteros con 0%, 5%, 10% y 15% de Diatomita

Fuente: Elaboración Propia

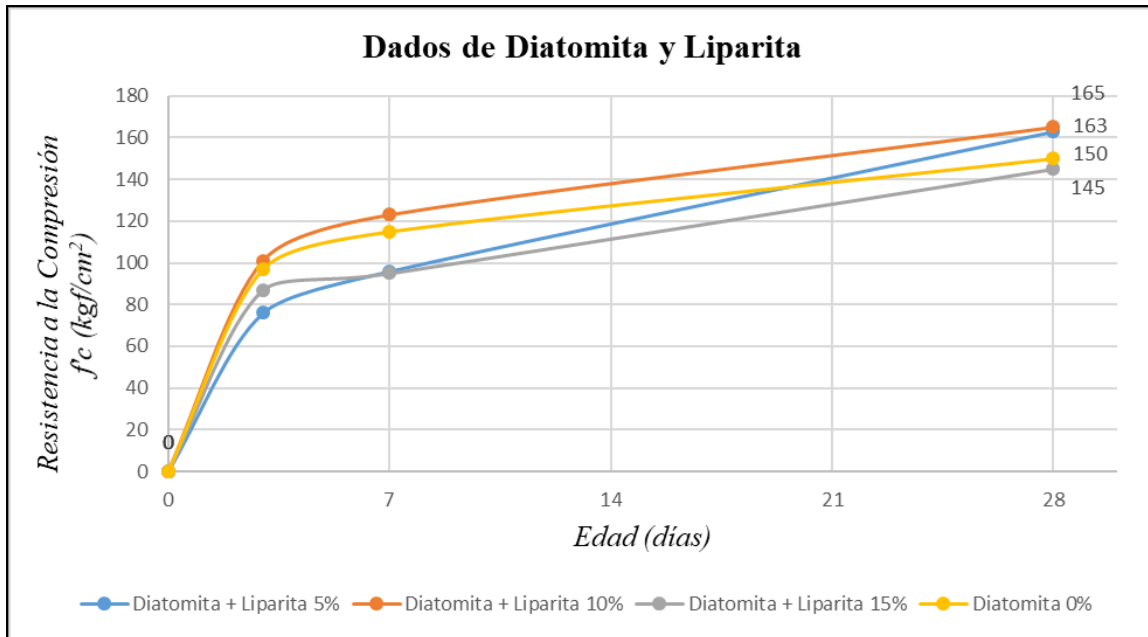


Ilustración 59: Comparación de f_c para morteros con 0%,5%,10% y 15% de Diatomita y Liparita

Fuente: Elaboración Propia

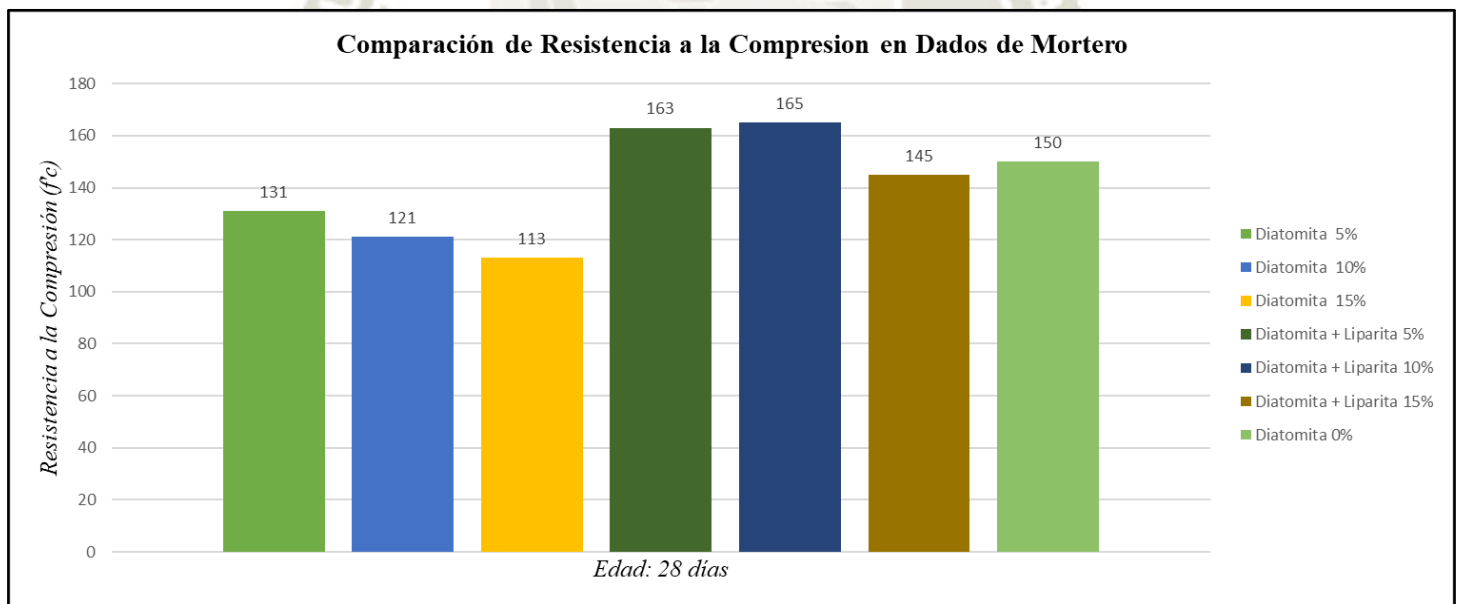


Ilustración 60: Comparación de f_c para morteros con 0%,5%,10% y 15% de Diatomita, Diatomita y Liparita a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que a los 28 días la mayor resistencia a compresión de los dados de mortero se obtuvo con la adición de Diatomita y Liparita al 10% (165 kgf/cm^2) seguida de Diatomita y Liparita al 5% (163 kgf/cm^2) y finalmente el mortero convencional (150 kgf/cm^2) además se verifica en los cuadros comparativos que ninguna muestra tuvo una dispersión porcentual mayor al 30% por lo que es aceptable los resultados. La tendencia en la curva de mortero con Diatomita tiene una inflexión a los 7 días y luego vuelve a incrementarse a comparación de la curva de mortero con Diatomita y Liparita que tiene en mayor parte presenta una tendencia a crecer.



4.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

Tabla 53: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 0% de Diatomita (Mortero Normal)

Diatomita	0%												
Edad	7	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PM-1	236.25	236.45	236.35	139.64	138.90	139.27	329.16	26584	80.77	211.45	1.52	0.866	69.95
PM-2	236.95	236.54	236.75	139.26	138.68	138.97	329.00	24667	74.98	211.60	1.52	0.866	64.93
PM-3	235.80	236.10	235.95	139.55	139.24	139.40	328.90	24820	75.47	210.28	1.51	0.863	65.13
Promedio			236.35			139.21			77.07				66.67

f_m Promedio 66.67 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 2.84 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 4.26%
 f_m Característica 63.8 kgf/cm²

Diatomita	0%												
Edad	14	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PM-4	235.92	236.26	236.09	138.89	138.55	138.72	327.50	25426	77.64	215.52	1.55	0.874	67.86
PM-5	236.85	236.55	236.70	138.92	139.32	139.12	329.30	28457	86.42	211.13	1.52	0.866	74.84
PM-6	236.59	236.6	236.60	139.25	138.44	138.85	328.50	30265	92.14	211.25	1.52	0.866	79.79
Promedio			236.46			138.90			85.40				74.16

f_m Promedio 74.16 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 6.00 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 8.09%
 f_m Característica 68.2 kgf/cm²

<i>Diatomita</i>	0%												
<i>Edad</i>	28	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PM-7	236.25	235.85	236.05	139.15	138.82	138.99	328.07	27735	84.54	213.72	1.54	0.871	73.65
PM-8	236.19	236.35	236.27	138.66	139.13	138.90	328.17	28509	86.88	214.7	1.55	0.874	75.93
PM-9	237.02	236.75	236.89	139.51	138.89	139.20	329.74	31689	96.11	219.45	1.58	0.882	84.81
Promedio			236.40			139.03			89.18				78.13

f_m Promedio	78.13	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	5.89	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	7.54%	
f'_m Característica	72.2	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 5% de Diatomita

<i>Diatomita</i>	5%												
<i>Edad</i>	7	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-1	235.74	236.89	236.32	138.94	138.73	138.84	328.09	27480	83.76	215.58	1.55	0.874	73.21
P-2	235.23	236.55	235.89	139.72	139.54	139.63	329.37	18308	55.59	214.88	1.54	0.871	48.43
P-3	236.54	235.73	236.14	138.59	139.62	139.11	328.48	22463	68.39	215.88	1.55	0.874	59.77
Promedio			236.11			139.19			69.25				60.47

f_m Promedio	60.47	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	12.40	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	20.51%	
f'_m Característica	48.1	kgf/cm²

Tabla 55: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 10% de Diatomita

Diatomita	10%												
Edad	7	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-1	236.37	236.68	236.53	138.67	138.47	138.57	327.75	31421	95.87	212.91	1.54	0.871	83.52
P-2	236.57	235.48	236.03	138.87	139.09	138.98	328.03	23377	71.27	213.99	1.54	0.871	62.09
P-3	235.84	235.92	235.88	138.88	138.68	138.78	327.35	21718	66.35	215.17	1.55	0.874	57.99
Promedio			236.14			138.78			77.83				67.87

f_m Promedio 67.87 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 13.71 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 20.20%
 f'_m Característica 54.2 kgf/cm²

Diatomita	10%												
Edad	14	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-4	235.21	236.5	235.86	139.06	139.39	139.23	328.37	24030	73.18	213.30	1.53	0.868	63.55
P-5	236.3	236.57	236.44	139.82	139.26	139.54	329.92	26276	79.65	213.52	1.53	0.868	69.17
P-6	236.26	236.64	236.45	139.17	139.99	139.58	330.04	25491	77.24	212.65	1.52	0.866	66.86
Promedio			236.25			139.45			76.69				66.53

f_m Promedio 66.53 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 2.82 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 4.25%
 f'_m Característica 63.7 kgf/cm²

<i>Diatomita</i>	10%												
<i>Edad</i>	28	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _m (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	f _m (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-7	236.67	235.6	236.14	138.06	138.91	138.49	327.01	34988	107.00	212.85	1.54	0.871	93.22
P-8	236.08	235.39	235.74	139.61	139.62	139.62	329.12	31039	94.31	211.22	1.51	0.863	81.37
P-9	235.65	236.91	236.28	139.58	139.52	139.55	329.73	28897	87.64	210.09	1.51	0.863	75.62
Promedio			236.05			139.22			96.32				83.40

f_m Promedio **83.40** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **8.98** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **10.76%**
f'_m Característica **74.4** **kgf/cm²**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 15% de Diatomita

<i>Diatomita</i>	15%												
<i>Edad</i>	7	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _m (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	f _m (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-1	235.97	236.1	236.04	138.45	139.13	138.79	327.59	20316	62.02	213.89	1.54	0.871	54.03
P-2	235.94	235.98	235.96	138.93	138.54	138.74	327.36	21669	66.20	210.28	1.52	0.866	57.30
P-3	237.05	235.98	236.52	138.35	138.71	138.53	327.64	29739	90.77	210.29	1.52	0.866	78.57
Promedio			236.17			138.69			73.00				63.30

f_m Promedio **63.30** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **13.32** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **21.05%**
f'_m Característica **50.0** **kgf/cm²**

<i>Diatomita</i>	15%												
<i>Edad</i>	14	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-4	235.8	236.1	235.95	139.47	139.23	139.35	328.80	33830	102.90	210.10	1.51	0.863	88.78
P-5	234.75	237.55	236.15	138.9	139.3	139.10	328.48	21511	65.49	209.58	1.51	0.863	56.50
P-6	235.93	235.64	235.79	139.42	139.47	139.45	328.79	21412	65.13	211.54	1.52	0.866	56.38
Promedio			235.96			139.30			77.84				67.22

f'_m Promedio 67.22 kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1}) 18.67 kgf/cm²
Coeficiente de Variación 27.78%
 f'_m Característica 48.5 kgf/cm²

<i>Diatomita</i>	15%												
<i>Edad</i>	28	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
P-7	236.28	235.83	236.06	138.84	139.46	139.15	328.47	26155	79.63	208.21	1.50	0.860	68.48
P-8	235.96	236.87	236.42	138.32	139.51	138.92	328.42	32433	98.76	209.56	1.51	0.863	85.21
P-9	235.83	236.41	236.12	138.05	140.04	139.05	328.31	31845	97.00	210.06	1.51	0.863	83.69
Promedio			236.20			139.04			91.80				79.13

f'_m Promedio 79.13 kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1}) 9.25 kgf/cm²
Coeficiente de Variación 11.69%
 f'_m Característica 69.9 kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 5% de Diatomita y Liparita

Diat. + Lip.	5%												
Edad	7		días										
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-1	235.94	236.15	236.05	138.26	139.43	138.85	327.74	32187	98.21	212.99	1.53	0.869	85.34
PL-2	235.64	235.46	235.55	138.08	139.17	138.63	326.53	26437	80.97	211.16	1.52	0.866	70.12
PL-3	236.12	234.52	235.32	138.33	139.84	139.09	327.29	31497	96.24	208.47	1.50	0.860	82.77
Promedio			235.64			138.85			91.81				79.41

f'_m Promedio 79.41 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 8.15 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 10.26%
 f'_m Característica 71.3 kgf/cm²

Diat. + Lip.	5%												
Edad	14		días										
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-4	235.71	236.57	236.14	138.03	138.85	138.44	326.91	24679	75.50	213.01	1.54	0.871	65.78
PL-5	235.92	236.22	236.07	137.95	137.77	137.86	325.45	26935	82.77	214.56	1.56	0.877	72.57
PL-6	236.34	236.6	236.47	139.21	139.65	139.43	329.71	29921	90.75	207.75	1.49	0.855	77.55
Promedio			236.23			138.58			83.01				71.96

f'_m Promedio 71.96 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 5.91 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 8.21%
 f'_m Característica 66.1 kgf/cm²

<i>Diat. + Lip.</i>	5%												
<i>Edad</i>	28	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-7	235.36	236.27	235.82	138.78	138.39	138.59	326.80	25677	78.57	211.79	1.53	0.869	68.28
PL-8	235.89	236.2	236.05	138.86	139.1	138.98	328.06	28261	86.15	211.68	1.52	0.866	74.61
PL-9	234.16	236.83	235.50	138.94	138.84	138.89	327.08	36375	111.22	210.865	1.52	0.866	96.32
Promedio			235.79			138.82			91.98				79.73

f_m Promedio	79.73	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	14.71	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	18.44%	
f'_m Característica	65.0	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 10% de Diatomita y Liparita

<i>Diat. + Lip.</i>	10%												
<i>Edad</i>	7	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-1	236.48	236.27	236.38	138.59	140.22	139.41	329.52	28517	86.55	207.04	1.49	0.855	73.96
PL-2	235.5	236.01	235.76	139.04	139.17	139.11	327.95	25997	79.28	206.54	1.48	0.849	67.31
PL-3	236.24	237.11	236.68	139.2	139.35	139.28	329.63	25487	77.33	209.61	1.51	0.863	66.74
Promedio			236.27			139.26			81.05				69.33

f_m Promedio	69.33	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	4.01	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	5.79%	
f'_m Característica	65.3	kgf/cm²

<i>Diat. + Lip.</i>	10%												
<i>Edad</i>	14	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-4	234.63	235.85	235.24	139.02	139.3	139.16	327.36	35701	109.06	208.04	1.49	0.855	93.19
PL-5	236.68	235.63	236.16	139.22	138.6	138.91	328.04	31906	97.27	212.17	1.53	0.869	84.53
PL-6	235.74	236.16	235.95	138.74	138.82	138.78	327.45	32363	98.84	210.29	1.52	0.866	85.60
Promedio			235.78			138.95			101.72				87.77

f'_m Promedio **87.77** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **4.72** *kgf/cm²*
Coeficiente de Variación **5.38%**
 f'_m Característica **83.0** *kgf/cm²*

<i>Diat. + Lip.</i>	10%												
<i>Edad</i>	28	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-7	236.62	235.87	236.25	140.36	139.01	139.69	330.00	38989	118.15	209.26	1.50	0.860	101.61
PL-8	235.87	235.89	235.88	139.18	138.63	138.91	327.65	32362	98.78	213.54	1.54	0.871	86.06
PL-9	235.59	235.64	235.62	138.59	139.27	138.93	327.34	34641	105.83	210.46	1.51	0.863	91.33
Promedio			235.91			139.17			107.59				93.00

f'_m Promedio **93.00** *kgf/cm²*
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **7.91** *kgf/cm²*
Coeficiente de Variación **8.50%**
 f'_m Característica **85.1** *kgf/cm²*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59: Ensayos de compresión en Pilas Mecanizadas con 15% de Diatomita y Liparita

Diat. + Lip.	15%												
Edad	7	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-1	235.73	235.29	235.51	139.38	139.26	139.32	328.11	29300	89.30	212.52	1.53	0.870	77.69
PL-2	236.07	235.89	235.98	138.33	138.62	138.48	326.77	26320	80.55	211.09	1.52	0.866	69.76
PL-3	235.76	235.46	235.61	139.58	138.83	139.21	327.98	29783	90.81	209.39	1.50	0.860	78.10
Promedio			235.70			139.00			86.89				75.18

f_m Promedio 75.18 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 4.70 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 6.26%
 f_m^t Característica 70.5 kgf/cm²

Diat. + Lip.	15%												
Edad	14	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-4	236.52	235.78	236.15	138.52	138.7	138.61	327.33	27799	84.93	209.60	1.51	0.863	73.29
PL-5	235.56	237.08	236.32	138.23	139.64	138.94	328.33	26597	81.01	209.82	1.51	0.863	69.91
PL-6	236.81	237.5	237.16	139.44	139.99	139.72	331.34	27825	83.98	211.27	1.51	0.863	72.47
Promedio			236.54			139.09			83.31				71.89

f_m Promedio 71.89 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 1.76 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 2.45%
 f_m^t Característica 70.1 kgf/cm²

<i>Diat. + Lip.</i>	15%												
<i>Edad</i>	28	<i>dias</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PL-7	236.42	235.91	236.17	138.4	139.25	138.83	327.86	32297	98.51	213.31	1.54	0.871	85.82
PL-8	235.7	236.26	235.98	139.34	140.06	139.70	329.66	32888	99.77	213.89	1.53	0.870	86.80
PL-9	236.56	235.96	236.26	139.53	138.94	139.24	328.96	28633	87.05	212.94	1.53	0.870	75.73
Promedio			236.14			139.25			95.11				82.79

f_m Promedio	82.79	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	6.13	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	7.40%	
f'_m Característica	76.7	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

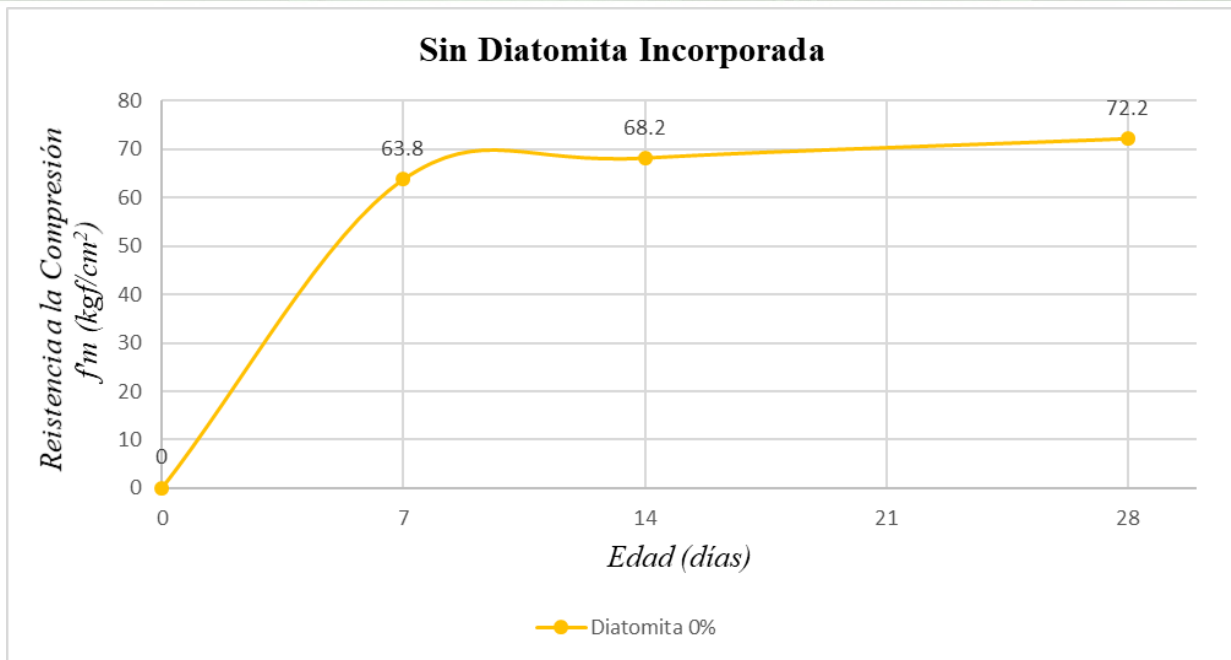


Ilustración 61: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 0% (Mortero Normal 1:4)

Fuente: Elaboración Propia

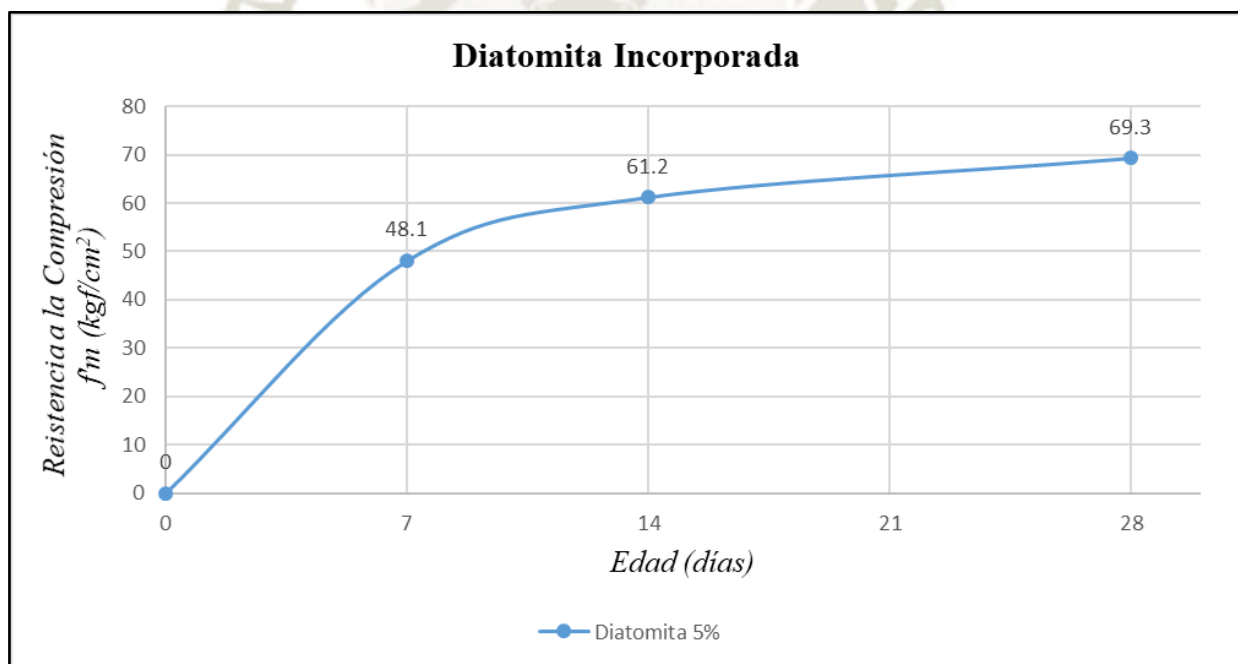


Ilustración 62: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 5%

Fuente: Elaboración Propia

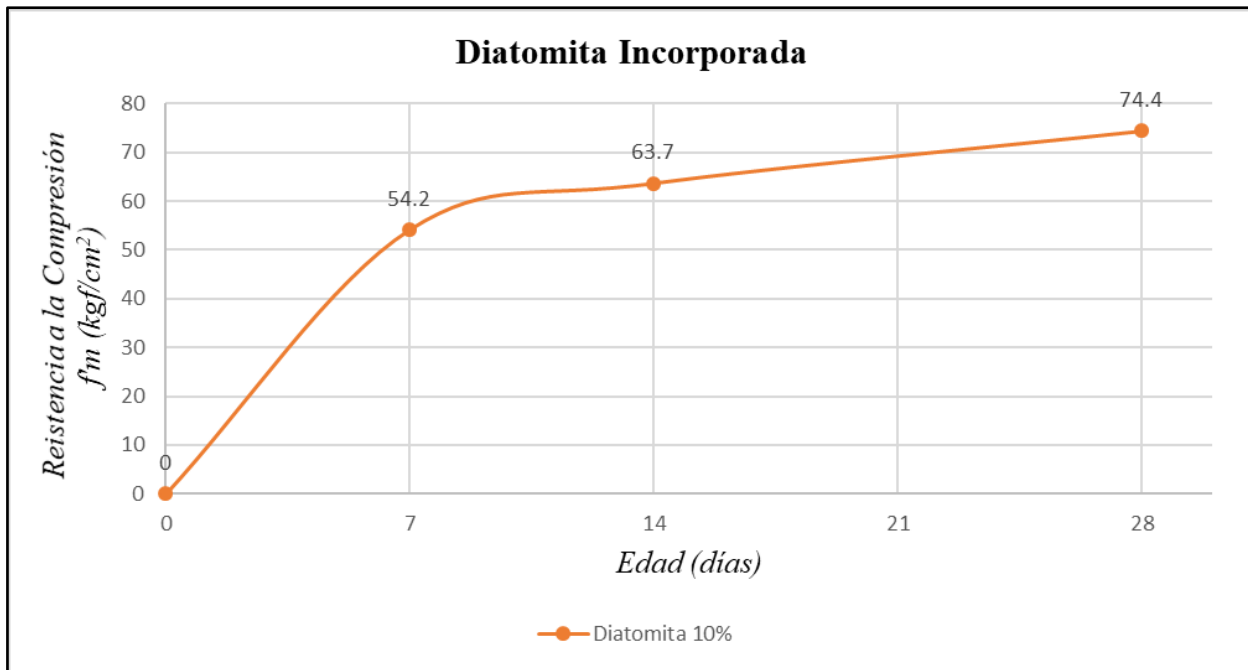


Ilustración 63: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 10%

Fuente: Elaboración Propia

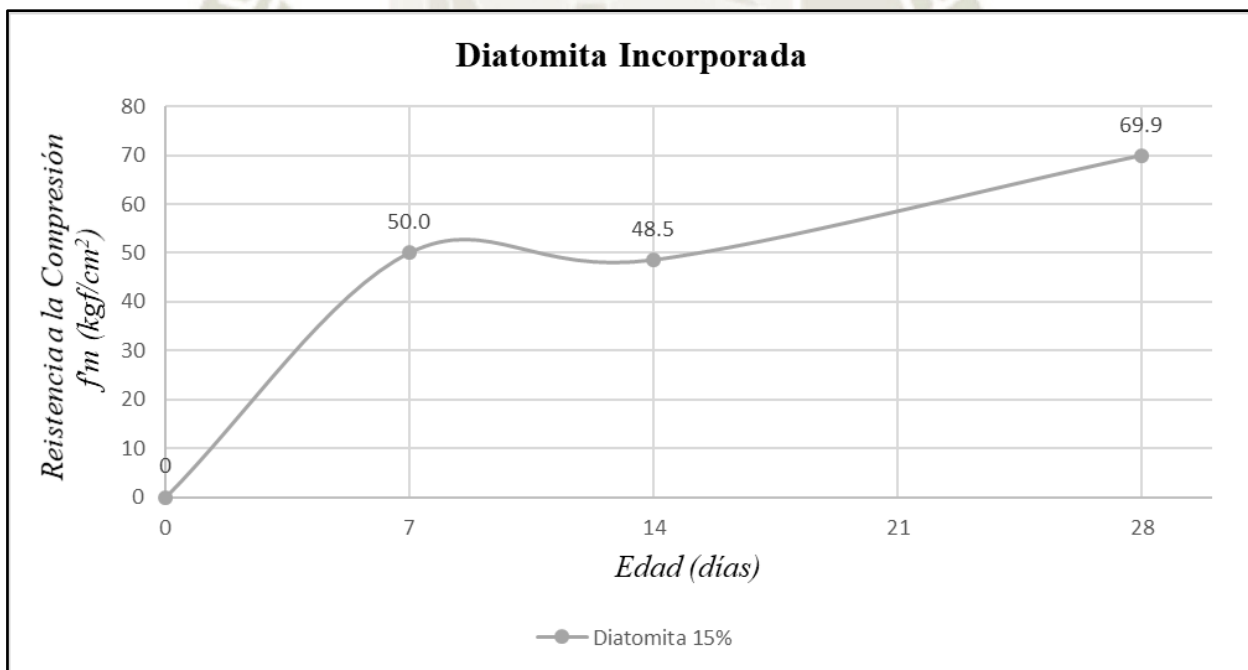


Ilustración 64: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 15%

Fuente: Elaboración Propia

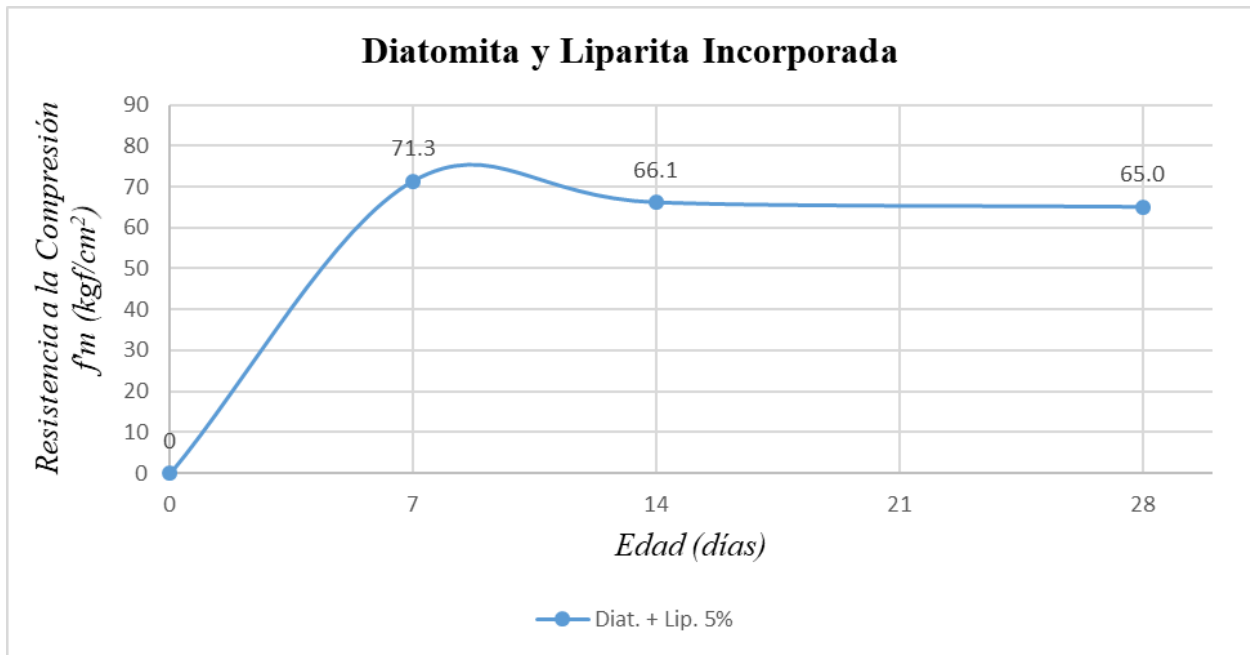


Ilustración 65: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 5%

Fuente: Elaboración Propia

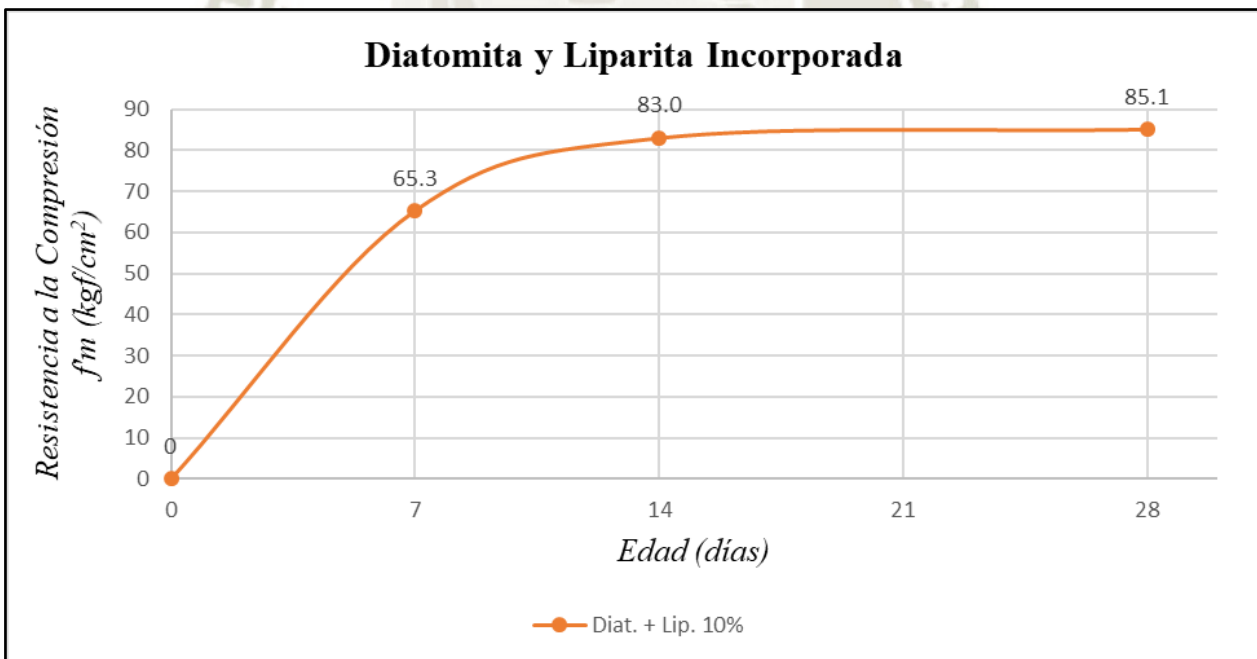


Ilustración 66: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 10%

Fuente: Elaboración Propia

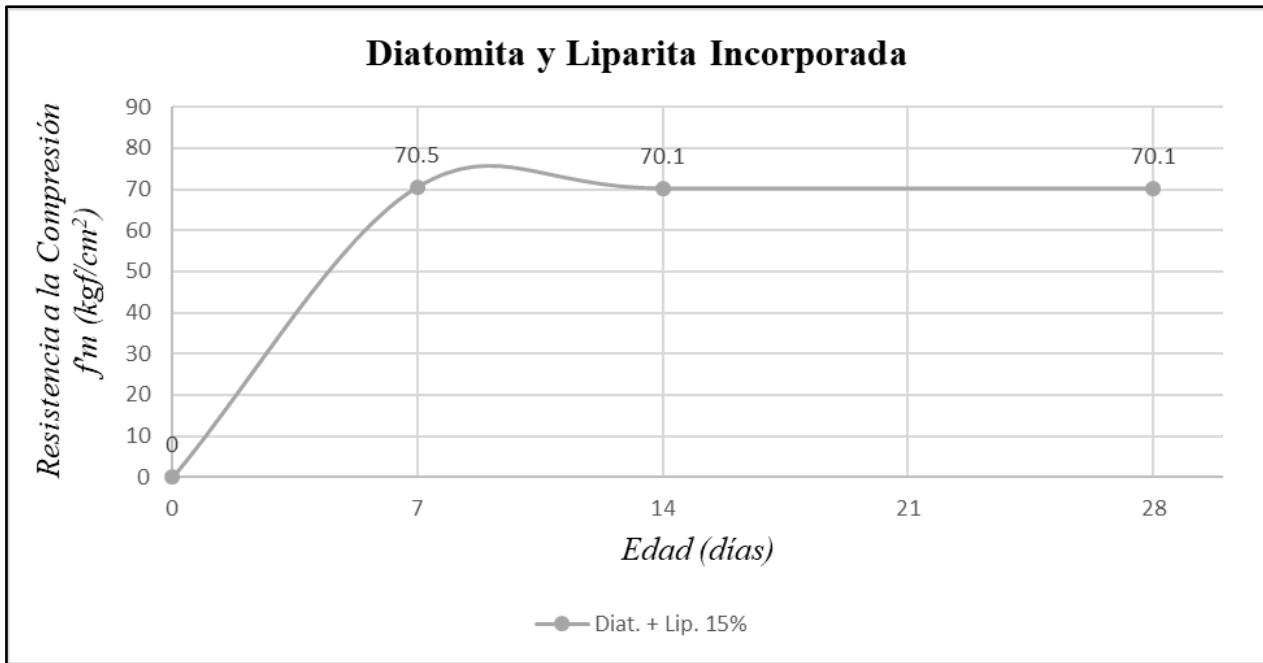


Ilustración 67: Resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 15%

Fuente: Elaboración Propia

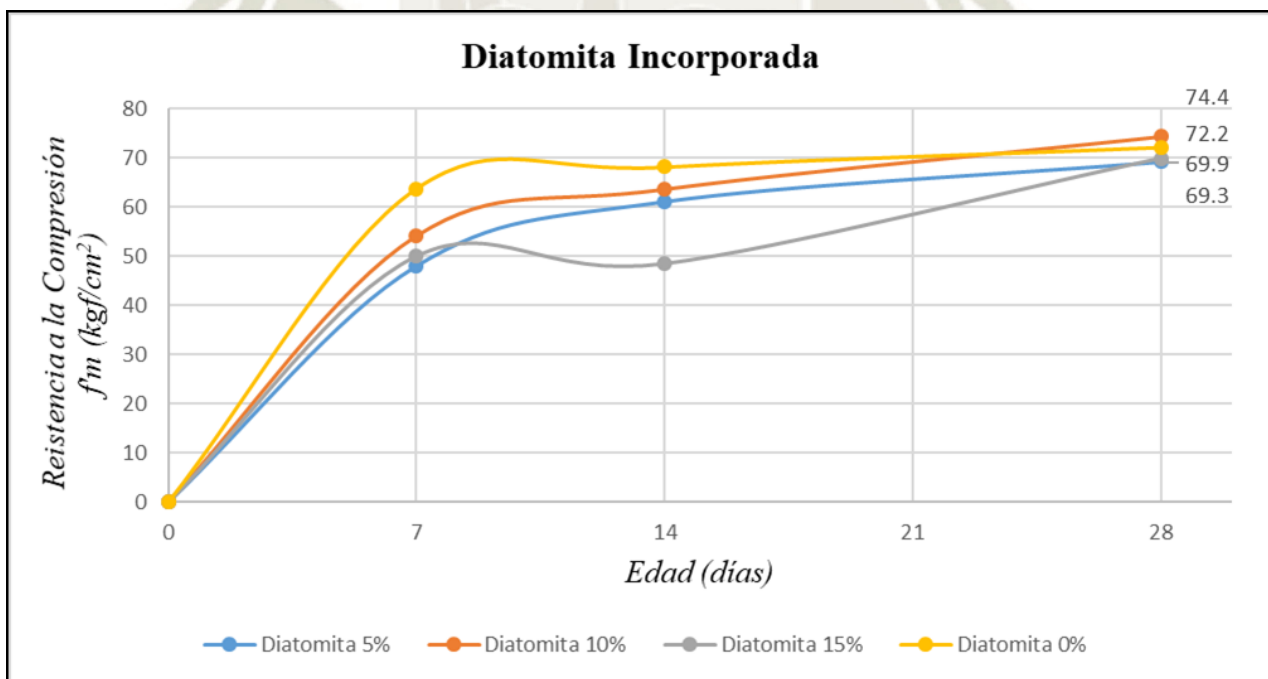


Ilustración 68: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita al 0%,5%,10% y 15%

Fuente: Elaboración Propia

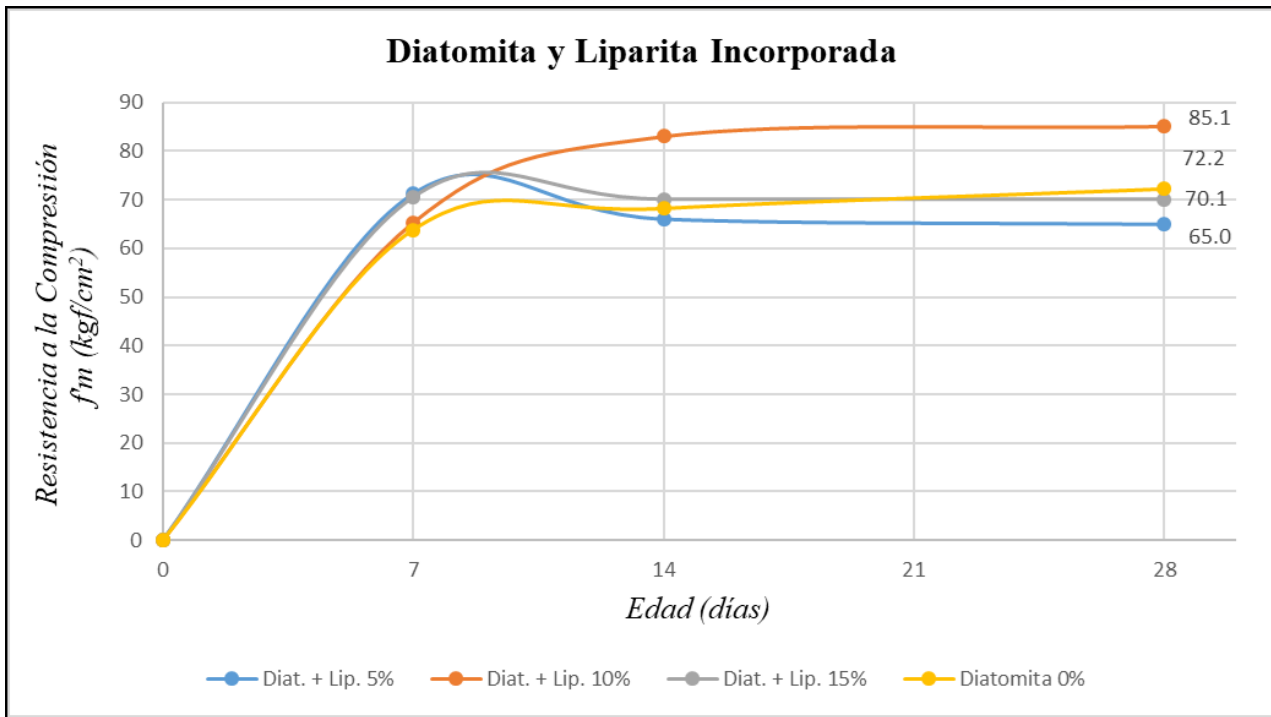


Ilustración 69: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas con Diatomita y Liparita al 0%,5%,10% y 15%

Fuente: Elaboración Propia

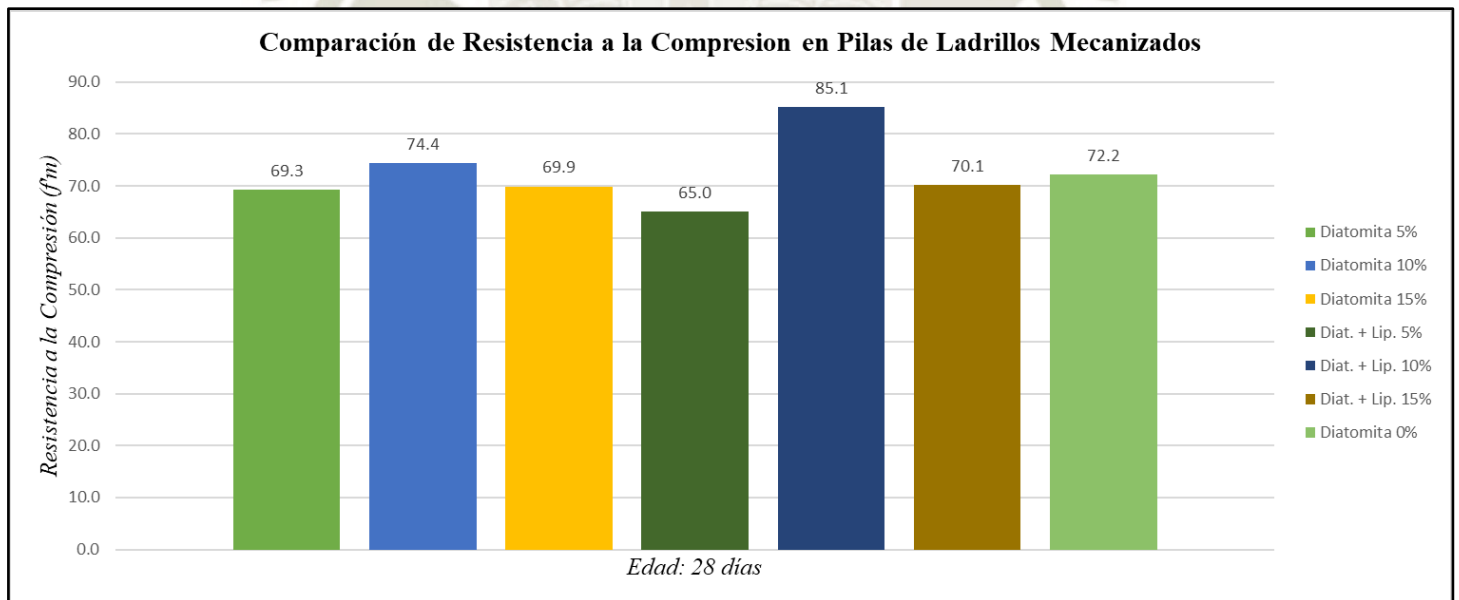


Ilustración 70: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas mecanizadas a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En los gráficos y tablas anteriores se analiza que para las pilas mecanizadas obtenidas a partir de la resistencia promedio menos una desviación estándar muestral esto con el fin de que el 84% de pilas ensayadas tendrán una resistencia mayor al valor característico. Los resultados obtenidos fueron que las mejores resistencias se obtuvieron a partir de la incorporación del 10% de Diatomita más Liparita (85.1 kgf/cm^2) seguido de 10% de Diatomita (74.4 kgf/cm^2) y finalmente el mortero convencional (72.2 kgf/cm^2) además en ningún caso se sobrepasó el máximo valor de la dispersión porcentual (30%). En algunas dosificaciones para las pilas mecanizadas se tuvo puntos de inflexión en su ensayo a los 14 días que lograron incrementarse la edad de 28 días. La falla más común que se produjo en las pilas mecanizadas fue la de rotura cónica generando de este modo grietas diagonales en las unidades usadas.

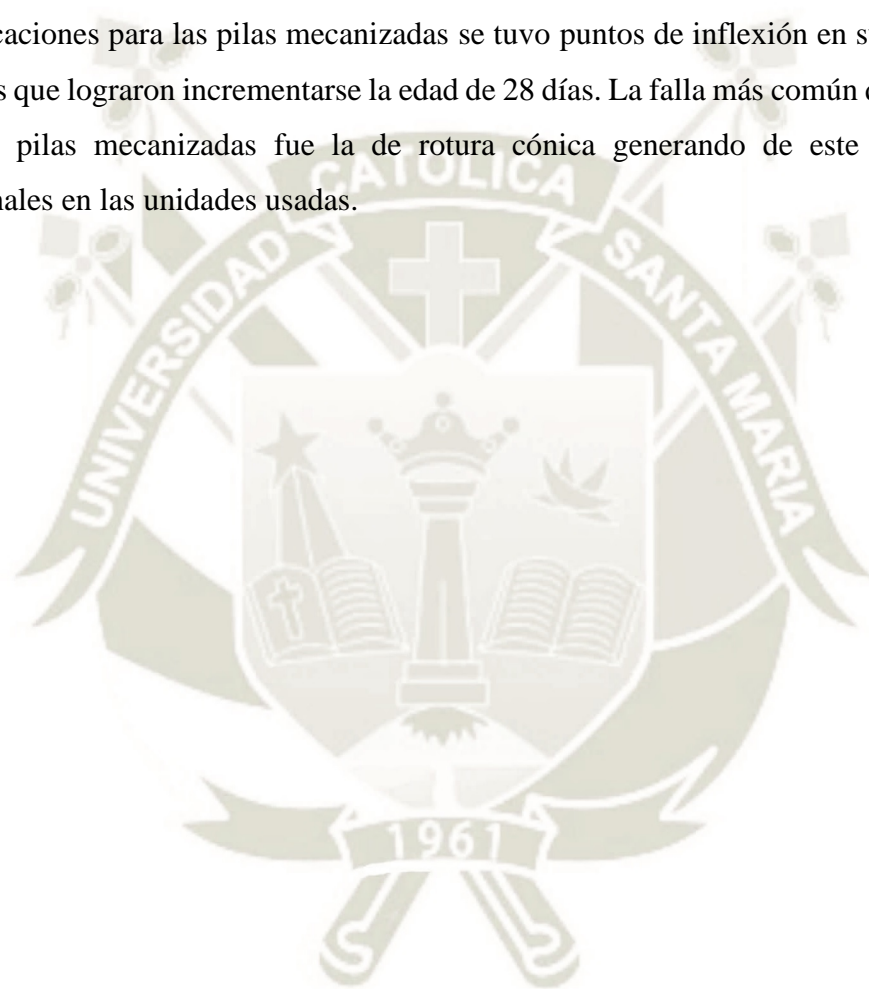


Tabla 60: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 0% de Diatomita (Mortero Normal 1:4)

Diatomita	0%												
Edad	7	dias											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PAL-1	220.15	219.85	220.00	127.65	128.55	128.10	281.82	10715	38.03	171.68	1.34	0.772	29.36
PAL-2	219.42	220.06	219.74	128.10	128.68	128.39	282.12	11508	40.80	171.18	1.33	0.767	31.27
PAL-3	221.26	219.12	220.19	128.25	127.88	128.07	281.99	14235	50.49	170.89	1.33	0.767	38.70
Promedio			219.98			128.19			43.11				33.11

f_m Promedio 33.11 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 4.93 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 14.90%
 f'_m Característica 28.2 kgf/cm²

Diatomita	0%												
Edad	14	dias											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PAL-4	224.56	223.41	223.99	127.25	126.52	126.89	284.20	14982	52.72	170.59	1.34	0.772	40.70
PAL-5	221.25	220.15	220.70	128.13	128.63	128.38	283.33	12060	42.57	170.16	1.33	0.767	32.63
PAL-6	219.58	221.64	220.61	127.89	128.55	128.22	282.87	13581	48.02	169.58	1.32	0.761	36.54
Promedio			221.77			127.83			47.77				36.62

f_m Promedio 36.62 kgf/cm²
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) 4.04 kgf/cm²
 Coeficiente de Variación 11.02%
 f'_m Característica 32.6 kgf/cm²

<i>Diatomita</i>	0%												
<i>Edad</i>	28	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PAL-7	220.15	219.86	220.01	127.59	126.47	127.03	279.47	12895	46.15	170.34	1.34	0.772	35.63
PAL-8	219.85	220.08	219.97	127.80	127.15	127.48	280.40	17519	62.48	169.55	1.33	0.767	47.89
PAL-9	221.27	222.15	220.71	128.15	127.24	129.18	285.11	14892	52.24	168.78	1.31	0.756	39.47
Promedio			220.23			127.90			53.62				41.00

f_m Promedio **41.00** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **6.27** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **15.30%**
f'_m Característica **34.7** **kgf/cm²**

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 5% de Diatomita

<i>Diatomita</i>	5%												
<i>Edad</i>	7	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PA-1	221.45	221.52	221.49	128.39	131.37	129.88	287.66	15062	52.36	170.89	1.32	0.761	39.85
PA-2	221.88	220.26	221.07	131.08	129.08	130.08	287.57	14636	50.90	168.79	1.30	0.750	38.18
PA-3	220.95	224.75	222.85	128.72	132.03	130.38	290.54	13420	46.19	173.74	1.33	0.767	35.40
Promedio			221.80			130.11			49.82				37.81

f_m Promedio **37.81** **kgf/cm²**
Desviación Estandar (σ_{n-1}) **2.24** **kgf/cm²**
Coefficiente de Variación **5.93%**
f'_m Característica **35.6** **kgf/cm²**

<i>Diatomita</i>	10%												
<i>Edad</i>	28	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PA-7	218.9	221.31	220.11	127.35	127.09	127.22	280.02	14599	52.14	165.2	1.30	0.750	39.11
PA-8	216.47	223.53	220.00	123.6	129.95	126.78	278.91	12797	45.89	169.035	1.33	0.767	35.17
PA-9	221.7	217.27	219.49	127.92	127.36	127.64	280.15	15354	54.81	160.85	1.40	0.750	41.11
Promedio			219.86			127.21			50.95				38.46

f_m Promedio	38.46	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	3.02	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	7.85%	
f'_m Característica	35.4	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 15% de Diatomita

<i>Diatomita</i>	15%												
<i>Edad</i>	7	<i>días</i>											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PA-1	218.84	220.06	219.45	126.42	125.09	125.76	275.97	12945	46.91	166.87	1.33	0.767	35.96
PA-2	219.65	222.56	221.11	129.77	129.22	129.50	286.32	14259	49.81	169.46	1.31	0.756	37.63
PA-3	219.34	220.96	220.15	125.77	129.9	127.84	281.43	15649	55.61	165.955	1.30	0.750	41.71
Promedio			220.24			127.70			50.78				38.43

f_m Promedio	38.43	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	2.96	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	7.70%	
f'_m Característica	35.5	kgf/cm²

Tabla 64: Ensayos de compresión en Pilas Artesanales con 5% de Diatomita y Liparita

Diat. + Lip.	5%												
Edad	7	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PAL-1	219.37	217.26	218.32	129.91	129.47	129.69	283.13	16269	57.47	168.05	1.30	0.750	43.10
PAL-2	217.79	224.22	221.01	129.06	132.7	130.88	289.25	12979	44.88	170.54	1.30	0.750	33.66
PAL-3	217.03	218.09	217.56	127.56	128.21	127.89	278.23	14562	52.34	165.815	1.30	0.750	39.26
Promedio			218.96			129.49			51.56				38.67

f_m Promedio **38.67** *kgf/cm²*
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) **4.75** *kgf/cm²*
 Coeficiente de Variación **12.28%**
 f'_m Característica **33.9** *kgf/cm²*

Diat. + Lip.	5%												
Edad	14	días											
ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	fm (kgf/cm ²)	ALTO	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	fm (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)				H (mm)			
PAL-4	217.01	220.13	218.57	124.71	129.81	127.26	278.15	13990	50.30	171.65	1.35	0.778	39.11
PAL-5	219.62	220.98	220.30	127.18	130.16	128.67	283.46	14082	49.68	167.375	1.30	0.750	37.26
PAL-6	221.21	216.06	218.64	128.56	125.72	127.14	277.97	11271	40.55	167.46	1.32	0.761	30.86
Promedio			219.17			127.69			46.84				35.74

f_m Promedio **35.74** *kgf/cm²*
 Desviación Estandar (σ_{n-1}) **4.33** *kgf/cm²*
 Coeficiente de Variación **12.11%**
 f'_m Característica **31.4** *kgf/cm²*

ESPECIMEN	LARGO			ANCHO			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kgf)	f _m (kgf/cm ²)	ALTO H (mm)	hp/tp	FACTOR DE ESBELTEZ	f _m (kgf/cm ²)
	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L _{prom} (mm)	B ₁ (mm)	B ₂ (mm)	B _{prom} (mm)							
PAL-7	216.39	226.86	221.63	128.57	128.96	128.77	285.38	11073	38.81	172.37	1.34	0.772	29.96
PAL-8	221.16	220.87	221.02	130.13	128.73	129.43	286.06	12950	45.28	174.77	1.35	0.778	35.21
PAL-9	219.9	221.52	220.71	131.02	127.34	129.18	285.11	16085	56.42	168.25	1.30	0.750	42.32
Promedio			221.12			129.13			46.84				35.83

f_m Promedio	35.83	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	4.34	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	12.12%	
f'_m Característica	31.5	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia



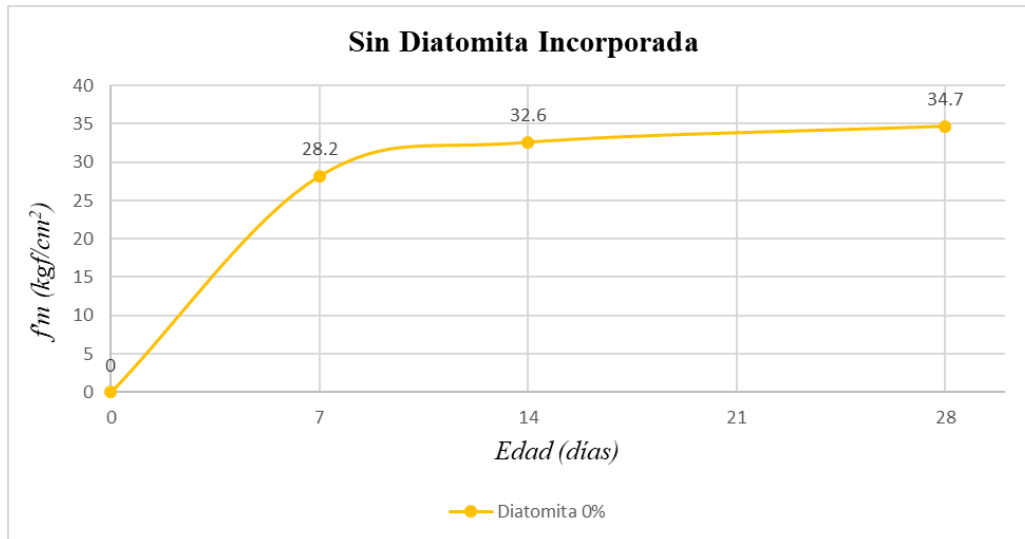


Ilustración 71: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 0% (Mortero Normal 1:4)

Fuente: Elaboración Propia

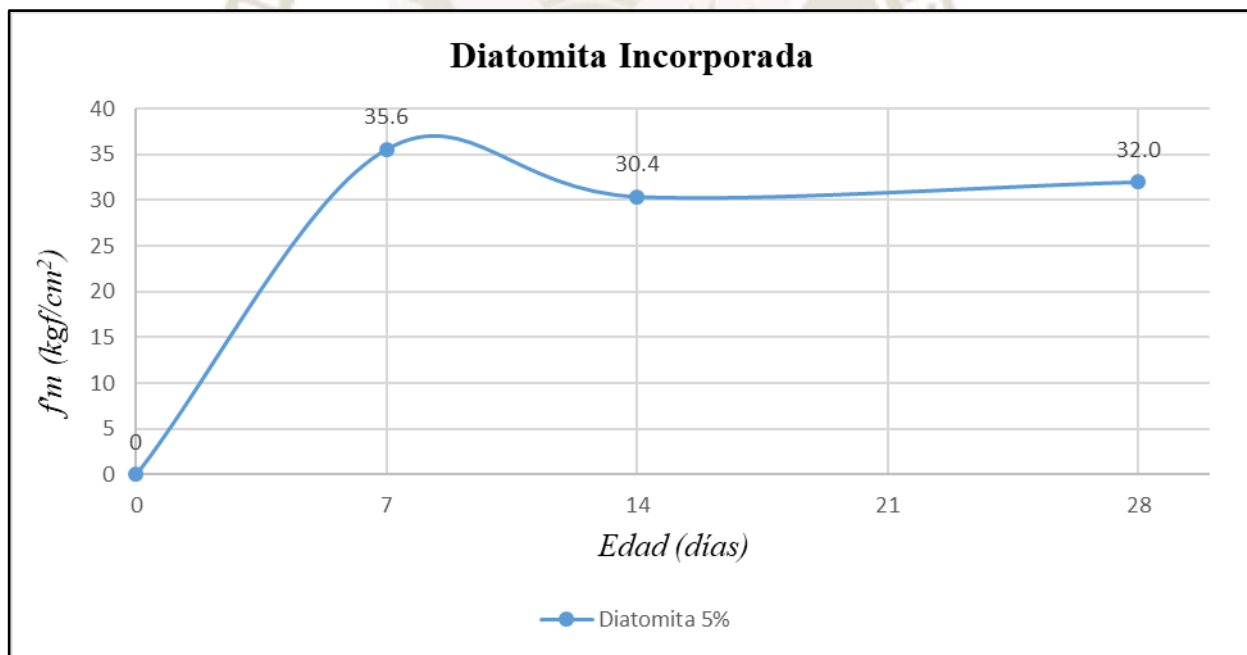


Ilustración 72: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 5%

Fuente: Elaboración Propia

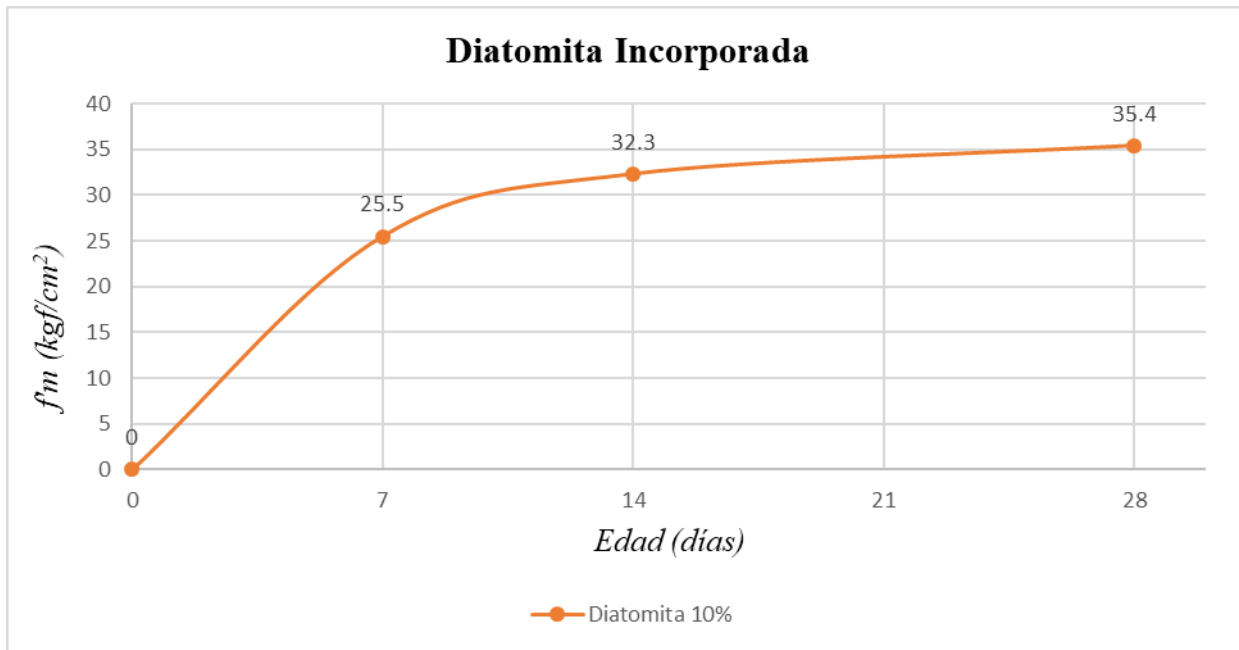


Ilustración 73: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 10%

Fuente: Elaboración Propia

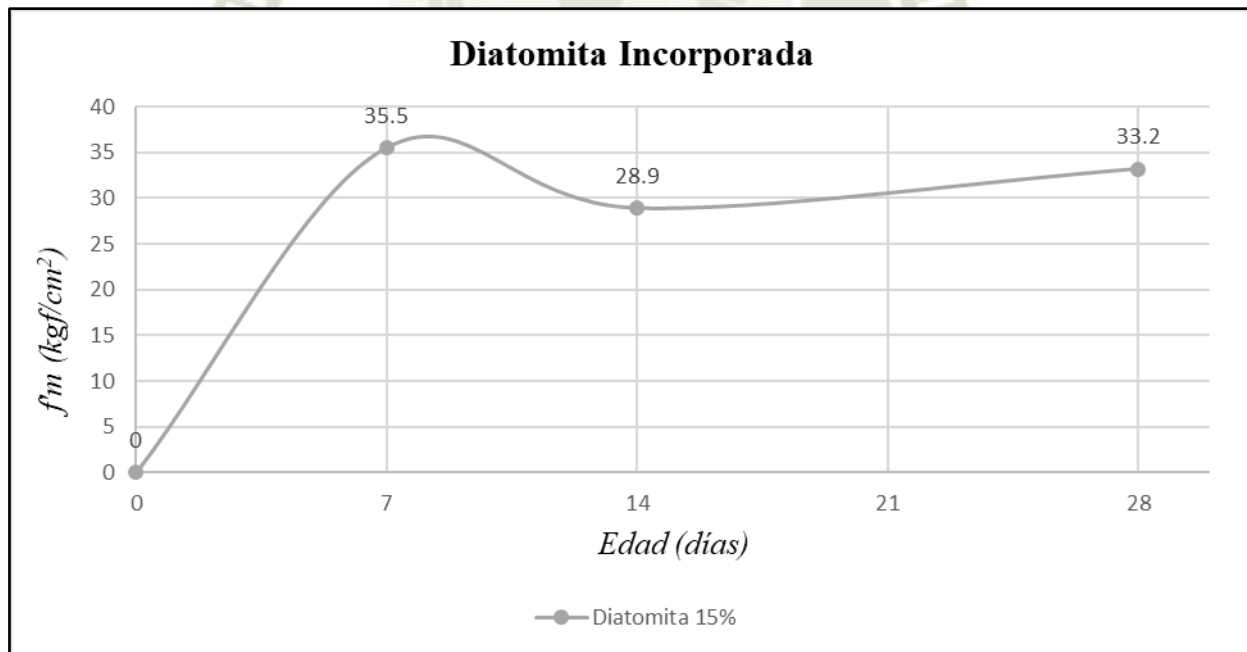


Ilustración 74: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 15%

Fuente: Elaboración Propia

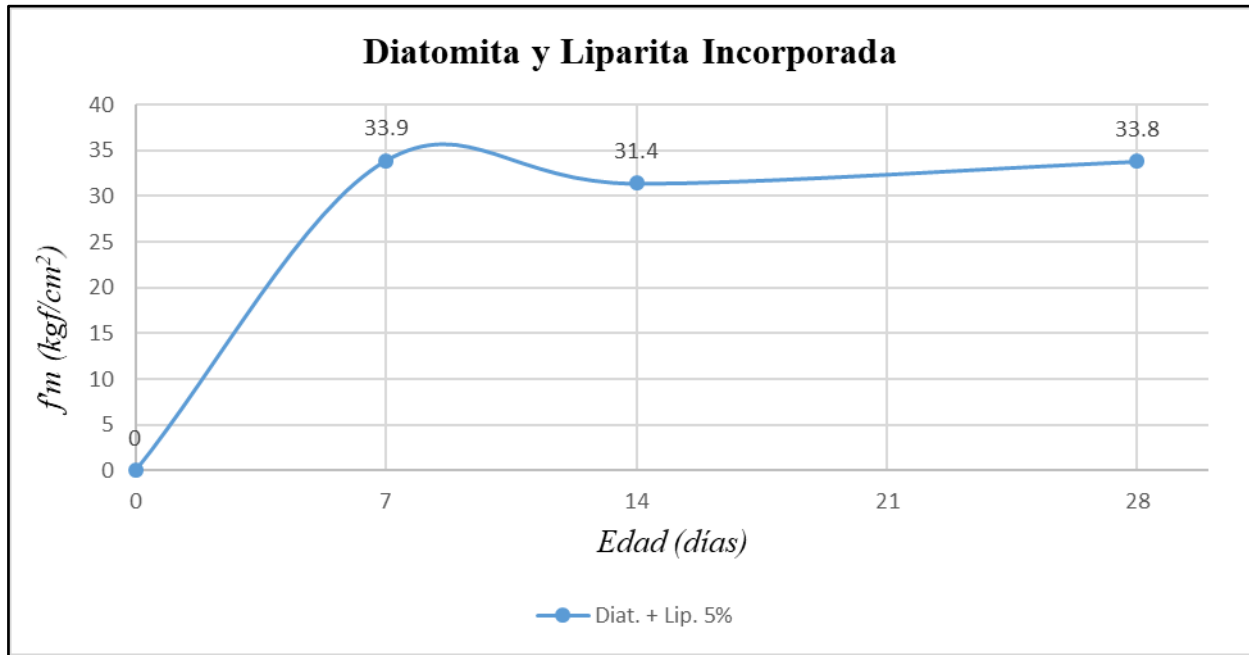


Ilustración 75: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 5%

Fuente: Elaboración Propia

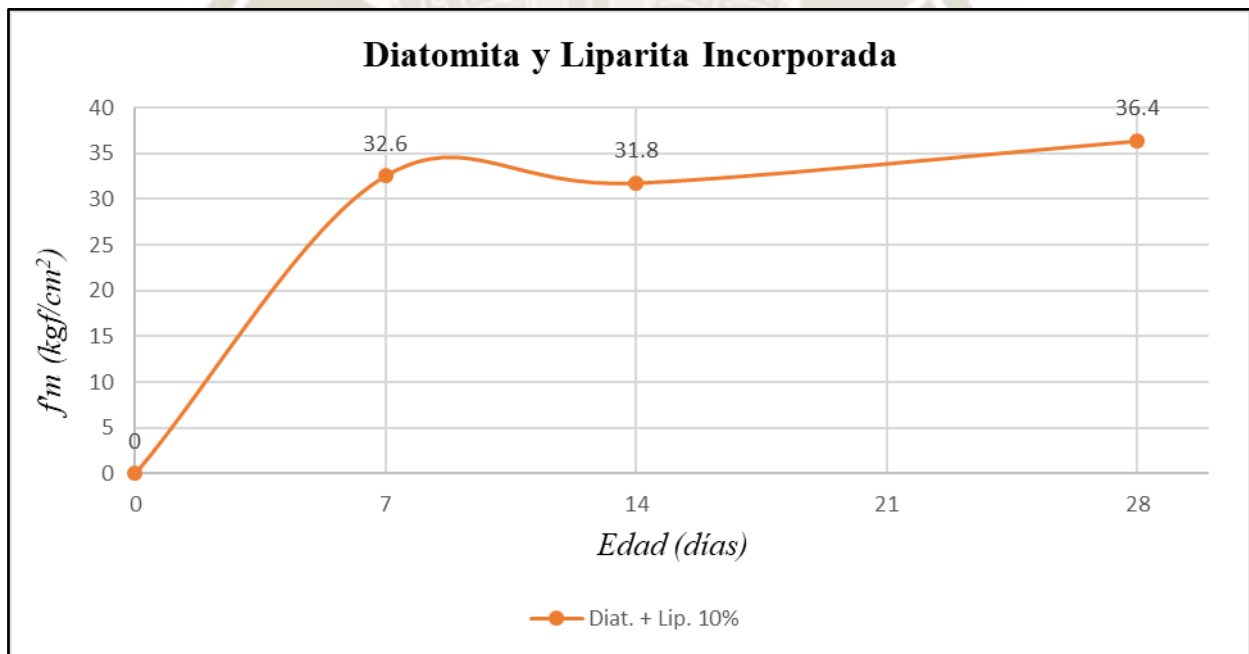


Ilustración 76: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 10%

Fuente: Elaboración Propia

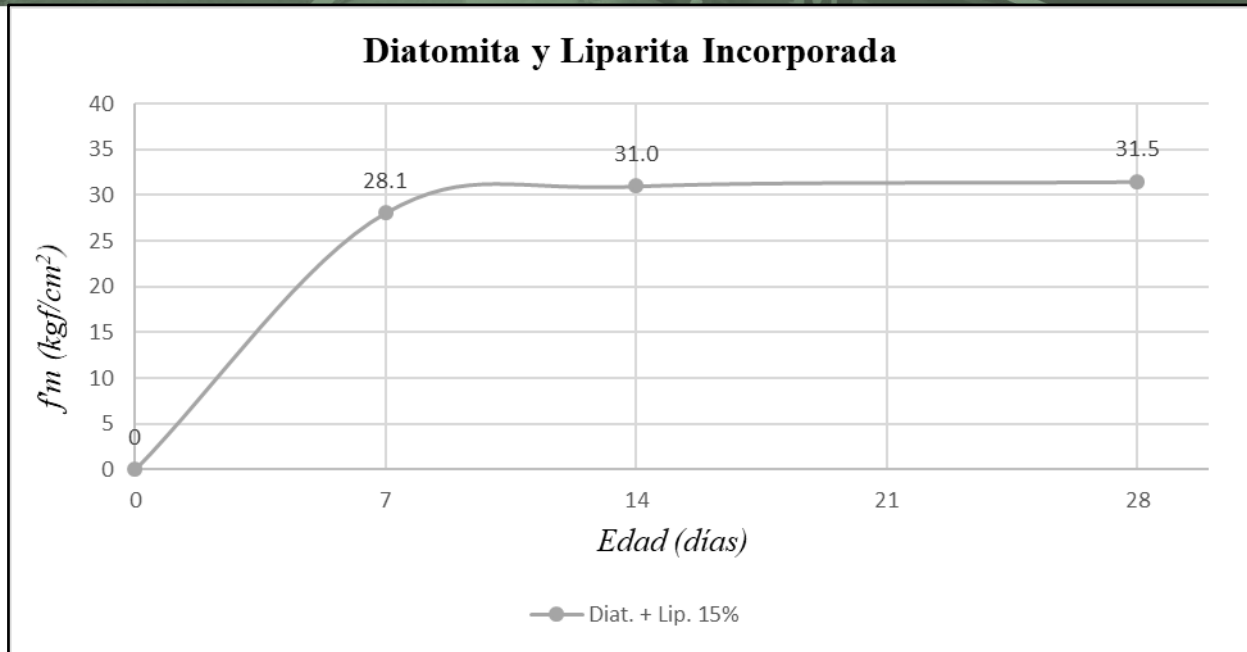


Ilustración 77: Resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 15%

Fuente: Elaboración Propia

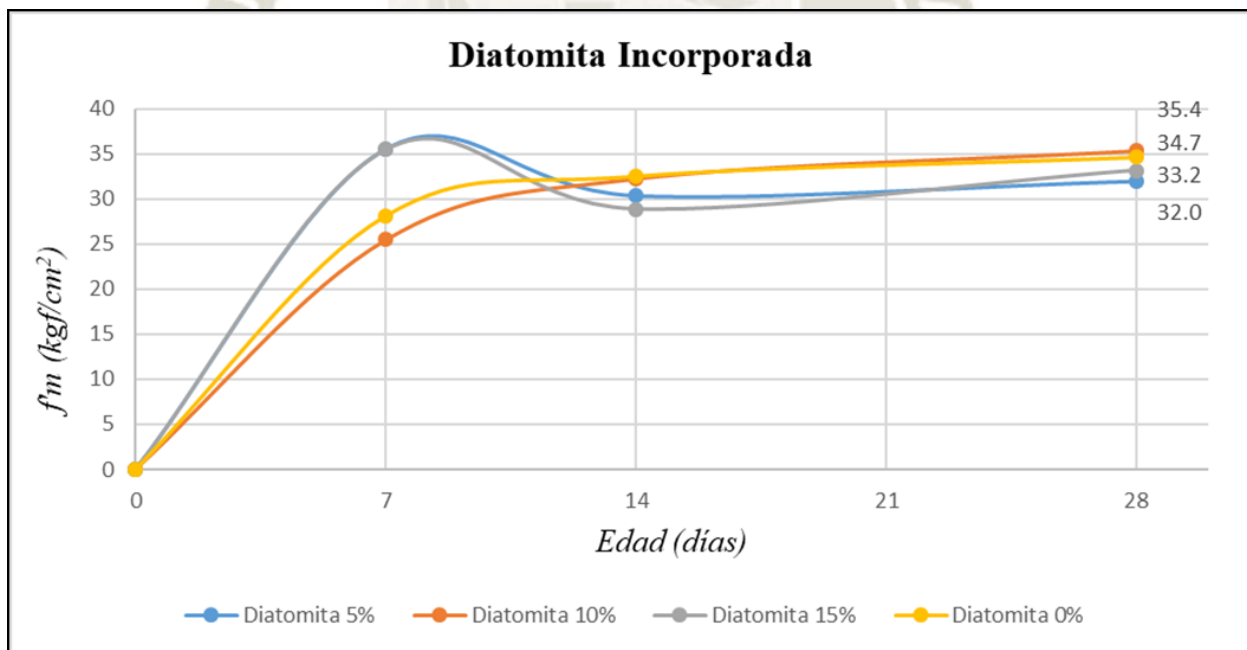


Ilustración 78: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita al 0%,5%,10% y 15%

Fuente: Elaboración Propia

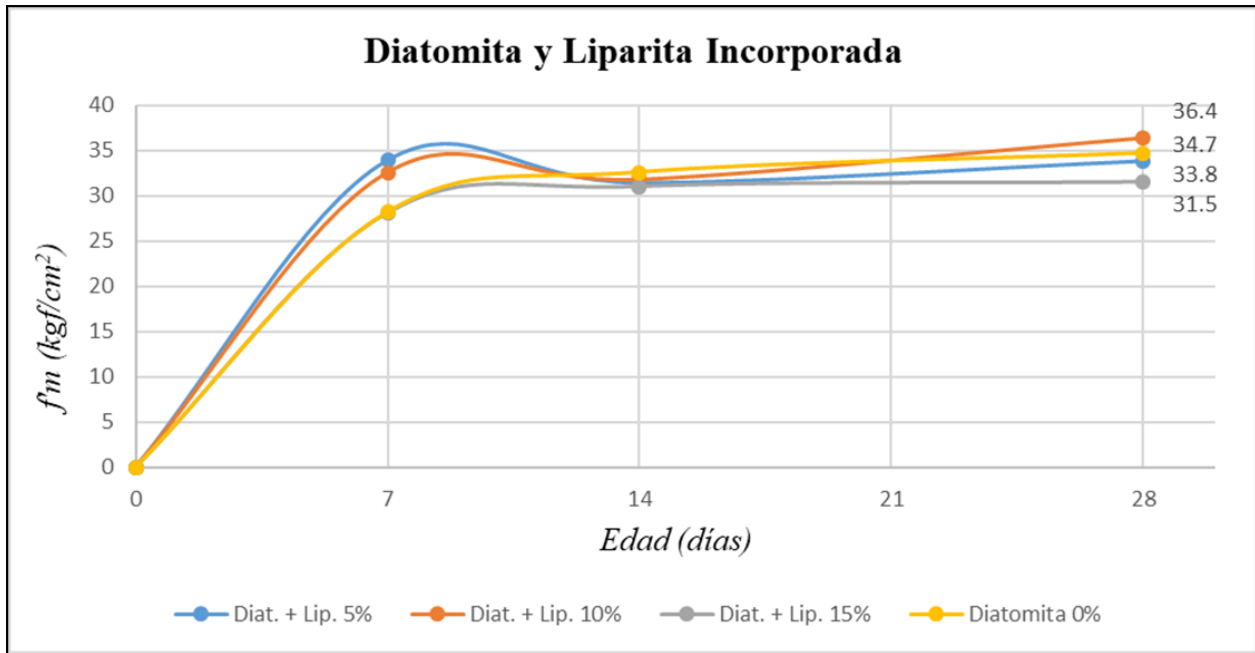


Ilustración 79: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales con Diatomita y Liparita al 0%,5%,10% y 15%

Fuente: Elaboración Propia

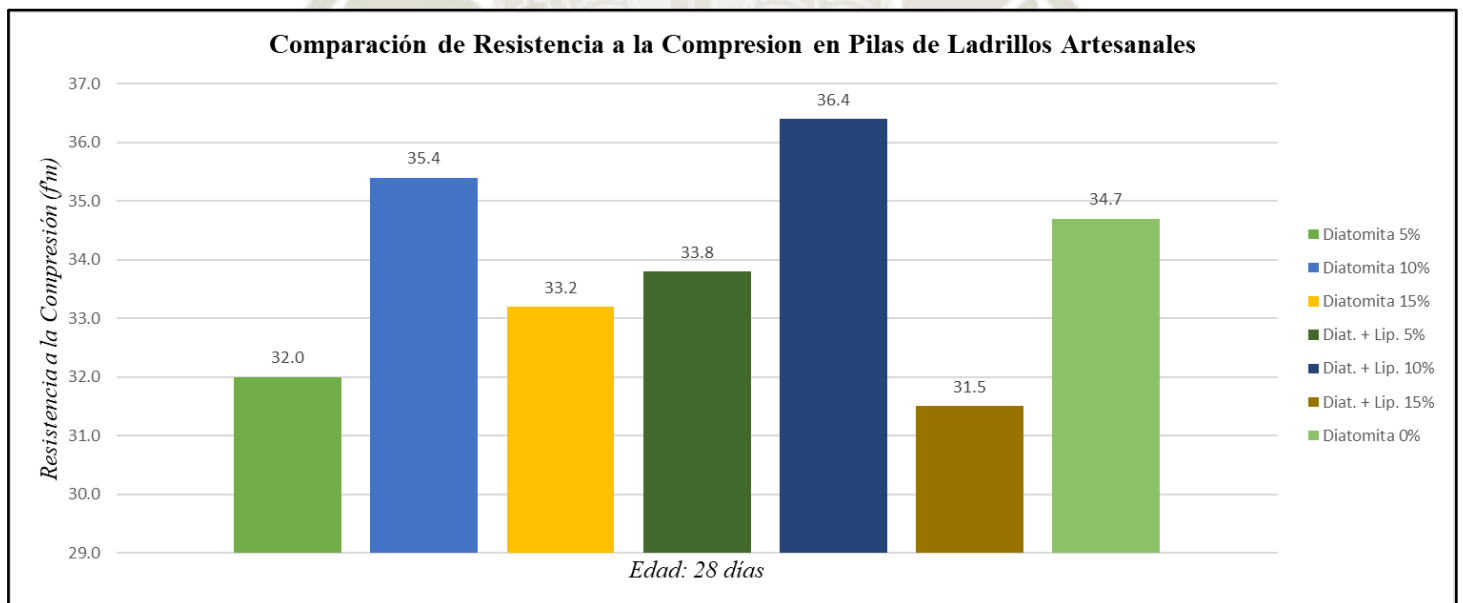


Ilustración 80: Comparación de la resistencia a la compresión en pilas artesanales a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

Para las pilas artesanales como se observa en los gráficos y tablas anteriores las mejores resistencias se obtuvieron a partir de la incorporación del 10% de Diatomita más Liparita (36.4 kgf/cm^2) seguida de 10% de Diatomita (35.4 kgf/cm^2) y finalmente del mortero convencional (34.7 kgf/cm^2) además que en ningún ensayo sobrepaso el máximo valor de la dispersión porcentual (30%). Para las pilas artesanales en algunas dosificaciones se tuvo puntos de inflexión en su ensayo a los 14 días reduciendo su resistencia frente a la edad de 7 días, aunque luego se incrementó y/o se mantuvo igual a los 28 días. La falla más común se produjo por separación del frente superficial generando grietas verticales en las unidades y el mortero.

4.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

Teniendo como referencia el ensayo a compresión en pilas se elaboró 3 muretes de ladrillos mecanizados y artesanales con la dosificación del 10% de Diatomita y 3 muretes de ladrillos mecanizados y artesanales con la dosificación del 10% de Diatomita y Liparita ya que estos presentaron los mejores resultados.

Tabla 67: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades mecanizadas con 10% de Diatomita

<i>Diatomita</i>	10%								
<i>Edad</i>	28	<i>dias</i>							
ESPECIMEN	LARGO	ALTO	ANCHO	AREA (cm ²)	CARGA APLICADA (psi)	AREA DE CABEZAL (pulg ²)	CARGA MAXIMA (lbf)	CARGA MAXIMA (kgf)	v _m (kgf/cm ²)
	L (cm)	H (cm)	B (cm)						
MD-10%-1	62	66.9	14	902.30	6000.00	5.15	30900.00	14016	10.98
MD-10%-2	61.5	66.8	14	898.10	5800.00	5.15	29870.00	13549	10.67
MD-10%-3	62.2	67	13.90	897.94	5800.00	5.15	29870.00	13549	10.67
Promedio									10.77

v_m Promedio	10.77	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	0.18	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	1.67%	
v'_m Característica	10.6	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

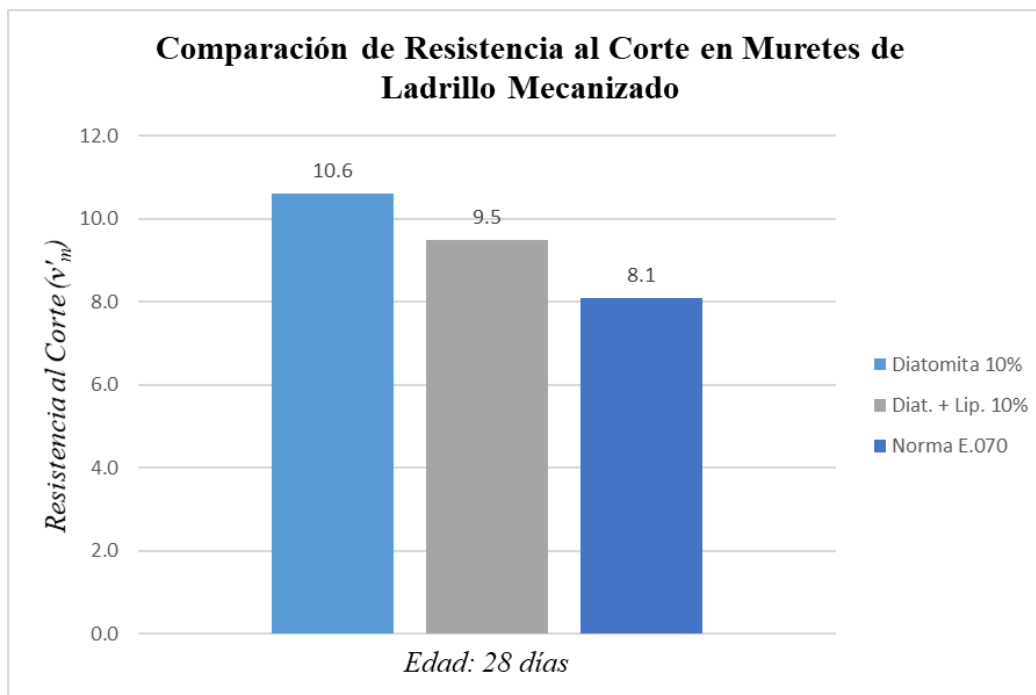


Ilustración 81: Comparación de la resistencia al corte en muretes de unidades mecanizadas a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69: Resistencia características de la albañilería

TABLA 9 ()**
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: (E.070 Albañilería, 2006, pág. 27)

Tabla 71: Ensayos de compresión diagonal en Muretes con unidades artesanales con 10% de Diatomita y Liparita

<i>Diat. + Lip.</i>	10%								
<i>Edad</i>	28	<i>días</i>							
ESPECIMEN	LARGO	ALTO	ANCHO	AREA (cm ²)	CARGA APLICADA (psi)	AREA DE CABEZAL (pulg ²)	CARGA MAXIMA (lbf)	CARGA MAXIMA (kgf)	v _m (kgf/cm ²)
	L (cm)	H (cm)	B (cm)						
ADL-10%-1	60.5	60.2	13.0	784.55	2600.00	5.15	13390.00	6074	5.47
ADL-10%-2	61.0	60.5	13.1	795.83	2000.00	5.15	10300.00	4672	4.15
ADL-10%-3	60.5	60.1	13.2	801.24	2200.00	5.15	11330.00	5139	4.54
Promedio									4.72

v_m Promedio	4.72	kgf/cm²
Desviación Estandar (σ_{n-1})	0.68	kgf/cm²
Coefficiente de Variación	14.37%	
v'_m Característica	4.0	kgf/cm²

Fuente: Elaboración Propia

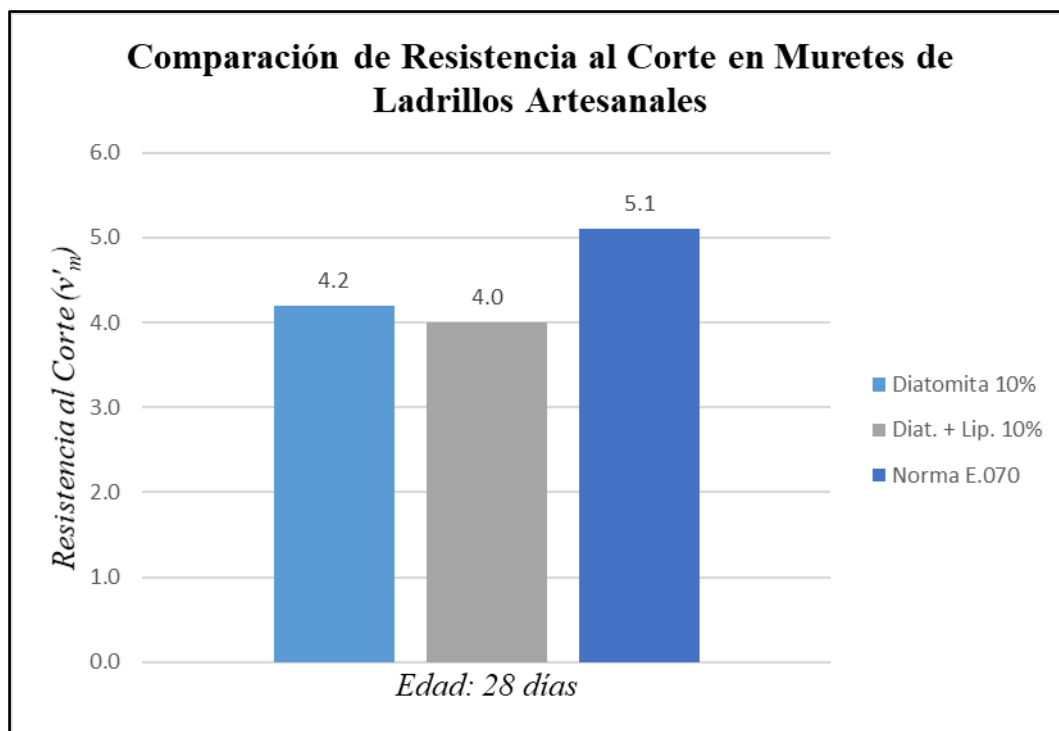


Ilustración 82: Comparación de la resistencia al corte en muretes de unidades artesanales a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo a corte de muretes elaborados con unidades mecanizadas se comparó los valores obtenidos en laboratorio con los que ensayo la Norma E.070 y aunque se observa que en los ensayos realizados en ambos superan el valor de la Normativa, esta nos recomienda “El valor de v'_m para diseño no será mayor de $\sqrt{f'_m}$ (kgf/cm^2)” (E.070 Albañilería, 2006, pág. 26) siguiendo esta recomendación si se desearía realizar un diseño estructural el mejor valor sería en su defecto la combinación de Diatomita y Liparita al 10 % ya que $v'_m = \sqrt{85.1} = 9.2 \text{ kgf/cm}^2 \cong 9.5 \text{ kgf/cm}^2$. La adherencia en ambos casos fue óptima obteniéndose una falla de tracción diagonal.

El ensayo a corte de muretes elaborados con unidades artesanales obtuvo los mejores resultados con la dosificación de Diatomita al 10 % donde además se adhirieron mejor estas unidades entre sí (presentado una falla a tracción diagonal) comparando los valores obtenidos en laboratorio con los que ensayo la Norma E.070 y se corroboró que en ambos casos ambos están por debajo del valor de la Normativa y esto se puede comprobar ya que las unidades deben ser de una calidad que abale la norma y en este caso las unidades son de una calidad muy baja (no clasificaron ni como tipo I).

CAPÍTULO V.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 ANÁLISIS DE COSTOS

La población de Polobaya construye sus viviendas (uso particular) con materiales nobles (30.1%), de adobe o tapia (63.5%) y de material precario (5.8%) según cifras estadísticas brindadas por el INEI esto nos hace pensar que la gran mayoría de las edificaciones que se tienen en Polobaya son vulnerables ante cualquier evento sísmico por lo que mayor cantidad, es por eso que debido a los ensayos realizados en la presente tesis se puede dar una mejora al mortero utilizado en obra para su aprovechamiento por la población ya que la Diatomita al igual que la Liparita son minerales no metálicos que tiene buenas propiedades en la adherencia de la unidad-mortero y es por ese motivo que a continuación se analizará el costo de producción por m³ de los diseños con resultados más óptimos ensayados, así como la comparación que tendrían con un mortero convencional.

Utilizando las dosificaciones de Diatomita al 10%, Diatomita y Liparita al 10% así como la Dosificación de Mortero normal se verificará cuál de los métodos anteriores es más factible y económico de realizar.

Tabla 72: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de vivienda particular, según distrito, 2017

Departamento	Provincia	Distrito	Total de viviendas particulares	Casa independiente	Departamento en edificio	Vivienda en quinta	Casa en vecindad	Chozo	Vivienda improvisada	Local no destinado para habitación humana	Otro tipo de vivienda particular
Arequipa	Arequipa	Pocsi	200	200	0	0	0	0	0	0	0
Arequipa	Arequipa	Polobaya	329	329	0	0	0	0	0	0	0
Arequipa	Arequipa	Quequeña	2 431	2 413	1	0	10	0	6	1	0
Arequipa	Arequipa	Sabandia	1 100	1 071	12	10	4	0	3	0	0

Fuente: (INEI, 2018)

Tabla 73: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017

Departamento	Provincia	Distrito	Total de viviendas particulares	Tipo de material predominante en las paredes exteriores					
				Material noble 1/		Material de adobe o tapia		Material precario 2/	
				Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Arequipa	Arequipa	Jacobo Hunter	11 278	10 664	94,6	436	3,9	71	0,6
Arequipa	Arequipa	La Joya	11 278	7 423	65,8	232	2,1	3 034	26,9
Arequipa	Arequipa	Mariano Melgar	15 915	14 843	93,3	611	3,8	264	1,7
Arequipa	Arequipa	Miraflores	15 041	14 293	95,0	617	4,1	75	0,5
Arequipa	Arequipa	Mollebaya	1 952	1 758	90,1	60	3,1	74	3,8
Arequipa	Arequipa	Paucarpata	29 805	28 656	96,1	789	2,6	156	0,5
Arequipa	Arequipa	Pocsi	200	67	33,5	100	50,0	31	15,5
Arequipa	Arequipa	Polobaya	329	99	30,1	209	63,5	19	5,8
Arequipa	Arequipa	Quequeña	2 431	2 189	90,0	112	4,6	76	3,1

Fuente: (INEI, 2018)



La cantidad de materiales por metro cubico de mortero normal, se utilizó la relación a/c igual a 0.72 (Salazar, 2014, pág. 81)

Tabla 74: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero normal (1:4)

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE MORTERO		
Materiales	Und.	Cantidad
Cemento Portland IP (1 p ³)	kg	42.500
Arena Gruesa (4 p ³)	kg	181.228
Agua	m ³	0.0306

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75: Rendimiento de la Mezcla del mortero normal

RENDIMIENTO DE LA MEZCLA				
Materiales	Und.	Cantidad	Peso Esp. (kg/m³)	m³
Cemento Portland IP	kg	42.50	3150	0.0135
Arena Gruesa	kg	181.2	2700	0.0671
Agua	m ³	30.60	1000	0.0306
Total				0.1112

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 76: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m³ de Mortero normal

CANTIDAD DE MATERIALES				
Materiales	Und.	Cantidad	Precio	Sub-Total
Cemento Portland IP	bls.	8.99	17.46	156.97
Arena Gruesa	m ³	1.02	33.90	34.52
Agua	m ³	0.28	5.68	1.56
Total (S/.)				193.06

Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración del mortero con 10% de Diatomita incorporada se utilizó la relación a/c igual a 0.847:

Tabla 77: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero con 10% de Diatomita

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE MORTERO		
Materiales	Und.	Cantidad
Cemento Portland IP + 10% de Diatomita (1 p ³)	kg	42.5
Arena Gruesa (4 p ³)	kg	181.2
Agua	m ³	0.0360

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78: Rendimiento de la Mezcla del mortero con 10% de Diatomita

RENDIMIENTO DE LA MEZCLA				
Materiales	Und.	Cantidad	Peso Esp. (kg/m ³)	m ³
Cemento Portland IP	kg	38.25	3150	0.0121
Diatomita	kg	4.25	2000	0.0021
Arena Gruesa	kg	181	2700	0.0671
Agua	m ³	32.398	1000	0.0324
Total				0.1138

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m³ de Mortero con 10% de Diatomita

CANTIDAD DE MATERIALES				
Materiales	Und.	Cantidad	Precio	Sub-Total
Cemento Portland IP	bls.	8.7883	17.46	153.42
Diatomita	m ³	0.0021	50.00	0.11
Arena Gruesa	m ³	0.9954	33.90	33.74
Agua	m ³	0.2412	5.68	1.37
Total (S/.)				188.64

Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración del mortero con 10% de Diatomita incorporada se utilizó la relación a/c igual a 0.923:

Tabla 80: Cantidad de Materiales por metro cúbico de Mortero con 10% de Diatomita y Liparita

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE MORTERO		
Materiales	Und.	Cantidad
Cemento Portland IP + 10% de Diatomita y Liparita (p ³)	kg	42.5
Arena Gruesa (p ³)	kg	181.2
Agua	m ³	0.0392

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81: Rendimiento de la Mezcla del mortero con 10% de Diatomita y Liparita

RENDIMIENTO DE LA MEZCLA				
Materiales	Und.	Cantidad	Peso Esp. (kg/m³)	m³
Cemento Portland IP	kg	38.25	3150	0.0121
Diatomita	kg	2.125	2000	0.0011
Liparita	kg	2.125	1350	0.0016
Arena Gruesa	kg	181	2700	0.0671
Agua	m ³	35.305	1000	0.0353
Total				0.1172

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82: Cantidad de Materiales para elaborar 1 m³ de Mortero con 10% de Diatomita y Liparita

CANTIDAD DE MATERIALES				
Materiales	Und.	Cantidad	Precio	Sub-Total
Cemento Portland IP	bls.	8.5320	17.46	148.95
Diatomita	m ³	0.0011	50.00	0.05
Liparita	m ³	0.0016	47.46	0.07
Arena Gruesa	m ³	0.9664	33.90	32.76
Agua	m ³	0.2780	5.68	1.58
Total (S/.)				183.42

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se optimizó la adherencia ladrillo-mortero adicionando Diatomita y Liparita por medio de los ensayos de resistencia a la compresión de pilas (f'_m) y adicionalmente con los ensayos de compresión diagonal (v'_m). En el primer ensayo se comprobó que la adición de mineral (diatomita y diatomita con liparita) en el mortero logro incrementar la resistencia de la pila (*Ilustración 70 e Ilustración 80*) y en el segundo ensayo se observó que los muretes elaborados con unidades mecanizadas y mortero con diatomita al 10% así como diatomita y liparita al 10% presentaron fallas por tracción diagonal (adherencia óptima) es decir se cortó tanto el mortero como la unidad mientras que los muretes elaborados con unidades artesanales para los casos de diatomita y liparita al 10% presentaron falla escalonada a diferencia de las que solo se adicione diatomita al 10% presentado fallas por tracción diagonal.
2. Se caracterizó las propiedades físico – mecánicas de las unidades que básicamente se agrupan en resistencia de la albañilería (resistencia a la compresión, variación dimensional, alabeo y succión) y durabilidad de la albañilería (resistencia a la compresión, densidad, eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación) del distrito de Polobaya resultando:

En cuanto a la variación dimensional las unidades artesanales de Mollebaya clasificaron como Tipo II con una dispersión porcentual (V) de 1.5%, las unidades mecanizadas de Mollebaya se clasifican como Tipo V con una dispersión porcentual (V) de 0.5% y finalmente las unidades mecanizadas del Diamante se clasifican como Tipo V con una dispersión porcentual (V) de 0.2%; con respecto al alabeo las unidades artesanales de Mollebaya clasificaron como Tipo IV, para las unidades mecanizadas de Mollebaya se clasifican como Tipo V y finalmente las unidades mecanizadas del Diamante se clasifican como Tipo V. Sin embargo, las unidades artesanales de Mollebaya ($f'_b = 34.93 \text{ kgf/cm}^2$) no llegan a clasificar ni como Tipo I ($f'_b = 50 \text{ kgf/cm}^2$) además de presentar un coeficiente de variación alto (18.98%), las unidades mecanizadas de Mollebaya ($f'_b = 70 \text{ kgf/cm}^2$) clasifican exactamente como Tipo II ($f'_b = 70 \text{ kgf/cm}^2$) mientras que las unidades del Diamante ($f'_b = 104 \text{ kgf/cm}^2$) clasifican como tipo III ($f'_b = 95 \text{ kgf/cm}^2$) . Con respecto a la succión, en las unidades

mecanizadas del Diamante (*promedio 46 g/200 cm².min*) se obtuvo resultados menores que en las de las unidades artesanales (*promedio 64 g g/200 cm².min*). Por otro lado, tanto las unidades artesanales (16.81%) como las mecanizadas (16.71%) presentaron una absorción similar; con respecto a la densidad de las unidades artesanales fueron de 1.4 g/cm³ mientras que de la unidad mecanizada del Diamante fueron de 1.71 g/cm³ con esto se calculó el coeficiente de saturación en las unidades artesanales (0.92) así como en la unidad mecanizada (1.1) concluyéndose que son demasiado absorbentes; finalmente tanto las unidades artesanales como las mecanizadas presentaron una ligera eflorescencia.

3. Se determinó la resistencia a compresión del mortero haciendo uso de los minerales Diatomita y Liparita resultando que los dados de mortero con Diatomita y Liparita al 5% (163 kgf/cm²) y Diatomita y Liparita al 10% (165 kgf/cm²) superaron el valor del mortero convencional (150 kgf/cm²) mientras que resultados más bajos se obtuvieron con Diatomita al 15% (113 kgf/cm²) y Diatomita al 10% (121 kgf/cm²) como se puede corroborar en la ilustración 58.
4. Se estimó una proporción volumétrica del mortero adicionado con los minerales Diatomita y Liparita obteniéndose un mayor rendimiento de volumen de mortero con respecto un mortero convencional y a un menor costo como se puede corroborar en las tablas (72-80).
5. Finalmente se compararon los resultados obtenidos de los ensayos que se realizaron a las unidades de albañilería con lo que establece la Norma E.070 concluyéndose que las unidades artesanales de Mollebaya no cumplen con las exigencias dadas por la normativa en cuanto a la resistencia de la unidad por lo que su calidad es muy baja, las unidades mecanizadas de Mollebaya clasificaron como tipo II siendo muy bajo por lo que por su calidad no es aceptable mientras que las unidades mecanizadas elaboradas por el Diamante si bien clasificaron como tipo III su valor de resistencia lo sitúa entre Tipo III y IV por lo que se concluye que su calidad es aceptable además en el ensayo de absorción tanto las unidades artesanales como las mecanizadas presentaron una absorción similar y siendo estas menores que 22% cumpliendo así con lo estipulado en la Norma E.070.
6. Referente al costo se concluyó que por m³ de un Mortero con Diatomita al 10% es un 2.2% menor que el de un mortero tradicional (1:4) y en el caso de un Mortero con Diatomita y Liparita al 10% es un 5% menor que el de un mortero tradicional (1:4).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que al realizar los ensayos tanto de compresión en pilas como de compresión diagonal en muretes se pueda llegar a evaluar los módulos de elasticidad (E_m) y de corte (G_m) respectivamente esto con la finalidad de ser usados en un análisis estructural.
2. No se debe remojar mucho las unidades tanto mecanizadas como artesanales ya que momento de asentar las misma, el exceso de agua provocara que parte del mortero vaya deslizándose por los bordes de la unidad.
3. Realizar los ensayos para verificar la adherencia ladrillo-mortero con unidades artesanales incineradas en hornos eléctricos ya que esta presenta menos variación dimensional facilitando de este modo el asentado y permitiendo uniformizar la aplicación de la pasta del mortero.
4. Se recomienda realizar ensayos de compresión diagonal para las otras dosificaciones (5% y 10% de Diatomita y Diatomita con Liparita) con la finalidad de verificar la adherencia que se presentara en el murete a ensayar además de realizar ensayos de pilas con un factor de esbeltez de 4 (5 unidades por pila) para minimizar efectos de restricción en los extremos.
5. Utilizar de preferencia un agregado (arena gruesa) que cumpla con las normativas técnicas ya que nos asegura un producto de calidad con menos porcentajes de finos esto debido a que aceleran la contracción del secado del mortero.
6. Se recomienda realizar un análisis físico-químico tanto de la diatomita como de la liparita con la finalidad de analizar sus propiedades para brindarles otras aplicaciones en la construcción.
7. Elaborar tanto las pilas como los muretes lo más cercano posible al laboratorio donde se realizarán los ensayos respectivos esto por el principal motivo de la movilización de los mismos ya que si no se tiene un cuidado en su transporte se verán afectados y como consecuencia se reflejará en los resultados obtenidos.
8. Comparar la adherencia del mortero-unidad ensayada con los productos del mercado local como son la mezcla ya predosificada de Mortero de Albañilería o el polímero Masa DunDun.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Casabonne, G. &. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Coque, L. F. (1992). Contribución al estudio de las diatomitas del Perú. *BOL. SOC. ESP. CERAM.* V, 433.
- INACAL. (11 de Diciembre de 2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.621*. Lima, Lima, Perú: INACAL.
- INACAL. (27 de 12 de 2017). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en la albañilería. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.613*. Lima, Lima, Perú.
- INACAL. (11 de Noviembre de 2018). CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 334.051*. Lima, Lima, Perú: INACAL.
- INACAL. (12 de Diciembre de 2018). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería . *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.605*. Lima, Lima, Perú: INACAL.
- INDECOPI. (Octubre de 1978). Elementos de arcilla cocida, Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería Requisitos. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (31 de Mayo de 2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012*. Lima, Perú.
- INEI. (Agosto de 2018). Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares - Acceso a servicios básicos. Lima, Lima, Perú: INEI.
- INGEMMET. (17 de Abril de 2010). Diatomitas Diatomitas en el Perú características y aplicaciones. Lima, Lima, Perú: INGEMMET.
- INGEMMET. (2010). Estudio Geológico-Económico de minerales industriales de Arequipa y alrededores . Lima, Perú: INGEMMET.
- INGEMMET. (30 de Noviembre de 2011). Estudio Geológico económico de la rocas y minerales Industriales en las regiones de Moquegua y Tacna. *Boletín N°26 Serie B-Geología Economica*. Lima, Lima, Perú: INGEMMET.
- López, N. &. (2006). *Tecnología de los Materiales*. Huancayo: Universidad Peruana de los Andes .

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). E.070 Albañilería. *Norma Técnica de Edificación*. Lima, Perú.

Polo Collantes, R. (2016). *Materiales de construcción*. Lima: Megabyte.

Rivva López, E. (2015). *Diseño de Mezclas* (Tercera ed.). Lima, Perú.

Salazar, J. R. (2014). *COSTOS Y PRESUPUESTOS EN EDIFICACIÓN*. Lima: CAPECO.

San Bartolomé, Q. &. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

SENCICO . (Mayo de 2005). Comentarios de la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería Informe Final (Capítulos del 1 al 10). Lima, Perú.



ANEXOS

1. Ficha Técnicas de la Unidad mecanizada KK Fortaleza H10



Características Físicas

Denominación:
King Kong Fortaleza - H10

Medidas:
10x14x24(cm)

Peso:
3.35 Kg (mín) - 3.75 Kg (máx)

Rend:
34 Und/m²

Unidad Perforada
Área de vacío mín. 41% - máx. 45%

Clasificación

Según norma E070
(Norma Técnica de Albañilería E-070)

Clase IV

Alabeo Máximo
4 mm

Resistencia a Compresión Mínimo
130 (Kg/cm²)

Variación de la dimensión
±4 % Máximo Alto
±3 % Máximo Ancho
±2 % Máximo de Largo

Absorción Máxima 22 %

King Kong
Fortaleza
H10



Bondades

- Resistentes
- Mecanizado
- Duraderos
- Termo / Acústicos
- Ecológicos
- Anti inflamables
- Medidas Uniformes (Ahorro de Tarrajeo)
- Garantía (Sello Diamante)

 CÓDIGO: FTGCOVE03
VERSIÓN: V01

FICHA TÉCNICA

Fuente: El Diamante

2. Análisis de Costo Unitario

Análisis de Costos Unitarios

Proyecto TESIS
Sub Presupuesto MUROS DE ALBAÑILERÍA
Cliente HABA
Ubicación POLOBAYA - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : Octubre - 2019

Partida	01	MURO DE SOGA LADRILLO KING-KONG CON CEMENTO -ARENA	Rend:	7.2000 m2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.1111	27.53	3.06
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	1.1111	22.94	25.49
47 00009	PEON	HH	0.500	0.5556	16.39	9.11
						37.66
Materiales						
02 00118	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0200	4.15	0.08
04 00029	ARENA GRUESA	m3		0.0285	33.90	0.97
05 00002	AGUA	m3		0.0077	5.68	0.04
17 01402	LADRILLO K.K. DE ARCILLA 10X14X24 CM	und		38.0000	0.88	33.44
21 00100	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol		0.2514	17.46	4.39
44 00604	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		0.4030	3.50	1.41
						40.33
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	37.66	1.13
						1.13
						Costo Unitario por m2 : 79.12
Partida	02	MURO DE SOGA LADRILLO KING-KONG CON CEMENTO + DIATOMITA -ARENA	Rend:	7.2000 m2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.1111	27.53	3.06
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	1.1111	22.94	25.49
47 00009	PEON	HH	0.500	0.5556	16.39	9.11
						37.66
Materiales						
02 00118	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0200	4.15	0.08
04 00029	ARENA GRUESA	m3		0.0278	33.90	0.94
05 00002	AGUA	m3		0.0067	5.68	0.04
17 01402	LADRILLO K.K. DE ARCILLA 10X14X24 CM	und		38.0000	0.88	33.44
21 00100	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol		0.2458	17.46	4.29
30 07183	DIATOMITA	bol		0.0028	5.00	0.01
44 00604	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		0.4030	3.50	1.41
						40.21
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	37.66	1.13
						1.13
						Costo Unitario por m2 : 79.00
Partida	03	MURO DE SOGA LADRILLO KING-KONG CON CEMENTO + DIATOMITA + LIPARITA -ARENA	Rend:	7.2000 m2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.1111	27.53	3.06
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	1.1111	22.94	25.49
47 00009	PEON	HH	0.500	0.5556	16.39	9.11
						37.66
Materiales						
02 00118	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0200	4.15	0.08
04 00029	ARENA GRUESA	m3		0.0278	33.90	0.94
05 00002	AGUA	m3		0.0078	5.68	0.04
17 01402	LADRILLO K.K. DE ARCILLA 10X14X24 CM	und		38.0000	0.88	33.44
21 00100	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol		0.2386	17.46	4.17
30 07183	DIATOMITA	bol		0.0014	5.00	0.01
30 07184	LIPARITA	bol		0.0014	4.00	0.01
44 00604	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		0.4030	3.50	1.41
						40.10
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	37.66	1.13
						1.13
						Costo Unitario por m2 : 78.89

3. Panel Fotográfico



Fotografía 1: Obtención de la Diatomita en Polobaya



Fotografía 4: Elaboración del Mortero incorporando Diatomita



Fotografía 2: Ladrillería en Mollebaya



Fotografía 5: Verificación de la plomada en muretes elaborados con unidades artesanales



Fotografía 3: Liparita usada en el Mortero



Fotografía 6: Incorporación de la Diatomita en la mezcla para obtener el motero



Fotografía 6: Falla por tracción diagonal en muretes de ladrillos artesanales (Mortero con Diatomita)



Fotografía 5: Muretes para ensayar en el laboratorio de la Unsa



Fotografía 7: Falla por compresión diagonal en muretes de ladrillos mecanizados (Mortero con Diatomita)



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Dr. Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia** Coordinador de Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

Que el Señor Bachiller en Ingeniería Civil:

HUGO ALEJANDRO BOHORQUEZ ALIAGA

(COD – 2014241241)

Ha realizado ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto correspondiente a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

"MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA LADRILLO-MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE POLOBAYA-AREQUIPA ADICIONANDO DIATOMITA Y LIPARITA"

Los ensayos efectuados por el Bachiller fueron los siguientes:

ITEM	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
TTI-34	Dimensionamiento	3	S/8.00	S/24.00
TTI-35	Alabeo	3	S/8.00	S/24.00
TTI-37	Absorción de Unidades	3	S/19.00	S/57.00
TTI-39	Eflorescencia	2	S/44.00	S/88.00
TTI-38	Succión	2	S/19.00	S/38.00
TTI-36	Densidad	2	S/19.00	S/38.00
TTI-51	Análisis Granulométrico por Tamizado	1	S/10.00	S/10.00
TTI-26	Compresión de Dados de Grout	108	S/4.00	S/432.00
TTI-40	Compresión de Unidades de Ladrillo La muestra considera 10 unidades	3 (30) und	S/62.00	S/186.00
TTI-42	Compresión de Pilas (incluye Armado) La muestra considera 03 pilas	36 (108) pilas	S/44.00	S/1,584.00
	Ensayos de prueba	1 global	S/294.00	S/294.00
			TOTAL:	S/2,775.00

El costo total de los ensayos realizados asciende a: S/ 2 775.00

El costo cancelado por dichos ensayos es de: S/ 971.00* (Comprobante BO17-00002658)

*Según descuento opción "C" por derecho de uso de laboratorio por tesis, de acuerdo a tarifario 2019 aprobado por el Consejo de Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Concreto, se llevaron a cabo entre el 06/06/2019 y el 16/09/2019

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 14 de Octubre del 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dr. Ing. ALEJANDRO HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DEL LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
PROF. TIT. I. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Área Ingenierías



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA: HUGO ALEJANDRO BONGORQUEZ ALIAGA
OBRA: TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA LADRILLO-MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE POLOBAYA - AREQUIPA ADICIONANDO DANTOMETA Y LIPATAT"
LOCALIZACIÓN: LAJUNSA (URU) DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FABRICANTE: LADRILLERA EL DIAMANTE S.A.C.
MATERIAL: 03 MURETES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA CALGINADA
 Construido con Unidades de Albañilería Leñilla KING KONG FORTALEZA de (24x14x10 cm.)
NORMA: NORMA TÉCNICA E.010 ALBAÑILERIA - 2006
 NTP 399.021 - 2004
FECHA: AREQUIPA, 2019 OCTUBRE 15.
EXPEDIENTE: 201-2-004

MUESTRA N°	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pu (kg)	AREA A (cm²)	PRESION v/m (kg/cm²)	PRESION v/m (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
MB - 10% - 1	2/09/2019	3/10/2019	31	62.0	66.8	14.0	14018	902.30	10.98	1.08
MB - 10% - 2	2/09/2019	3/10/2019	31	61.5	66.8	14.0	13549	898.10	10.67	1.05
MB - 10% - 3	2/09/2019	3/10/2019	31	62.2	67.0	13.9	13549	897.94	10.67	1.05

PROMEDIO X = 10.82 kg/cm²
DESVIACIÓN ESTANDAR S = 0.22 kg/cm²
 v/m = 10.60 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00

Resistencia de la Albañilería Característica
 v/m = 10.60 kg/cm²
 v/m = 1.04 MPa

NOTA:

- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
- Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

[Firma]
Ing. Lucio Gamboa Huarcaya
 INPE DE LAS ARENAS
 CIP N° 16673



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierías



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA NUNO ALEJANDRO BARRONQUEZ ALIAGA

OBRA TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA LADRILLO-MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE POLOBAYA - AREQUIPA ADICIONANDO DIATOMITA Y LIPATA"

REALIZACION LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARÍA

FABRICANTE LADRILLERA EL DIAMANTE S.A.C.

MATERIAL 63 MURETES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA CALCINADA
Construido con Unidades de Albañilería Ladrillo KING KONG FORTALEZA de (24x14x10 cm.)

NORMA NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA - 2000
NTP 399.021 - 2004

FECHA AREQUIPA, 2019-OCTUBRE-15.

EXPEDIENTE 201-2-054

MUESTRA N	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR [cm]	CARGA APLICADA [Pa (kgf)]	AREA A [cm ²]	PRESION v'm [kgf/cm ²]	PRESION v'm [MPa]
				S1 [cm]	S2 [cm]					
NDL - 10% - 1	2/09/2019	3/10/2019	31	62.0	68.8	13.9	128115	909.06	9.81	0.95
NDL - 10% - 2	2/09/2019	3/10/2019	31	62.1	68.7	14.0	154118	915.60	11.81	1.17
NDL - 10% - 3	2/09/2019	3/10/2019	31	62.0	68.8	13.9	13082	909.06	10.17	1.00

PROBIDIO X = 10.88 kg/cm²
RESERVACION ESTAMPAS S = 1.48 kg/cm²
V'm = 9.38 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00

Resistencia de la Albañilería Característica
v'm = 9.38 kg/cm²
v'm = 0.92 MPa

NOTA:

- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
- Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Eusebio Gamero Huaracaya
Jefe de Laboratorio
N° 48073



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierías



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA: HUGO ALEJANDRO BOHORQUEZ ALIAGA
OBRA: TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA LADRILLO-MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE POLOBAYA - AREQUIPA ADICIONANDO DIATOMITA Y LUPATA"
LUGAR/UBICACION: LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARÍA
FABRICANTE: LADRILLERA YANQUI
MATERIAL: 03 MURETES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA CALCINADA
 Construido con Unidades de Albañilería Ladrillo ARTESANAL de (23x13x8 cm.)
NORMA: NORMA TÉCNICA E DTD ALBAÑILERIA - 2005
 NTP 399.021 - 2004
FECHA: AREQUIPA, 2019 OCTUBRE 15.
EXPEDIENTE: 251-1-064

MUESTRA N°	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pa (kg)	AREA A (cm ²)	PRESION v/m (kg/cm ²)	PRESION v/m (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
ABT - 10% - 1	10/09/2019	11/10/2019	31	60.2	59.8	13.0	4672	780.00	4.25	0.42
ABT - 10% - 2	10/09/2019	11/10/2019	31	60.5	59.4	12.8	7475	767.36	6.89	0.68
ABT - 10% - 3	10/09/2019	11/10/2019	31	59.8	60.1	13.0	6074	779.35	5.51	0.54

PROBIO X = 5.56 kg/cm²
 DESVIACION ESTANDAR S = 1.88 kg/cm²
 v/m = 3.69 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00

Resistencia de la Albañilería Característica
 v/m = 3.69 kg/cm²
 v/m = 0.36 MPa

- NOTA:**
- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
 - Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETOS Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

[Firma]
Inge. Lucio Gamero Huaracaya
 JEFE DE LABORATORIO
 N° 40873



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
DE AREQUIPA
Av. Independencia s/n - Area Ingenierías



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO Y EMC
Teléfono N° 299992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA HUGO ALEJANDRO BONDORQUEZ ALIAGA

OBRA TESIS "MEJORAMIENTO DE LA ADHERENCIA LADRILLO-MORTE NO EN MUROS DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE POLOBAYA - AREQUIPA ADICIONANDO DIATOMITA Y LIPATA"

LOCALIZACION LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FABRICANTE LADRILLERA YANQUI

MATERIAL 03 MURETES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA CALCINADA
Construido con Unidades de Albañilería Ladrillo ARTESANAL de (23x13x8 cm.)

NORMA NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA - 2008
NTP 300.621 - 2004

FECHA AREQUIPA, 2019 OCTUBRE 15.

EXPEDIENTE 251-1-084

MUESTRA N	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (mm)	CARGA APLICADA Pa (kg)	AREA A (cm ²)	PRESION v/m (kg/cm ²)	PRESION v/m (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
ADL - 10% - 1	10/09/2019	11/10/2019	31	60.5	60.2	13.0	6074	784.55	5.47	0.54
ADL - 10% - 2	10/09/2019	11/10/2019	31	61.0	60.5	13.1	4672	795.83	4.15	0.41
ADL - 10% - 3	10/09/2019	11/10/2019	31	60.5	60.9	13.2	5139	801.24	4.53	0.44

PROMEDIO X = 4.81 kg/cm²

DESVIACION ESTANDAR S = 0.94 kg/cm²

v/m = 3.88 kg/cm²

Corrección por Edad (28 días) F = 1.00

Resistencia de la Albañilería Característica

v/m = 3.88 kg/cm²
v/m = 0.38 MPa

NOTA:

- La muestra fue colocada en el Laboratorio por el solicitante.
- Los datos de origen y las muestras fueron proporcionados al Laboratorio por el solicitante.

LABORATORIO DE CONCRETO Y
SECTOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Facultad de Ingeniería Civil

[Firma]
Ing. Eusebio Eugenio Huarcaya
JEFE DE LABORATORIO
CP N° 1004