

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

Estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al mortero de cemento normal, Ayacucho - 2024

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Luis Aldair LOPE RAMOS

ASESOR:

Msc. Ing. Edward LEÓN PALACIOS

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mi padre, Teodosio Lope por ser guía constante, ejemplo de esfuerzo y fuente de sabios consejos que han marcado mi formación personal y profesional.

A mi madre, Ana María Ramos por su apoyo incondicional, por acompañar cada decisión con amor y celebrar mis logros como propios.

A mis hermanos, por su respaldo, motivación y cariño a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, salud y fortaleza para culminar esta etapa.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por formarme profesionalmente, y a sus docentes por su valiosa orientación.

Al Msc. Ing. Edward León Palacios, por su dedicación y constante asesoría durante el desarrollo de esta investigación.

A mis jurados evaluadores el Msc. Ing. Moisés Nico Barbaran Oriundo y el Msc Ing. Victor Bellido Oriundo, por todo el apoyo, los consejos brindados y críticas constructivas durante en proceso de revisión de mi trabajo de investigación.

Al Ing. Maxwell, por facilitarme el uso del laboratorio INGEOMAX SAC para la realización de los ensayos.

A mi familia, que ha sido el pilar fundamental en cada paso de mi vida, por su amor, apoyo incondicional y confianza en mí.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de diatomita en diferentes proporciones (5%, 10% y 15%) sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento, en comparación con el mortero convencional, en condiciones controladas en la ciudad de Ayacucho durante el año 2024. La diatomita, por su alta porosidad y contenido silíceo, fue utilizada como adición parcial al cemento, con el fin de mejorar el desempeño mecánico del mortero y explorar su potencial como material alternativo sostenible. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y diseño experimental. Se trabajó con un total de 132 muestras, que incluyeron 48 cubos de mortero de 50 mm para ensayos de compresión, 36 pilas de tres unidades para ensayos de resistencia a compresión en primas y 36 de cinco unidades para ensayos de adherencia, además de 12 ensayos de consistencia de fluidez. Los resultados mostraron que la adición del 5% de diatomita fue la más eficiente, mejorando la resistencia a la compresión hasta 368.7 kg/cm² (10% y 15% por debajo del mortero convencional), así como la resistencia a la flexión, alcanzando 2.83 Mpa. Del mismo modo, en pilas de albañilería, el mortero con 5% de diatomita alcanzó una resistencia de 137.7 kg/cm², también un 15% mayor respecto al mortero tradicional. Sin embargo, se evidenció una disminución en la fluidez de la mezcla a medida que se incrementó el porcentaje de diatomita, lo que afectó su trabajabilidad y adherencia. También se evidenció una disminución progresiva al aumentar la adición de diatomita en el tiempo de fraguado del mortero. Se concluye que la incorporación de diatomita en proporciones controladas puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas del mortero, aunque es necesario considerar sus efectos sobre la manejabilidad en obra.

Palabras Claves: Mortero de cemento, diatomita, propiedades físico-mecánicas, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The present investigation aimed to evaluate the effect of the addition of diatomite in different proportions (5%, 10% and 15%) on the physical-mechanical properties of cement mortar, compared to conventional mortar, under controlled conditions in the city of Ayacucho during the year 2024. Diatomite, due to its high porosity and silica content, was used as a partial addition to cement, in order to improve the mechanical performance of the mortar and explore its potential as a sustainable alternative material. The study was developed under a quantitative approach, explanatory level and experimental design. A total of 132 samples were worked with, which included 48 mortar cubes of 50 mm for compression tests, 36 piles of three units for compressive strength tests on prisms and 36 of five units for adhesion tests, in addition to 12 fluidity consistency tests. The results showed that the addition of 5% diatomite was the most effective, improving the compressive strength to 368.7 kg/cm² (10% and 15% below conventional mortar), as well as the flexural strength, reaching 2.83 Mpa. Similarly, in masonry piles, the mortar with 5% diatomite achieved a strength of 137.7 kg/cm², also 15% higher than traditional mortar. However, a decrease in the fluidity of the mixture was evident as the percentage of diatomite increased, which affected its workability and adhesion. A progressive decrease was also evident with increasing addition of diatomite in the setting time of the mortar. It is concluded that the addition of diatomite in controlled proportions can significantly improve the mechanical properties of the mortar, although its effects on workability on site must be considered.

Keywords: Cement mortar, diatomite, physical-mechanical properties, compressive strength.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	xv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción del problema	16
1.2. Delimitación del problema	16
1.2.1. Espacial (geográfica)	16
1.2.2. Temática y unidad de análisis	17
1.3. Formulación del problema	17
1.3.1. Problema general.....	17
1.3.2. Problemas específicos.....	17
1.4. Justificación e importancia	17
1.4.1. Justificación	17
1.4.2. Importancia	18
1.5. Limitaciones de la investigación	18
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo general.....	18
1.6.2. Objetivos específicos.....	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Investigaciones internacionales.....	20
2.1.2. Investigaciones nacionales.....	21

2.1.3.	Investigaciones locales.....	22
2.2.	Bases teóricas	22
2.2.1.	Composición y comportamiento del mortero de cemento	22
2.2.2.	Propiedades físico-mecánicas del mortero	23
2.2.3.	Reacciones de hidratación del cemento Portland.....	25
2.2.4.	Materiales puzolánicos y su efecto en morteros.....	26
2.2.5.	Diatomita: origen, composición y aplicaciones en la construcción.....	27
2.2.6.	Sustitución parcial del cemento: criterios técnicos y sostenibilidad	28
2.2.7	Normativas técnicas aplicables a ensayos de mortero (NTP, ASTM)	29
2.3.	Marco Conceptual.....	31
2.3.1.	Mortero de cemento.....	31
2.3.2.	Resistencia a la compresión.....	32
2.3.3.	Resistencia a la flexión	32
2.3.4.	Consistencia de fluidez.....	33
2.3.5.	Tiempo de fraguado.....	34
2.3.6.	Mezcla modificada	34
2.3.7.	Comportamiento físico-mecánico del mortero	35
2.3.8.	Clasificación de los morteros.....	36
2.3.9.	Diatomita como adición mineral.	36
2.3.10.	Cemento Portland.....	38
2.3.11.	Agregados.....	38
2.3.12.	Agua.....	39
III.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1	Enfoque.....	41
3.2	Alcance	41
3.3	Diseño de investigación.....	41
3.4	Población y muestra	42
	Población	42
	Muestra	42

Descripción del procedimiento experimental	42
3.5 Hipótesis	43
Hipótesis general	43
Hipótesis específicas	43
3.6 Operacionalización de variables	43
3.7 Técnicas e instrumentos	45
3.7.1 Técnicas.....	45
3.7.2 Instrumentos	45
3.7.3 Equipos utilizados:.....	45
Controles y condiciones del ensayo.....	46
3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	46
3.9 Desarrollo del trabajo de tesis	47
Selección y caracterización de materiales para la experimentación	47
Ensayo de fluidez del mortero de cemento (consistencia)	52
Ensayo de tiempo de fraguado de mortero con adición de diatomita	58
Ensayo de tiempo de fraguado mortero de cemento.....	58
Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero con adición de diatomita	63
Ensayo de adherencia a flexión en mampostería con mortero de cemento y adición de diatomita	71
Ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería con mortero de cemento modificado con diatomita.....	79
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	87
4.1. Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero de cemento con adición de diatomita.....	87
4.2. Ensayo de consistencia de fluidez del mortero con adición de diatomita	93
4.3. Ensayo de tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita	94
4.4. Ensayo de resistencia de adherencia a flexión en mampostería con mortero adicionado con diatomita.....	97

4.5.	Ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería con mortero adicionado con diatomita.....	101
4.6.	Resumen del ensayo químico-Difracción de rayos X (DRX) del mortero con adición de diatomita.....	105
4.7.	Contraste de hipótesis.....	107
4.5.1	Hipótesis específica 01.....	108
4.5.2	Hipótesis específica 02.....	109
4.5.2	Hipótesis específica 03.....	110
4.5.3	Hipótesis específica 04.....	111
4.5.4	Hipótesis específica 05.....	112
4.8.	Discusión de resultados.....	113
4.6.1	Resistencia a la compresión del mortero modificado con adición de diatomita	114
4.6.2	Consistencia de fluidez del mortero con adición mineral	114
4.6.2	Tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita	114
4.6.3	Resistencia de adherencia a flexión del mortero modificado	114
V.	CONCLUSIONES	115
VI.	RECOMENDACIONES.....	117
	TRABAJOS FUTUROS	118
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
	ANEXOS	121

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de los morteros.</i>	36
Tabla 2 <i>Cuadro de Operacionalización de variables.</i>	44
Tabla 3 <i>Propiedades esenciales del Cemento Portland andino Tipo I.</i>	50
Tabla 4 <i>Diseño de mezcla del mortero de cemento para la investigación experimental.</i>	53
Tabla 5 <i>Fluidez del mortero para diversos tipos de estructura y colocación.</i>	57
Tabla 6 <i>Datos experimentales del ensayo de consistencia del mortero de cemento...</i>	57
Tabla 7 <i>Diseño de mezcla del mortero de cemento para la investigación experimental.</i>	58
Tabla 8 <i>Tiempo de fraguado – Mortero con 0 % de diatomita (mezcla patrón).</i>	61
Tabla 9 <i>Tiempo de fraguado – Mortero con 5 % de diatomita.</i>	61
Tabla 10 <i>Tiempo de fraguado – Mortero con 10 % de diatomita.</i>	62
Tabla 11 <i>Tiempo de fraguado – Mortero con 15 % de diatomita.</i>	62
Tabla 12 <i>Dosificación de materiales según el número de especímenes moldeados...</i>	64
Tabla 13 <i>Resistencia a la compresión – Mortero con 0 % de diatomita (mezcla patrón).</i>	69
Tabla 14 <i>Resistencia a la compresión – Mortero con 5 % de diatomita.</i>	69
Tabla 15 <i>Resistencia a la compresión – Mortero con 10 % de diatomita.</i>	70
Tabla 16 <i>Resistencia a la compresión – Mortero con 15 % de diatomita.</i>	70
Tabla 17 <i>Tipos de mortero según proporciones de componentes y uso estructural...</i>	71
Tabla 18 <i>Dosificación del mortero de cemento utilizado en el ensayo de adherencia a flexión.</i>	71
Tabla 19 <i>Resistencia de adherencia a flexión del mortero sin adición de diatomita (0 %).</i>	77
Tabla 20 <i>Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 5 % de diatomita.</i>	77
Tabla 21 <i>Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 10 % de diatomita.</i>	78
Tabla 22 <i>Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 15 % de diatomita.</i>	78
Tabla 23 <i>Dosificación del mortero para ensayo de compresión.</i>	79

Tabla 24 Resistencia a compresión en prismas con mortero de cemento sin adición de diatomita (0 %).	82
Tabla 25 Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 5 % de diatomita.	82
Tabla 26 Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 10 % de diatomita.	83
Tabla 27 Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 15 % de diatomita.	83
Tabla 28 Resumen de resistencia a compresión en cubos de 50 mm con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).	87
Tabla 29 Resumen del ensayo de tiempo de fraguado con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).	94
Tabla 30 Resumen de adherencia a flexión con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).	97
Tabla 31 Resumen de resistencia a compresión en prismas con mortero y adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).	101
Tabla 32 Resumen del ensayo químico RX del 5% de diatomita	105
Tabla 33 Nivel de significancia para la prueba de normalidad.	108
Tabla 34 Prueba de normalidad: resistencia a compresión en cubos de mortero.	108
Tabla 35 ANOVA: resistencia a compresión en cubos de mortero.	109
Tabla 36 Prueba de normalidad: consistencia de fluidez.	109
Tabla 37 ANOVA: consistencia de fluidez.	110
Tabla 38 Prueba de normalidad: Tiempo de fraguado.	110
Tabla 39 ANOVA: Tiempo de Fraguado.	111
Tabla 40 Prueba de normalidad: adherencia a flexión.	111
Tabla 41 ANOVA: adherencia a flexión.	112
Tabla 42 Prueba de normalidad: resistencia a compresión en prismas.	113
Tabla 43 ANOVA: resistencia a compresión en prismas de albañilería.	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mezcla de mortero en estado fresco, lista para su aplicación.....	25
Figura 2 Diatomita de la cantera tambillo.....	28
Figura 3 Imagen satelital de la ubicación de la cantera Río Cachi, fuente de extracción del agregado fino.	48
Figura 4 Obtención del agregado fino en la cantera Río Cachi.....	48
Figura 5 Cemento candino tipo I	49
Figura 6 Proceso de trituración de la diatomita en máquina de abrasión con 2500 vueltas	51
Figura 7 Proceso de tamizado en seco de la diatomita	52
Figura 8 Preparación de la mezcla del mortero para el ensayo de fluidez	54
Figura 9 Compactación del mortero en el molde cónico para el ensayo de fluidez.....	55
Figura 10 Medición del diámetro de expansión del mortero de cemento.....	55
Figura 11 Preparación de la mezcla para el ensayo de tiempo de fraguado.....	59
Figura 12 Equipo de aguaj de vicat.....	60
Figura 14 Proceso manual de moldeo de cubos de mortero de cemento para ensayos de compresión	65
Figura 15 Distribución del apisonamiento en probeta cúbica según norma.....	65
Figura 16 Preparación de especímenes cúbicos de mortero para ensayo.....	66
Figura 17 Muestras de mortero de cemento: mezcla convencional y mezclas experimentales.....	67
Figura 18 Humedecimiento previo de unidades de albañilería para optimizar la adherencia del mortero.....	73
Figura 19 Proceso de elaboración de prismas para el ensayo de adherencia a flexión	74
Figura 20 Prismas preparadas para el ensayo de adherencia a flexión en mampostería	75
Figura 21 Módulo de rotura del ensayo de resistencia de adherencia a flexión	76
Figura 22 Elaboración de prismas de albañilería para ensayo de compresión.....	80

Figura 23 <i>Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento sin adición de diatomita (0 %)</i>	84
Figura 24 <i>Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 5 % de diatomita</i>	85
Figura 25 <i>Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 10 % de diatomita</i>	85
Figura 26 <i>Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 15 % de diatomita</i>	86
Figura 27 <i>Resistencia a compresión a los 7 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita</i>	88
Figura 28 <i>Resistencia a compresión a los 14 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita</i>	89
Figura 29 <i>Resistencia a compresión a los 21 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita</i>	90
Figura 30 <i>Resistencia a compresión a los 28 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita</i>	91
Figura 31 <i>Comparación general de la resistencia a compresión en cubos con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%)</i>	92
Figura 32 <i>Resultados del ensayo de fluidez del mortero con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%)</i>	93
Figura 33 <i>Resultados del ensayo del tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%)</i>	95
Figura 34 <i>Gráfica del ensayo de tiempo de fraguado con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%), resistencia a penetración vs tiempo de fraguado</i>	96
Figura 35 <i>Resistencia de adherencia a flexión a los 7 días</i>	97
Figura 36 <i>Resistencia de adherencia a flexión a los 14 días</i>	98
Figura 37 <i>Resistencia de adherencia a flexión a los 28 días</i>	99
Figura 38 <i>Resumen gráfico de la resistencia de adherencia a flexión del mortero con adición de diatomita</i>	100
Figura 39 <i>Resistencia a compresión a los 7 días en prismas de albañilería</i>	101
Figura 40 <i>Resistencia a compresión a los 14 días en prismas de albañilería</i>	102

Figura 41 Resistencia a compresión a los 28 días en prismas de albañilería	103
Figura 42 Resumen gráfico de la resistencia a compresión en prismas con adición de diatomita.....	104
Figura 43 Cubo de mortero de cemento de 50 mm con adición de 5% de diatomita para el ensayo químico.	105
Figura 44 Resumen gráfico del ensayo químico-rayos X de la proporción óptima 5% de diatomita.....	106

INTRODUCCIÓN

El mortero de cemento es un material fundamental en la construcción, cuya principal función es unir unidades de albañilería para formar elementos estructurales resistentes y duraderos. No obstante, en la práctica constructiva se evidencian diversas deficiencias relacionadas tanto al proceso de ejecución como el asentado, la preparación de mezcla, la conformación de juntas, el aplomado y el curado como a la calidad de los materiales empleados, lo que puede originar fallas estructurales en muros portantes y no portantes, manifestadas frecuentemente mediante fisuras diagonales o escalonadas. Frente a estas limitaciones, surge la necesidad de explorar materiales alternativos que permitan mejorar el desempeño del mortero sin comprometer su funcionalidad ni sostenibilidad. En este contexto, la diatomita se presenta como una adición mineral prometedora. Este material silíceo de origen biogénico, derivado de restos fosilizados de algas unicelulares, destaca por su alta porosidad, bajo peso, resistencia térmica y elevado contenido de sílice amorfa, características que podrían mejorar las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento. La presente investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento del mortero de cemento con la adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15%, en comparación con el mortero convencional, evaluando parámetros como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la adherencia, la fluidez y el tiempo de fraguado del mortero. Este estudio se estructura en cinco capítulos: el primero expone el problema de investigación, los objetivos, hipótesis, justificación y delimitación; el segundo, el marco teórico y antecedentes; el tercero, la metodología y diseño experimental; el cuarto, los resultados y discusión; y el quinto, las conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la ciudad de Ayacucho, la construcción con sistemas de albañilería confinada representa una práctica extendida, en gran parte desarrollada mediante procesos de autoconstrucción sin criterios técnicos. Esta realidad ha generado edificaciones con deficiencias estructurales, principalmente por el uso inadecuado del mortero de cemento, material clave en la adherencia y resistencia de los muros. Es común encontrar agrietamientos, fisuras por retracción y desprendimientos del mortero en muros portantes y no portantes, debido a factores como una deficiente dosificación, baja calidad de los materiales, ausencia de curado y errores en la preparación y aplicación de la mezcla. Además, según informes recientes (Diario Correo, 2024), el 80% de las viviendas en Ayacucho son construidas por personas sin formación técnica, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural de estas edificaciones. Por otro lado, la región dispone de un recurso poco aprovechado: la diatomita, un mineral silíceo con propiedades físicas que podrían mejorar el comportamiento del mortero, como su resistencia, adherencia y capacidad de deformación. A pesar de que Ayacucho cuenta con al menos ocho canteras de este material, su desconocimiento ha limitado su aplicación en la construcción. Ante esta situación, surge la necesidad de evaluar experimentalmente el efecto de incorporar diatomita al mortero de cemento, con el propósito de mejorar sus propiedades físico-mecánicas y, con ello, contribuir al desarrollo de mezclas más eficientes, accesibles y sostenibles para las condiciones constructivas locales.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica)

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Ayacucho. Los materiales utilizados fueron obtenidos localmente: la arena o agregado fino provino de la cantera Cachi, mientras que la diatomita se extrajo de la cantera Tambillo, ambas ubicadas en la región. Los ensayos físico-mecánicos del mortero de cemento con adición de diatomita se realizaron en el laboratorio de INGEOMAX SAC, especializado en ingeniería y geotecnia, lo que permitió asegurar condiciones técnicas apropiadas y contextualizadas al entorno constructivo de la zona.

1.2.2. Temática y unidad de análisis

La investigación se centra en el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento convencional y el modificado con diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15%. La unidad de análisis está conformada por muestras de mortero evaluadas en el distrito de Andrés Avelino Cáceres, donde se analizaron propiedades como la fluidez, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión en cubos y prismas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿En qué medida la incorporación de un aditivo silíceo natural como la diatomita altera las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento convencional?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo influye la diatomita en la resistencia a la compresión del mortero?
- b. ¿Qué efecto produce la diatomita en la fluidez del mortero?
- c. ¿Cómo influye la diatomita en el tiempo de fraguado del mortero?
- d. ¿Cómo se ve afectada la resistencia del mortero frente a esfuerzos de flexión?
- e. ¿Qué impacto tiene la adición de diatomita en la capacidad resistente del mortero ante cargas de compresión?

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

El mortero de cemento es un material fundamental en la construcción, pero su desempeño puede verse afectado por deficiencias en la dosificación, calidad de los componentes y falta de innovación. En contextos donde predomina la autoconstrucción, estas limitaciones comprometen la durabilidad y seguridad de las edificaciones.

La incorporación de materiales alternativos como la diatomita, un aditivo mineral silíceo disponible localmente, representa una opción técnica viable para mejorar las propiedades físico-mecánicas del mortero. Sus características, como alta porosidad y contenido de sílice amorfa, podrían optimizar la resistencia, cohesión interna y comportamiento general del material.

Este estudio se justifica en la necesidad de evaluar el efecto de la diatomita sobre el mortero de cemento mediante ensayos comparativos. Los resultados contribuirán al desarrollo de soluciones más sostenibles, al aprovechamiento de recursos locales y al fortalecimiento de prácticas constructivas en la región.

1.4.2. Importancia

La presente investigación es relevante porque aporta conocimiento técnico sobre el uso de aditivos minerales naturales, como la diatomita, en la mejora del mortero de cemento, uno de los materiales más empleados en la construcción. Evaluar su impacto en propiedades físico-mecánicas como la resistencia, adherencia, la fluidez y el tiempo de fraguado, el cual permite avanzar hacia formulaciones más eficientes y adaptadas a las necesidades actuales del sector.

Además, el estudio promueve el aprovechamiento de recursos minerales subutilizados disponibles en la región, contribuyendo así a la sostenibilidad en la construcción mediante la reducción del consumo de cemento y el fomento de tecnologías con menor huella ambiental.

1.5. Limitaciones de la investigación

La presente investigación se desarrolló en un entorno controlado de laboratorio, específicamente en INGEOMAX SAC, en la ciudad de Ayacucho, lo que permitió obtener resultados comparativos precisos entre el mortero convencional y el modificado con diatomita en dosificaciones del 5%, 10% y 15%. Si bien el estudio se centró en propiedades físico-mecánicas bajo condiciones estandarizadas, no se consideró su aplicación directa en obra, lo cual podrá abordarse en futuras investigaciones.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento con adición de diatomita, en comparación con un mortero convencional, mediante ensayos normalizados.

1.6.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la resistencia a la compresión del mortero modificado con adición de diatomita.
- b. Evaluar la consistencia de fluidez del mortero con adición mineral.
- c. Analizar el tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita.
- d. Analizar la resistencia a la flexión del mortero con incorporación de diatomita.
- e. Comparar la resistencia a la compresión entre morteros convencionales y modificados.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Investigaciones internacionales

Değirmenci y Yilmaz (2009) evaluaron morteros de cemento con reemplazo parcial de cemento por diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15%. Encontraron que con un 10% de adición, la resistencia a la compresión alcanzó 38,2 MPa, superando los 33,1 MPa del mortero control. Además, la absorción de agua se redujo de 13,6% a 10,5%, sin afectar significativamente la trabajabilidad, lo que demuestra que la diatomita puede actuar como un aditivo eficaz y económico.

Saidi y Hasan (2020) analizaron la sustitución parcial de cemento por tierra de diatomeas en niveles del 10% al 40%. Reportaron que al 15% de reemplazo, la resistencia a la compresión a 28 días fue de 30,1 MPa, mientras que el mortero sin adición alcanzó 26,3 MPa. Además, la absorción de agua disminuyó del 14,7% al 11,2%, indicando que el uso moderado de diatomita mejora tanto la resistencia como la durabilidad del mortero.

Özsoy et al. (2023) incorporaron polvo de diatomita en proporciones del 5% al 20% en geopolímeros de cenizas volantes. Observaron que con 10% de adición, la resistencia a la compresión aumentó de 23,5 MPa a 29,4 MPa, y la resistencia a temperatura elevada (800 °C) mejoró en un 17% respecto al control. También se observó una microestructura más densa con menos porosidad, lo que sugiere un efecto estabilizador de la diatomita.

García-Díaz et al. (2024) investigaron cementos activados alcalinamente con adición de tierras de diatomeas agotadas en proporciones de 5% y 10%. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión a 28 días se incrementó de 31,4 MPa (muestra sin adición) a 35,2 MPa con 10% de diatomita. Además, se observó una mejora en la trabajabilidad inicial del material, sin generar efectos negativos en el tiempo de fraguado.

Mehrazin et al. (2021) evaluaron el efecto puzolánico de la diatomita en mezclas de concreto con reemplazo parcial del cemento. Reportaron que con un 15% de sustitución, la penetración de cloruros se redujo en un 21% y la resistencia a la

compresión mejoró de 34,5 MPa (control) a 38,7 MPa a los 56 días. También se observó una reducción significativa en la porosidad total del concreto.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Ocsa Martínez y Téllez Quiñones (2024) estudiaron el efecto de reemplazar parcialmente el cemento por diatomita en concretos de 210 y 280 kg/cm², empleando proporciones de 10%, 15% y 20%. Encontraron que una adición del 10% aumentó la resistencia a la compresión en un 8% y 9%, respectivamente, además de reducir la densidad del concreto y los costos por metro cúbico, lo que evidencia su potencial técnico y económico.

Herrera Vásquez (2023) analizó el comportamiento del mortero de cemento con adición de diatomita como sustituto parcial del cemento. Los resultados mostraron mejoras tanto en la resistencia a la compresión como en la trabajabilidad de la mezcla, señalando que la diatomita puede ser una alternativa eficiente para optimizar el desempeño del mortero convencional.

La Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (2021) evaluó el uso de diatomita residual de la industria cervecera como adición en morteros con cemento Tipo I. El estudio concluyó que esta incorporación mejora la resistencia a la compresión y reduce la absorción de agua, posicionando a la diatomita como un aditivo sostenible y funcional en la industria de la construcción.

La Universidad Católica de Santa María (2019) realizó un estudio experimental sobre la inclusión de diatomita en la fabricación de bloquetas de concreto. Se reportó que la adición mineral mejoró la resistencia mecánica y disminuyó la absorción de agua, favoreciendo la producción de elementos prefabricados más durables y eficientes.

Alcívar Vélez et al. (2023) investigaron la adición del 20% de diatomita en morteros de cemento Portland. Los ensayos mostraron un aumento en la resistencia a la compresión y una disminución en la expansión por reacción álcali-agregado, cumpliendo con los requisitos de la norma ASTM C618-17 y confirmando el comportamiento puzolánico de la diatomita.

2.1.3. Investigaciones locales

Cerda Gómez (2020) evaluó el efecto de la incorporación de diatomita en suelos agrícolas de Luricocha, Huanta, aplicando dosis del 5%, 10% y 15% en suelos de textura franco arcillo arenosa y franco arenosa. El estudio reportó que la capacidad de campo se incrementó hasta en 9,87%, mientras que la densidad aparente disminuyó en un 5,20% y la porosidad total se redujo en 9,66%, lo que evidenció una mejora significativa en las propiedades físicas del suelo.

Ramírez Carrión (2012) realizó una caracterización geológica de los depósitos de diatomita en la cuenca de Ayacucho, identificando yacimientos relevantes en los distritos de Tambillo, La Quinoa y Acos Vinchos. Estimó un volumen de recurso de 15,6 millones de toneladas métricas, con una producción anual de aproximadamente 180 toneladas. Las propiedades mineralógicas y químicas analizadas respaldan su aplicabilidad en sectores agrícolas e industriales.

En un segundo estudio, Cerda Gómez (2020) analizó el efecto de la diatomita en el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones de secano en Pampa del Arco, Ayacucho. Se aplicaron niveles de 500 y 1000 kg/ha en distintas granulometrías (0,5 a 5,0 mm). El mayor rendimiento se obtuvo con 1000 kg/ha y granulometría de 2,0 a 3,5 mm, alcanzando hasta 1,2 kg de fruto por maceta y reduciendo la evaporación del agua del suelo, lo que demuestra el potencial del material como enmienda agrícola en zonas áridas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Composición y comportamiento del mortero de cemento

El mortero de cemento es una mezcla de cemento Portland, agregado fino (arena) y agua, utilizada ampliamente en la construcción por su capacidad de unir unidades de albañilería y servir como capa de revestimiento. La proporción entre estos componentes influye directamente en su desempeño, tanto en estado fresco como endurecido (Neville, 1997). La correcta dosificación y preparación permiten obtener una mezcla que ofrezca buena manejabilidad durante la aplicación y adecuada resistencia estructural después del fraguado.

Desde el punto de vista químico, el proceso de fraguado se inicia con la hidratación del cemento, generando compuestos como el silicato cálcico hidratado (C-

S-H), que es el principal responsable del desarrollo de la resistencia, y el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), producto secundario de la hidratación (Taylor, 1997). La relación agua/cemento es un parámetro fundamental, ya que afecta directamente la trabajabilidad de la mezcla y la porosidad final del material endurecido (Mehta & Monteiro, 2014).

En cuanto a su comportamiento mecánico, el mortero debe cumplir con requisitos de resistencia a la compresión, adherencia, cohesión interna y durabilidad. Estos aspectos pueden mejorarse con el uso de adiciones minerales como la diatomita, que actúan como microrellenos o materiales puzolánicos, reaccionando con el hidróxido de calcio libre para formar compuestos adicionales que densifican la matriz cementicia y refuerzan su estructura (Mehta & Monteiro, 2014).

La estructura porosa de la diatomita también permite retener humedad, lo cual favorece un curado más prolongado y eficiente, contribuyendo al desarrollo de la resistencia en edades avanzadas. Esto convierte a este aditivo natural en una opción técnica interesante para mejorar las características del mortero, sin comprometer su manejabilidad en estado fresco.

2.2.2. Propiedades físico-mecánicas del mortero

Las propiedades físico-mecánicas del mortero determinan su desempeño tanto en estado fresco como endurecido, y son fundamentales para asegurar su eficacia estructural y funcional. Estas propiedades permiten evaluar la calidad del material en función de su resistencia, durabilidad y capacidad de trabajo durante la aplicación (Neville, 1997).

En estado fresco, una propiedad clave es la consistencia o fluidez, que indica la facilidad con la que la mezcla puede ser manipulada, colocada y adherida a las superficies. Esta característica está influenciada por la proporción agua/cemento, el tipo de agregado y la incorporación de aditivos o adiciones minerales (Mehta & Monteiro, 2014). Un mortero con buena trabajabilidad debe ser fluido sin segregar sus componentes, lo cual facilita su aplicación uniforme y asegura un contacto adecuado con las unidades de albañilería.

Una vez endurecido, el mortero debe presentar resistencia a la compresión, la cual refleja su capacidad para soportar cargas verticales. Este parámetro es uno de los más utilizados para evaluar el desempeño mecánico del mortero y se ve afectado por factores como la porosidad interna, la cantidad de cemento y el grado de compactación (Taylor, 1997).

Otra propiedad relevante es la resistencia de adherencia a flexión, que indica la capacidad del mortero para soportar esfuerzos de tracción indirecta. Aunque esta propiedad no es tan elevada como la compresión, es esencial en aplicaciones donde el material está expuesto a tensiones diferenciales o movimientos estructurales.

Asimismo, se considera la adherencia, es decir, la fuerza con la que el mortero se une a los elementos constructivos. Esta propiedad depende de la calidad del sustrato, la humedad de las superficies y las condiciones de aplicación. Una buena adherencia es clave para evitar desprendimientos, fisuras o filtraciones en los muros (Mehta & Monteiro, 2014).

El análisis conjunto de estas propiedades permite establecer la idoneidad del mortero frente a distintas exigencias de obra. La incorporación de adiciones como la diatomita puede influir directamente en estos parámetros, al modificar la microestructura, reducir la porosidad y mejorar la cohesión interna del sistema.

Figura 1

Mezcla de mortero en estado fresco, lista para su aplicación.



Nota: Ilustración tomado en el laboratorio INGEOMAX

2.2.3. Reacciones de hidratación del cemento Portland

El cemento Portland desarrolla sus propiedades mecánicas principalmente a través del proceso de hidratación, el cual se inicia al entrar en contacto con el agua. Este fenómeno químico transforma los compuestos anhidros presentes en el cemento en productos hidratados que le otorgan resistencia, cohesión y estabilidad a la matriz cementicia (Taylor, 1997).

Los principales componentes del clinker responsables de la hidratación son los silicatos tricálcico (C_3S) y dicálcico (C_2S), así como los aluminatos y ferritos. La reacción del C_3S con el agua es más rápida y genera un endurecimiento inicial, mientras que el C_2S hidrata más lentamente, contribuyendo al desarrollo de la resistencia en edades mayores (Mehta & Monteiro, 2014).

El producto más relevante de estas reacciones es el silicato cálcico hidratado (C-S-H), responsable del 60–70% de la resistencia mecánica del material endurecido. Además, se forma hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), el cual puede ser aprovechado por adiciones puzolánicas, como la diatomita, para reaccionar y generar más compuestos cementantes (Neville, 1997).

El proceso de hidratación también está influenciado por factores como la temperatura, la relación agua/cemento, el tamaño de partícula y la presencia de adiciones minerales. Un adecuado control de estas variables permite optimizar el fraguado, minimizar la formación de microfisuras y mejorar la durabilidad del material a largo plazo.

Comprender estas reacciones es esencial para justificar el uso de aditivos y adiciones, ya que alteran la cinética de hidratación y la microestructura resultante. En este sentido, el uso de diatomita representa una opción para aprovechar el contenido de Ca(OH)_2 libre, promoviendo reacciones puzolánicas que refinan la porosidad y aumentan la resistencia en etapas posteriores.

2.2.4. Materiales puzolánicos y su efecto en morteros

Los materiales puzolánicos son sustancias silíceas o silicoaluminosas que, en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento para formar compuestos cementantes adicionales, principalmente silicatos cálcicos hidratados (C-S-H). Esta reacción secundaria, conocida como reacción puzolánica, mejora la densidad, durabilidad y resistencia del mortero (Taylor, 1997).

A diferencia del cemento Portland, los materiales puzolánicos no son cementantes por sí solos, pero al combinarse con la cal en medios alcalinos desarrollan propiedades similares a las del cemento. Dentro de los puzolanos naturales más estudiados se encuentran la puzolana volcánica, la ceniza de cáscara de arroz, la metacaolinita y la diatomita, cuyas propiedades dependen en gran medida de su composición química, área superficial y grado de amorfismo (Mehta & Monteiro, 2014).

En los morteros, el uso de puzolanas permite refinar la microestructura al reducir la cantidad de hidróxido de calcio libre, que es más vulnerable a agentes agresivos, y aumentar el contenido de C-S-H, lo que se traduce en una matriz más densa y menos permeable. Esto conlleva una mejor resistencia a la compresión en edades avanzadas, mayor durabilidad frente a ambientes agresivos y mejor comportamiento frente a la retracción y la fisuración (Neville, 1997).

El efecto puzolánico también contribuye a disminuir la porosidad capilar del mortero, mejorar su adherencia y aumentar su vida útil. No obstante, el desarrollo de la resistencia inicial puede ser más lento en comparación con morteros sin adiciones, debido a la naturaleza retardada de la reacción puzolánica. Por ello, se recomienda un diseño de mezcla adecuado que equilibre la trabajabilidad inicial y el desarrollo progresivo de propiedades mecánicas (Mindess et al., 2003).

El uso de puzolanas como la diatomita también tiene implicancias ambientales positivas, ya que permite reducir el contenido de clínker en el cemento, disminuyendo así las emisiones de CO₂ asociadas a su producción. Esta característica convierte a los morteros puzolánicos en una alternativa sostenible dentro de la ingeniería de materiales.

2.2.5. Diatomita: origen, composición y aplicaciones en la construcción

La diatomita, también conocida como tierra de diatomeas, es una roca sedimentaria silíceas de origen biogénico formada por la acumulación de frústulas fosilizadas de diatomeas, un tipo de microalgas unicelulares. Estos organismos, al morir, se depositan en lagos, mares o zonas húmedas, formando capas ricas en sílice amorfa que, al consolidarse, dan lugar a este material altamente poroso y de baja densidad (Aragone et al., 2016).

Desde el punto de vista químico, la diatomita está compuesta en su mayoría por dióxido de silicio (SiO₂) en forma amorfa, con trazas de óxidos de aluminio, hierro, calcio, magnesio y sodio. Su estructura física es altamente porosa, con una superficie específica elevada, lo que le confiere una gran capacidad de absorción de líquidos y de retención de humedad (Rodríguez et al., 2019).

Gracias a estas propiedades, la diatomita ha encontrado aplicaciones en diversos sectores industriales, incluyendo la filtración, la fabricación de aislantes térmicos, la producción de abrasivos suaves y como aditivo en pinturas. En el campo de la construcción, su uso como adición mineral en mezclas cementicias ha sido objeto de creciente interés debido a su potencial puzolánico y su capacidad de actuar como microrelleno (Neville, 1997).

Figura 2

Diatomita de la cantera tambillo.



Nota: Ilustración tomada de la diatomita de la "CANTERA TAMBILLO"

En morteros y concretos, la incorporación de diatomita puede contribuir a mejorar la trabajabilidad inicial, reducir la porosidad capilar y aumentar la resistencia mecánica en edades avanzadas. Cuando reacciona con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, forma productos cementantes adicionales, lo que mejora la microestructura del material endurecido (Mehta & Monteiro, 2014).

Además, al tratarse de un recurso natural disponible en varias regiones del Perú, su aprovechamiento representa una alternativa sostenible y de bajo costo, con potencial para sustituir parcialmente el cemento Portland y reducir la huella ambiental de los materiales de construcción.

2.2.6. Sustitución parcial del cemento: criterios técnicos y sostenibilidad

La sustitución parcial del cemento Portland por materiales alternativos ha ganado relevancia tanto por razones técnicas como ambientales. Este enfoque busca reducir el consumo de clínker principal componente del cemento que requiere altas temperaturas para su producción y es responsable de una significativa emisión de dióxido de carbono. Se estima que por cada tonelada de cemento Portland producida se emiten aproximadamente 0,8 toneladas de CO₂ (Scrivener et al., 2018).

Desde el punto de vista técnico, la sustitución del cemento por materiales con propiedades puzolánicas o de microrelleno puede mejorar o mantener las propiedades del mortero o concreto, siempre que se respeten ciertos criterios. Entre ellos destacan la compatibilidad química, la finura del material, el contenido de sílice reactiva, y su influencia en la trabajabilidad, resistencia mecánica y durabilidad del sistema (Mehta & Monteiro, 2014).

Los materiales más comunes empleados para este fin incluyen cenizas volantes, escoria de alto horno, metacaolín, humo de sílice y puzolanas naturales, como la diatomita. Estos materiales pueden reaccionar con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) liberado durante la hidratación del cemento, generando productos cementantes adicionales que mejoran la densificación de la matriz y, en muchos casos, incrementan la resistencia a largo plazo (Neville, 1997).

En términos de sostenibilidad, el uso de adiciones minerales contribuye significativamente a reducir la huella ambiental del cemento, al disminuir la demanda energética del proceso de calcinación y las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, cuando se utilizan materiales abundantes y de origen local, como ocurre con la diatomita en algunas regiones del Perú, se reducen los costos logísticos y se fomenta el aprovechamiento de recursos regionales subutilizados (Habert et al., 2020).

La aplicación de criterios técnicos adecuados al incorporar estas adiciones permite no solo cumplir con estándares de calidad estructural, sino también avanzar hacia una construcción más sostenible, responsable y alineada con las exigencias de eficiencia ambiental del sector.

2.2.7 Normativas técnicas aplicables a ensayos de mortero (NTP, ASTM)

Para garantizar la calidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos en la caracterización del mortero, es fundamental que los ensayos físicos y mecánicos se realicen bajo estándares técnicos reconocidos internacionalmente. En Perú, se aplican principalmente las Normas Técnicas Peruanas (NTP), alineadas en muchos casos con las directrices de la American Society for Testing and Materials (ASTM), una de las entidades más influyentes en la normalización de materiales de construcción.

Entre los ensayos más utilizados en el estudio del mortero se encuentran:

a) Consistencia o fluidez del mortero fresco:

- NTP 334.057 / ASTM C1437

Esta norma establece el procedimiento para determinar la consistencia del mortero mediante el método del flujo sobre una mesa de sacudidas. Se mide el diámetro de expansión después de levantar el molde y agitar la mesa, lo que permite evaluar su trabajabilidad.

b) Tiempo de fraguado del mortero:

- NTP 334.122 / ASTM C403

Esta norma establece el procedimiento para determinar el tiempo de fraguado mortero mediante la penetración del equipo de aguja de vicat sobre el molde con mortero el cual determina el tiempo de fraguado del mortero en estado fresco.

c) Resistencia a la compresión:

- NTP 334.051 / ASTM C109

Define el procedimiento para preparar cubos de mortero de 50 mm y someterlos a carga axial en una prensa hidráulica, con el fin de determinar la resistencia a la compresión a diferentes edades (generalmente a 7, 14, 21 y 28 días).

- NTP 399.605 / ASTM C1314

Esta norma establece como preparar las primas de albañilería con morteros de cemento para someterlos a una carga axial con el fin de determinar su resistencia a compresión a edades diferentes (generalmente a 7, 14, 21 y 28 días).

d) Resistencia de adherencia a flexión:

- ASTM E518

Regula el ensayo de flexión en prismas de albañilería, el cual se debe construir como mínimo de 5 especímenes con juntas de mortero para luego determinar la resistencia a tracción indirecta que puede soportar la mezcla como una especie de viga simplemente apoyada.

e) Preparación y curado de muestras:

- NTP 334.076 / ASTM C305

Establece las condiciones de mezclado, moldeo y curado estándar para garantizar uniformidad en las probetas utilizadas en ensayos mecánicos.

Estas normas permiten comparar resultados, replicar procedimientos y verificar si un mortero cumple con los requerimientos mínimos para aplicaciones estructurales o no estructurales. Además, su uso es indispensable para validar ensayos experimentales en investigaciones científicas o en el control de calidad de proyectos constructivos.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Mortero de cemento

El mortero de cemento es una mezcla de cemento Portland, arena fina y agua, que se utiliza principalmente como material de unión entre unidades de albañilería (ladrillos, bloques, piedras) y como capa de revestimiento o nivelación en elementos constructivos. Su función es transmitir cargas, generar adherencia entre componentes estructurales y ofrecer una superficie continua, estable y duradera (Neville, 1997).

En estado fresco, el mortero debe ser trabajable, es decir, fácil de colocar y extender, sin segregar ni perder cohesión. En estado endurecido, debe presentar resistencia mecánica adecuada, buena adherencia, baja permeabilidad y durabilidad frente a condiciones ambientales. Estas propiedades dependen en gran medida de la relación agua/cemento, la calidad del agregado fino y la correcta dosificación de los materiales (Mehta & Monteiro, 2014).

El comportamiento del mortero también puede modificarse mediante el uso de adiciones minerales o aditivos químicos. La inclusión de materiales como la diatomita rica en sílice amorfa puede influir en la densidad, resistencia y porosidad del mortero, así como mejorar la eficiencia del uso de cemento al actuar como material puzolánico o microrelleno (Taylor, 1997).

El diseño de morteros debe adaptarse al tipo de obra, condiciones ambientales, carga estructural y especificaciones técnicas, y para ello se requiere el cumplimiento de normas de ensayo que aseguren la calidad y consistencia del producto final.

2.3.2. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica fundamental de los materiales cementicios, que expresa su capacidad para soportar cargas axiales sin colapsar. En el caso del mortero de cemento, esta resistencia representa el comportamiento estructural ante esfuerzos de compresión simples, y constituye uno de los principales indicadores de calidad y desempeño del material (Neville, 1997).

Este parámetro se determina mediante ensayos normalizados, como los establecidos en la norma ASTM C109 o NTP 334.051, que consisten en la aplicación progresiva de carga sobre cubos de mortero de 50 mm de lado hasta su rotura, registrando el valor máximo de esfuerzo soportado, expresado en megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) (ASTM, 2020).

La resistencia a la compresión depende de múltiples factores, entre ellos la relación agua/cemento, el tipo y proporción de adiciones, el curado, la edad del ensayo, la calidad del agregado fino y la compactación de la mezcla (Mehta & Monteiro, 2014). En general, un contenido menor de agua y una mayor compactación tienden a generar morteros más densos y resistentes.

La incorporación de adiciones minerales como la diatomita puede influir en esta propiedad, ya sea incrementándola por reacción puzolánica o por efecto de microrelleno, dependiendo de la dosificación y la finura del material. Estudios han mostrado que la adición controlada de diatomita puede mejorar la resistencia a edades medias y tardías, aunque podría retrasar el desarrollo inicial si no se ajustan adecuadamente los parámetros de mezcla (Rodríguez et al., 2019).

2.3.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una propiedad mecánica que mide la capacidad de un material para resistir esfuerzos de tracción inducidos por flexión antes de fallar. En el caso del mortero de cemento, esta propiedad refleja su comportamiento frente a cargas transversales, especialmente relevantes cuando el material se utiliza como base o recubrimiento en estructuras expuestas a esfuerzos no axiales (Neville, 1997).

Este tipo de resistencia se determina a través del ensayo de flexión en prismas, regulado por normas como la ASTM E518, en el que se somete las primas con mortero

(mínimo de cinco hileras más mortero de cemento) a cargas en tres puntos hasta su rotura. El valor obtenido se expresa en megapascuales (MPa) y representa el esfuerzo máximo de tracción indirecta que el mortero puede soportar antes de fracturarse (ASTM, 2020).

La resistencia a la flexión está influenciada por factores como la relación agua/cemento, la calidad del curado, la fuerza de adherencia interna, y la presencia de adiciones minerales o fibras que puedan mejorar la tenacidad del material. Si bien su valor es inferior al de la compresión, es fundamental para evaluar la integridad del mortero en situaciones donde pueden aparecer fisuras por retracción, asentamiento o cargas excéntricas (Mehta & Monteiro, 2014).

La inclusión de adiciones como la diatomita puede modificar esta propiedad. Por su finura y estructura, la diatomita puede actuar como microrelleno, mejorando la cohesión interna de la matriz y contribuyendo a una distribución más homogénea de los esfuerzos. Sin embargo, su efecto dependerá de la dosis utilizada, el grado de reacción puzolánica y la calidad de la mezcla (Rodríguez et al., 2019).

2.3.4. Consistencia de fluidez

La consistencia de fluidez se refiere a la capacidad del mortero fresco para deformarse y fluir bajo su propio peso, manteniendo la cohesión entre sus componentes. Esta propiedad es clave para evaluar la trabajabilidad de la mezcla, es decir, su facilidad de colocación, extendido y adhesión a las superficies durante la aplicación (Neville, 1997).

El parámetro se determina mediante ensayos estandarizados, como el de expansión en mesa de sacudidas, regulado por la norma ASTM C1437 o la NTP 334.057. En este ensayo, se mide el diámetro promedio de dispersión de una muestra de mortero sobre una mesa vibratoria tras ser moldeada y liberada. A mayor diámetro de expansión, mayor es la fluidez del mortero (ASTM, 2020).

La fluidez depende principalmente de la relación agua/cemento, aunque también se ve influida por la forma, tamaño y textura del agregado, así como por la incorporación de aditivos plastificantes o adiciones minerales. Mezclas con demasiada fluidez pueden

presentar segregación y pérdida de cohesión; mientras que mezclas secas pueden dificultar la aplicación y generar vacíos en la estructura (Mehta & Monteiro, 2014).

2.3.5. *Tiempo de fraguado*

El Tiempo de fraguado es un periodo en el mediante reacciones químicas del cemento, agregado y agua conducen a un proceso que, mediante diferentes velocidades de reacción, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, estas pastas del mortero generan que este endurezca al agregado. (Mehta & Monteiro, 2014).

Los principales factores a tener en cuenta son la temperatura, clima, relación agua/cemento, tipo de cemento y adición o aditivo en el mortero. (Mehta & Monteiro, 2014).

En el caso de adiciones minerales como la diatomita, su efecto sobre la fluidez puede variar. Por su elevada capacidad de absorción de agua y estructura porosa, puede reducir la trabajabilidad de la mezcla si no se ajusta adecuadamente el contenido de agua. Por tanto, al incorporar este tipo de adiciones, es necesario realizar ensayos previos para lograr un equilibrio entre la trabajabilidad y la resistencia deseada (Rodríguez et al., 2019).

2.3.6. *Mezcla modificada*

Se entiende por mezcla modificada a aquella formulación de mortero o concreto en la que uno o más de sus componentes tradicionales como el cemento, los agregados o el agua han sido parcial o totalmente sustituidos o complementados con aditivos o adiciones minerales, con el objetivo de mejorar alguna de sus propiedades en estado fresco o endurecido (Mehta & Monteiro, 2014).

Estas modificaciones pueden estar dirigidas a optimizar parámetros como la resistencia mecánica, la durabilidad, la trabajabilidad, el tiempo de fraguado, o incluso a reducir el impacto ambiental del material. Entre las adiciones más utilizadas se encuentran las cenizas volantes, la escoria de alto horno, la microsílíce, y puzolanas naturales como la diatomita, que pueden aportar sílice reactiva o mejorar la compacidad de la matriz cementicia (Neville, 1997).

Las mezclas modificadas requieren una dosificación precisa, ya que los nuevos componentes pueden alterar el equilibrio de la mezcla tradicional. Por ejemplo, la incorporación de un material altamente poroso como la diatomita puede aumentar la demanda de agua, afectar la fluidez, o modificar la cinética de hidratación del cemento, por lo que es necesario ajustar la relación agua/cemento y realizar ensayos previos (Taylor, 1997).

El uso de mezclas modificadas también responde a criterios de sostenibilidad, ya que permite reducir el contenido de cemento Portland, disminuyendo las emisiones de CO₂ asociadas a su producción. Además, fomenta el aprovechamiento de materiales locales o residuos industriales, contribuyendo a una construcción más eficiente desde el punto de vista técnico, económico y ambiental (Habert et al., 2020).

2.3.7. Comportamiento físico-mecánico del mortero

El comportamiento físico-mecánico del mortero se refiere al conjunto de respuestas que presenta este material frente a condiciones de aplicación, carga y exposición, tanto en estado fresco como endurecido. Este comportamiento se evalúa mediante parámetros que reflejan su trabajabilidad, resistencia, adherencia y durabilidad, y está directamente influenciado por la composición de la mezcla, la calidad de los materiales y las condiciones de curado (Neville, 1997).

En estado fresco, el comportamiento físico del mortero está determinado principalmente por su consistencia o fluidez, la cual afecta su colocación, acabado y adherencia inicial. Una mezcla adecuada debe presentar suficiente cohesión y plasticidad para evitar segregación y garantizar un contacto uniforme con las superficies de aplicación (Mehta & Monteiro, 2014).

En estado endurecido, el mortero debe ofrecer un desempeño mecánico que asegure su función estructural o no estructural dentro del sistema constructivo. Las propiedades mecánicas más representativas son la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la resistencia a la adherencia. Estas características están relacionadas con la porosidad de la matriz, la relación agua/cemento y la calidad de los componentes utilizados (Taylor, 1997).

Cuando se modifican las mezclas tradicionales mediante la incorporación de adiciones minerales como la diatomita, el comportamiento físico-mecánico puede cambiar significativamente. Dependiendo de la dosificación y la naturaleza del material, estas adiciones pueden mejorar la compacidad, reducir la permeabilidad y aumentar la resistencia a largo plazo, aunque también pueden afectar la trabajabilidad si no se controlan correctamente (Rodríguez et al., 2019).

Comprender el comportamiento físico-mecánico del mortero es esencial para garantizar su desempeño funcional y para justificar técnicamente la incorporación de materiales alternativos que busquen optimizar sus propiedades sin comprometer la calidad ni la sostenibilidad del producto final.

2.3.8. Clasificación de los morteros.

Los morteros pueden clasificarse según diversos criterios. Por el tipo de ligante, se distinguen los morteros de cemento, que ofrecen alta resistencia y durabilidad; de cal, más trabajables, pero con menor resistencia; y mixtos, que combinan ambos ligantes para equilibrar propiedades mecánicas y de aplicación. Según su uso, se agrupan en morteros de asiento, empleados para unir unidades de albañilería; de revestimiento o tarrajeo, utilizados para acabados superficiales; adhesivos, formulados para fijar piezas como cerámicos; y de reparación, diseñados para restaurar zonas deterioradas. Finalmente, por su forma de preparación, pueden ser mezclados en obra o premezclados en planta, siendo estos últimos más uniformes y controlados.

Tabla 1
Clasificación de los morteros.

Criterio	Tipos de mortero	Aplicación principal
Por ligante	Cemento / Cal / Mixto	Albañilería estructural, restauración, muros
Por uso	Asiento / Revestimiento / Adhesivo / Reparación	Unión de ladrillos, tarrajeo, colocación de cerámicos, refuerzo de elementos
Por preparación	En obra / Premezclado	Construcción convencional o industrializada

Nota. Adaptado de Mehta & Monteiro (2014); Neville (1997); Mindess et al. (2003).

2.3.9. Diatomita como adición mineral.

La diatomita, también conocida como tierra de diatomeas, es un material natural de origen silíceo formado por la acumulación fosilizada de microalgas denominadas diatomeas. Su estructura altamente porosa y su contenido mayoritario de sílice amorfa

la convierten en un material con potencial aplicación como adición mineral en mezclas cementicias (Aragone et al., 2016).

Como adición mineral, la diatomita puede actuar de dos maneras: como material puzolánico, si presenta una cantidad suficiente de sílice reactiva que le permita reaccionar con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) liberado durante la hidratación del cemento; o como microrelleno, al contribuir al refinamiento de la matriz cementicia por su finura y forma física, reduciendo la porosidad y mejorando la compacidad del mortero (Mehta & Monteiro, 2014).

El uso de diatomita en morteros permite mejorar propiedades físico-mecánicas como la resistencia a la compresión a edades mayores, disminuir la absorción capilar, y modificar la trabajabilidad inicial de la mezcla. No obstante, su incorporación requiere un control adecuado de la dosificación, ya que cantidades excesivas pueden afectar negativamente el desarrollo inicial de la resistencia (Rodríguez et al., 2019).

En el contexto de la construcción sostenible, la diatomita representa una alternativa ecológica y de bajo costo para reducir el contenido de clínker en el cemento, disminuir las emisiones de CO_2 y aprovechar recursos minerales disponibles localmente. Esto la convierte en un material atractivo para investigaciones orientadas a la optimización de mezclas cementicias convencionales.

Ensayos de control de calidad de la diatomita.

El uso de la diatomita en mezclas cementicias se rige por normas internacionales, donde se clasifica como puzolana natural tal como indica en la norma ASTM C618 y la ASTM C311. La diatomita es empleada como sustituto parcial del cemento portland, mejorando su resistencia mecánica y contribuyendo a la durabilidad al reducir la permeabilidad, la que le convierte en una alternativa en a la elaboración de morteros.

- **ASTM C618:** Para la especificación estándar para cenizas volantes y puzolanas naturales para el uso en hormigón.
- **ASTM C311:** método de prueba estándar para el muestreo ya análisis de cenizas volantes o puzolanas naturales para su uso en hormigón de cemento portland.

2.3.10. Cemento Portland.

El cemento Portland es un material pulverulento que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece debido a reacciones químicas, desarrollando propiedades aglutinantes incluso bajo el agua. Según Neville (1997), es el principal tipo de cemento utilizado en ingeniería civil, compuesto principalmente por silicatos y aluminatos de calcio que, al hidratarse, forman productos que le otorgan resistencia y durabilidad a mezclas como el mortero y el concreto.

Este tipo de cemento se caracteriza por su alta resistencia a la compresión, su versatilidad en distintas condiciones ambientales, y su compatibilidad con diversos tipos de adiciones minerales, como la diatomita, lo que permite modificar sus propiedades para fines estructurales, económicos o ambientales.

Ensayos de control de calidad del cemento portland.

- Ensayo de finura del cemento portland NTP 334.045: para determinar la finura del cemento portland.
- Ensayo de contenido de aire NTP 334.048: para medir la cantidad de aire atrapado de manera involuntaria en el cemento durante su producción.
- Ensayo de peso específico del cemento NTP 334.005: para determinar a la densidad absoluta o el peso específico del cemento portland.
- Ensayo de expansión a acción de sulfatos NTP 334.065: para evaluar la resistencia del cemento portland a la exposición soluciones de sulfatos.
- Ensayo de hidratación NTP 334.171: para medir la cantidad de calor liberado durante la reacción química de hidratación del cemento.
- Ensayo de índice de actividad puzolánica NTP334.009: para determinar la capacidad de un material puzolánico para reaccionar químicamente.
- Ensayo de tiempo de fraguado del cemento NTP 334.006 y ASTM C191

2.3.11. Agregados.

Los agregados son materiales granulares, generalmente inertes, que se combinan con el cemento y el agua para formar mezclas como mortero y concreto. En el caso del mortero, se utiliza principalmente agregado fino (arena), cuya función es

proporcionar volumen, estabilidad dimensional, y resistencia al desgaste, además de contribuir al comportamiento mecánico del material endurecido.

Según Mehta y Monteiro (2014), los agregados ocupan entre el 60 % y el 75 % del volumen total del concreto o mortero, y su influencia en las propiedades finales de la mezcla es significativa, especialmente en lo que respecta a la trabajabilidad, la resistencia, la retracción y la durabilidad. La forma, textura, tamaño y distribución granulométrica del agregado son factores clave en la calidad del mortero.

En investigaciones donde se modifican las mezclas tradicionales, como en el uso de adiciones minerales o agregados alternativos (reciclados, naturales modificados), es fundamental controlar las características del agregado para asegurar un desempeño técnico adecuado.

Ensayos de control de calidad de los agregados.

- Ensayo de granulometría NTP 400.012/ASTMC136: analiza a la distribución de tamaños de partículas que conforman el agregado.
- Ensayo de contenido de humedad NTP 339.185/A ASTM C566: para determinar el % de humedad superficial de los agregados.
- Ensayo de peso unitario NTP 400.017/ASTM C-138
- Ensayo de peso específico NTP 400.022/ASTM C128: este ensayo determina el peso específico del agregado, peso específico saturado con superficie seca y aparente y el porcentaje de absorción del agregado.

2.3.12. Agua

El agua en mezclas cementicias es importante para la hidratación del cemento, el cual la otorga al mortero su resistencia y propiedades mecánicas. La cantidad se controla mediante la relación agua/cemento, el cual determina la fluidez y la trabajabilidad del mortero. (Neville,1997),

Ensayo de control de calidad del agua.

- **NTP 339.088:** Agua utilizada para mezclas cementicias.

En agua debe estar dentro de los límites:

El contenido máximo de materia orgánica será de 3 ppm.

El contenido de residuo sólido no será mayor a 5000 ppm

El pH está comprendido entre 5.5 a 8.

El contenido de cloruros expresado en ion c_1 será menor a 1000 ppm

- **ASTM C1602:** Especificación estándar para el agua de mezcla utilizada en la producción de mezclas cementicias.

Describe los requisitos de composición y rendimiento del agua utilizada para mezclas de hormigón de cemento hidráulico

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que se enfoca en la medición objetiva de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento modificado con diatomita. Se emplean procedimientos experimentales y herramientas de laboratorio estandarizadas que permiten obtener datos numéricos verificables, los cuales serán analizados estadísticamente para comparar el rendimiento frente al mortero tradicional. Este enfoque permite establecer relaciones causales y diferencias significativas entre grupos mediante el uso del método científico (Hernández-Sampieri, Mendoza & Bautista, 2014).

3.2 Alcance

La investigación se enmarca dentro de un alcance explicativo y experimental, ya que busca analizar los efectos de la incorporación de diatomita en distintas proporciones sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento. Para ello, se realizarán ensayos en condiciones de laboratorio que permitan evaluar variables como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la consistencia de fluidez. El propósito es establecer relaciones causales entre la proporción del aditivo y el desempeño del mortero en comparación con el convencional. Este tipo de estudio permite profundizar en el “por qué” de los fenómenos y establecer vínculos entre variables, lo que lo sitúa dentro del nivel explicativo, según lo señala Hernández-Sampieri, Mendoza y Bautista (2014).

3.3 Diseño de investigación

Esta investigación utiliza un diseño experimental de enfoque aplicado, orientado a evaluar los efectos de diferentes proporciones de diatomita sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento. El diseño se basa en la manipulación deliberada de la variable independiente (contenido de diatomita) y la observación de sus consecuencias en variables dependientes como la resistencia a la compresión, la flexión y la consistencia, bajo condiciones controladas de laboratorio. Al no incluir asignación aleatoria ni grupos completamente independientes, se considera un diseño preexperimental, útil para explorar relaciones causales iniciales en contextos técnicos específicos. Este tipo de diseño es común en estudios de ingeniería que buscan validar materiales o tecnologías emergentes (Hernández-Sampieri, Mendoza & Bautista, 2014).

3.4 Población y muestra

Población

La población de este estudio está constituida por el conjunto de unidades experimentales representadas por las probetas o especímenes de mortero de cemento elaborados en laboratorio, los cuales se diseñan con diferentes proporciones de diatomita como adición mineral. En investigaciones de tipo experimental aplicadas a materiales, la población no se refiere a personas, sino a los elementos físicos que serán objeto de análisis bajo condiciones controladas. Como indican Hernández-Sampieri, Mendoza y Bautista (2014), en los estudios experimentales en ciencias aplicadas, la población puede definirse como el universo de objetos, materiales o fenómenos sobre los que se pretende generalizar los resultados del análisis.

Muestra

La muestra de esta investigación está compuesta por un total de 48 probetas cúbicas de mortero de cemento de 5 cm (2”), elaboradas conforme a los estándares establecido en las normas NTP 334.051, NTP 334.057, NTP 334.122 NTP 399.605 y ASTM E 518, asegurando así la validez técnica de los ensayos realizados. Además, se efectuaron 12 pruebas de consistencia de fluidez, 4 ensayo de tiempo de fraguado y se formaron 36 pilas de 5 unidades y 36 pilas de 3 unidades, todas sometidas a tratamientos con adición de diatomita en proporciones de 0 %, 5 %, 10 % y 15 % respecto al peso del cemento. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días para analizar la evolución de las propiedades físico-mecánicas del material. La selección fue de tipo no probabilística intencional, característica habitual en estudios experimentales con materiales, donde las unidades muestrales son diseñadas bajo condiciones controladas para observar el efecto de una variable manipulada (Hernández-Sampieri, Mendoza & Bautista, 2014).

Descripción del procedimiento experimental

El procedimiento experimental inicia con la selección de materiales, seguida de la preparación de la mezcla de mortero y se efectúa el ensayo de la fluidez del mortero y seguidamente moldeo de cubos y prismas. Luego, se realiza el curado en ambiente controlado. Cumplido este proceso, se efectúan los ensayos de compresión y flexión y, finalizando con el registro y análisis de resultados.

3.5 Hipótesis

Hipótesis general

La incorporación de diatomita como aditivo silíceo natural mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento convencional.

Hipótesis específicas

- a. El mortero con diatomita presenta mayor resistencia a la compresión que el convencional.
- b. La adición de diatomita modifica la fluidez del mortero, disminuyéndola progresivamente.
- c. El mortero con diatomita modifica el tiempo de fraguado del mortero convencional.
- d. El mortero con diatomita mejora su resistencia frente a esfuerzos de flexión.
- e. La capacidad resistente del mortero ante cargas de compresión se incrementa con proporciones controladas de diatomita.

3.6 Operacionalización de variables

- A. Variable Independiente:** Adición de diatomita como aditivo mineral en el mortero de cemento.
- B. Variable Dependiente:** Propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento.

Tabla 2*Cuadro de Operacionalización de variables.*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Adición de diatomita como aditivo mineral en el mortero de cemento.	Es la incorporación de diatomita, un material silíceo natural, al mortero de cemento en proporciones específicas, con el fin de modificar sus propiedades físicas y mecánicas.	Proporción de adición Mezcla y preparación	Porcentaje en peso de diatomita respecto al cemento. Uniformidad visual y textural de la mezcla.
		Fluidez	% de fluidez
Variable Dependiente: Propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento.	Son las características técnicas del mortero que definen su comportamiento, incluyendo la fluidez, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión.	Tiempo de fraguado Resistencia a la flexión Resistencia a la compresión	Min. Resistencia a la flexión (MPa) Resistencia a la compresión (kg/cm ²)

Nota. Elaboración Propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon tres técnicas principales de recolección de datos. En primer lugar, se utilizó la observación directa, que permitió evaluar de manera sistemática la uniformidad visual y textural de las mezclas de mortero con adición de diatomita, considerando aspectos como la homogeneidad y la trabajabilidad. En segundo lugar, se aplicaron ensayos de laboratorio, fundamentales para obtener datos cuantitativos sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero, tales como fluidez, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión, siguiendo procedimientos normativos. Finalmente, se recurrió al registro fotográfico como técnica complementaria para documentar visualmente el proceso experimental y las características de las muestras evaluadas.

3.7.2 Instrumentos

Para recolectar la información necesaria que permita comprobar las hipótesis y alcanzar los objetivos planteados, se emplearon diversos instrumentos técnicos apropiados para estudios experimentales en ingeniería de materiales. Se utilizó una cámara fotográfica digital para documentar visualmente el proceso de elaboración y ensayo del mortero, y una ficha técnica de recolección de datos, diseñada para registrar de forma sistemática los resultados obtenidos en laboratorio. Entre los instrumentos mecánicos destacan la máquina universal de compresión, empleada para evaluar la resistencia mecánica del mortero (flexión y compresión), la mesa de flujo utilizada para el ensayo de consistencia, y la balanza electrónica, que permitió realizar mediciones precisas de materiales, Aguja de Vicat para determinar el tiempo de fraguado del mortero. También se utilizaron serie de tamices para la caracterización granulométrica de los agregados, vernier digital para medir las dimensiones de los especímenes, y cubos probeta de 2 pulgadas (50 mm) como moldes para las muestras. Toda la información registrada fue documentada en un cuaderno de apuntes de laboratorio, complementada con fotografías del proceso experimental, con el fin de elaborar un informe técnico detallado y reproducible.

3.7.3 Equipos utilizados:

- Prensa hidráulica: Marca Controls, capacidad de 200 kN, calibrada anualmente por laboratorio certificado.

- Mesa de flujo: Marca Humboldt, diámetro de plato de 25 cm, con frecuencia ajustada a 1 sacudida por segundo.
- Aguja de vicat: EO55N con escala graduada 10mm de diámetro con base de placa de vidrio.
- Balanza electrónica: Marca Ohaus, capacidad 20 kg, precisión ± 0.1 g, calibrada internamente con pesas patrón.
- Vernier digital: Marca Mitutoyo, precisión de 0.01 mm, utilizado para medir dimensiones de cubos y prismas.
- Molde de cubos: 50 mm conforme a NTP 334.051 / ASTM C109.

Controles y condiciones del ensayo

Se controló la temperatura del ambiente de curado (20 ± 2 °C) y la humedad relativa (>95%), conforme a la norma NTP 334.076.

Se verificó el cumplimiento del tiempo de fraguado mínimo antes de iniciar los ensayos.

Se utilizó agua potable conforme a NTP 339.088 para preparar todas las mezclas.

Protocolos de calidad seguidos:

- Todas las mezclas se prepararon conforme a la NTP 334.003 (ASTM C305).
- Cada lote de mezcla fue revisado visualmente para evitar segregación o inconsistencias.
- Las probetas se numeraron y almacenaron según su grupo experimental para asegurar trazabilidad.
- Se realizaron duplicados de ensayos para cada edad (7, 14, 21 y 28 días), y se reportaron los promedios.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Los datos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio fueron analizados mediante técnicas de estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central como el promedio, y de dispersión como la desviación estándar, con el objetivo de resumir el comportamiento de cada propiedad evaluada (fluidez, resistencia a la flexión

y resistencia a la compresión) según las diferentes proporciones de diatomita. Asimismo, se aplicaron pruebas de comparación entre grupos experimentales para identificar posibles diferencias significativas en el desempeño del mortero, de acuerdo con los objetivos del estudio. El procesamiento de los datos se realizó con el apoyo de los programas Microsoft Excel y SPSS v.26, lo que permitió organizar la información de manera clara, precisa y adecuada para su interpretación técnica.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

Selección y caracterización de materiales para la experimentación

3.9.1.1 Agregado

En esta investigación se empleó agregado fino natural (arena) proveniente de la cantera “Río Cachi”, ubicada a 44.6 km de la ciudad de Ayacucho. Este material fue seleccionado debido a que cumple con las características técnicas requeridas para la elaboración de morteros, conforme a lo establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 400.037:2002, la cual regula los requisitos de calidad para agregados finos en mezclas cementicias.

El agregado fue preparado mediante procesos de lavado, secado y tamizado, con el objetivo de eliminar impurezas como arcilla, materia orgánica o partículas finas no deseadas. Se realizó un análisis granulométrico utilizando una serie de tamices normalizados, asegurando que el material cumpla con la distribución de tamaños ideal para obtener una mezcla homogénea y trabajable.

Figura 3

Imagen satelital de la ubicación de la cantera Río Cachi, fuente de extracción del agregado fino.



Nota. Ubicación geográfica de la "CANTERA RIO CACHI"

Figura 4

Obtención del agregado fino en la cantera Río Cachi.



Nota. Ilustración tomada del agregado de la "CANTERA RIO CACHI"

3.9.1.2 Cemento

En la presente investigación se utilizó cemento Portland tipo I, de uso general, ampliamente empleado en obras de ingeniería civil por su adecuada resistencia y comportamiento en condiciones normales de exposición. Este tipo de cemento es reconocido por su rápida hidratación y desarrollo progresivo de resistencia mecánica, siendo ideal para mezclas de mortero sin requerimientos especiales frente a sulfatos o calor de hidratación.

El cemento fue suministrado en envases originales y almacenado en condiciones secas y ventiladas para evitar su hidratación prematura. Antes de su uso, se verificó su fecha de fabricación, presentación en polvo fino homogéneo y ausencia de grumos, conforme a lo indicado en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009:2014, que regula las especificaciones del cemento hidráulico tipo Portland.

Figura 5

Cemento andino tipo I



Fuente: <https://www.cementoandino.com.pe/>

El cemento se utilizó como material base en todas las dosificaciones, manteniéndose constante su proporción en la mezcla, a excepción de las variantes donde se incorporó la diatomita como adición parcial en reemplazo porcentual. Esta

estrategia experimental permitió evaluar de manera objetiva el efecto de la diatomita sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero.

Tabla 3

Propiedades esenciales del Cemento Portland andino Tipo I.

Propiedad	Valor	Norma
Tipo	Portland Tipo I	NTP 334.009 / ASTM C150
Finura	≤ 10 % (Tamiz N°200)	ASTM C430
Fraguado inicial	122 min	ASTM C191
Compresión (28 días)	420 kg/cm ²	ASTM C109
Contenido de aire	6 %	ASTM C151
Superficie específica	3.86 g/cm ³	ASTM C188

Nota. Ficha técnica del cemento andino tipo I <https://www.cementoandino.com.pe/>

3.9.1.3 Agua

Se utilizó agua potable limpia, libre de impurezas, materia orgánica y agentes contaminantes, conforme a lo establecido por la NTP 339.088:2022 y la ASTM C1602, que regulan el uso de agua para mezclas cementicias. Esta agua fue utilizada tanto para la preparación del mortero como para el curado de los especímenes, garantizando la no alteración de las propiedades del cemento y la calidad de los resultados obtenidos.

3.9.1.4 Diatomita

Para esta investigación se utilizó diatomita natural extraída de la cantera “Tambillo”, ubicada a unos 17 km de la ciudad de Ayacucho, en la región sur del Perú. La zona de extracción se localiza en las coordenadas aproximadas E: 596224, N: 8541721. La recolección del material se realizó de forma manual, extrayendo únicamente la cantidad necesaria para los ensayos.

Una vez en el laboratorio, la diatomita fue procesada cuidadosamente: primero se trituró y molió hasta obtener una textura fina, y luego se tamizó en seco con malla N°100 (150 µm) para asegurar una granulometría uniforme y libre de impurezas visibles.

El polvo obtenido se utilizó como adición mineral al mortero de cemento, reemplazando el cemento en proporciones de 5 %, 10 % y 15 % en peso, con el objetivo de evaluar cómo influye en las propiedades físico-mecánicas del material. La elección

de este insumo se basa en su composición rica en sílice amorfa (SiO_2) y su estructura porosa, características que le otorgan un potencial efecto puzolánico y que podrían mejorar la eficiencia y sostenibilidad del mortero.

3.9.1.5 Preparación mecánica de la diatomita: trituración y acondicionamiento

La diatomita utilizada fue extraída manualmente con comba y cincel en la cantera de Tambillo, siendo transportada en una unidad móvil hasta el laboratorio. Allí, se realizaron estudios preliminares y se procedió a su trituración mecánica mediante la máquina de abrasión, hasta una molienda fina para obtener una textura homogénea. Luego, el material fue tamizado en seco (malla N°100) para garantizar la uniformidad granulométrica y eliminar impurezas. Finalmente, la diatomita fue almacenada en recipientes sellados, en un ambiente seco, asegurando su estabilidad hasta su uso en la elaboración del mortero experimental.

Figura 6

Proceso de trituración de la diatomita en máquina de abrasión con 2500 vueltas.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

3.9.1.6 Proceso de tamizado de la diatomita

Luego del proceso de trituración y molienda, la diatomita fue sometida a un tamizado en seco con el propósito de obtener un material con granulometría adecuada

para su uso como aditivo en mortero de cemento. Para ello, se empleó un tamiz de malla N°100 (150 micras), el cual permite separar las partículas finas necesarias para la mezcla. Solo el material pasante fue considerado apto, descartándose las fracciones más gruesas.

Este paso es fundamental para garantizar una dispersión homogénea del aditivo en la matriz del mortero, optimizando su interacción con el cemento y mejorando las propiedades físico-mecánicas del compuesto. Además, una granulometría fina favorece una posible actividad puzolánica de la diatomita, al aumentar su superficie de reacción.

Figura 7

Proceso de tamizado en seco de la diatomita.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Ensayo de fluidez del mortero de cemento (consistencia)

El ensayo de fluidez permite evaluar la consistencia y trabajabilidad del mortero en estado fresco. Se realizó siguiendo la NTP 334.057 y la ASTM C1437, utilizando una mesa de flujo, molde cónico, pisón, vernier, espátula y herramientas auxiliares.

La mezcla se colocó en el molde en dos capas compactadas de 25 mm (cada capa se compacto con 25 golpes con un pisón de manera distribuida), se retiró el molde

y se aplicaron 25 golpes en 15 segundos en mesa de flujo. Luego, se midió el diámetro de expansión con vernier para calcular el promedio de fluidez. Este ensayo se aplicó a todas las dosificaciones para comparar el efecto de la diatomita sobre la consistencia del mortero.

3.9.2.1 Procedimiento de elaboración de la mezcla

Para la elaboración de las mezclas de mortero, se siguió una dosificación base de cemento: 200 g, agregado fino: 450 g y agua: 120 ml, con una relación $a/c = 0.60$, diseñada para una resistencia promedio de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo con la NTP 334.057:2019. En el caso del mortero experimental, se incorporó diatomita en reemplazo parcial del cemento, en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % en peso, correspondientes a 10 g, 20 g y 30 g respectivamente. También se consideró un grupo control con 0 % de adición.

Los materiales secos (cemento, agregado y diatomita) fueron mezclados en un recipiente limpio durante 1 minuto, para asegurar una distribución homogénea. Luego se añadió el agua gradualmente, continuando con la mezcla manual durante 3 a 5 minutos hasta obtener una masa de consistencia uniforme, sin grumos ni segregación. Esta mezcla fue utilizada de inmediato para los distintos ensayos físico-mecánicos, incluyendo el ensayo de fluidez, compresión y flexión.

Tabla 4

Diseño de mezcla del mortero de cemento para la investigación experimental.

Mortero $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	
Proporciones	$a/c=0.60$
Agregado	450
Cemento	200
Agua	120

Nota. Elaboración propia

Figura 8

Preparación de la mezcla del mortero para el ensayo de fluidez.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 9

Compactación del mortero en el molde cónico para el ensayo de fluidez.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 10

Medición del diámetro de expansión del mortero de cemento.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

3.9.2.2 Cálculo del resultado del ensayo de fluidez del mortero

La fluidez del mortero representa la capacidad de la mezcla fresca para expandirse bajo su propio peso y se expresa como un porcentaje de expansión respecto al diámetro inicial del molde. Este ensayo permite comparar la trabajabilidad entre la mezcla patrón y aquellas con diferentes adiciones de diatomita.

El procedimiento se basa en la Norma Técnica Peruana NTP 334.057:2019, y el cálculo de la fluidez se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fluidez} = \left(\frac{D_p - D_i}{D_i} \right) \times 100$$

Donde:

% Fluidez: Porcentaje de expansión de la mezcla

D_p: Diámetro promedio de la muestra (cm)

D_i: Diámetro interno del molde cónico (base mayor), que en este estudio fue de 10.16 cm

El diámetro promedio D_p se obtiene midiendo tres diámetros perpendiculares del mortero expandido tras el ensayo, y se calcula como:

$$D_p = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

En este estudio, se tomaron hasta cuatro mediciones por muestra (D1 a D4) para mayor precisión, y se utilizó el promedio de tres valores centrales, descartando valores atípicos cuando fue necesario.

Tabla 5*Fluidez del mortero para diversos tipos de estructura y colocación.*

Consistencia	Fluidez %	Condiciones de Colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de Colocación
Dura (seca)	80 - 100	Sesiones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de túneles, pantallas de cimentación, pisos	Proyección de neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 -120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetas y Revesticimiento	Manual de palas y palustres
Fluida (Húmeda)	120 - 150	Sin vibración	Pañetas rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual bombeo, inyección

Fuente: Gutiérrez, (2003)

Los resultados se registraron en la Tabla 6, que muestra los valores de diámetro obtenidos para cada muestra según el porcentaje de adición de diatomita (0 %, 5 %, 10 % y 15 %). Estos datos permitieron calcular el % de fluidez y evaluar el impacto del aditivo mineral sobre la consistencia del mortero.

3.9.2.3 Procesamiento y análisis de datos

Tabla 6*Datos experimentales del ensayo de consistencia del mortero de cemento.*

Mortero + Adición	Descripción		Diámetro (cm)			
	Muestra	D1	D2	D3	D4	
MP+0%D	M-01	22.5	22.0	22.3	22.2	
	M-02	22.0	22.1	22.1	21.9	
	M-03	21.9	22.0	22.1	21.9	
MP+5%D	M-04	20.5	20.3	20.4	20.4	
	M-05	20.6	20.5	20.5	20.4	
	M-06	20.3	20.4	20.5	20.3	
MP+10%D	M-07	18.8	18.9	18.8	19.0	
	M-08	19.0	18.9	19.2	19.0	
	M-09	19.2	19.2	19.3	19.4	
MP+15%D	M-10	15.7	15.6	15.8	15.7	
	M-11	15.5	15.7	15.6	15.8	
	M-12	15.8	15.8	15.7	15.8	

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Ensayo de tiempo de fraguado de mortero con adición de diatomita

Este ensayo se realizó para evaluar el tipo de fraguado del mortero de cemento con 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de adición de diatomita, siguiendo la NTP 344.122. Se utilizaron las mismas dosificaciones del ensayo de consistencia de fluidez utilizando

Tabla 7

Diseño de mezcla del mortero de cemento para la investigación experimental.

Mortero $f'c=175$ kg/cm²	
Proporciones	$a/c=0.60$
Agregado	220
Cemento	100
Agua	60

Nota. Elaboración propia

Procedimiento de elaboración de la mezcla

Para la elaboración de las mezclas de mortero, se siguió una dosificación base de cemento: 100 g, agregado fino: 220 g y agua: 60 ml, con una relación $a/c = 0.60$, diseñada para una resistencia promedio de $f'c = 175$ kg/cm², de acuerdo con la NTP 334.122. En el caso del mortero experimental, se incorporó diatomita en reemplazo parcial del cemento, en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % en peso, correspondientes a 5 gr, 10 gr y 15 gr respectivamente.

Materiales

- Aparato de aguja de vicat
- Espátula
- Molde
- anillo cónico
- Termómetro
- Cronometro
- Placa no absorbente y herramientas manuales.

Ensayo de tiempo de fraguado mortero de cemento

Los materiales secos (cemento, agregado y diatomita) fueron mezclados en un recipiente limpio durante 1 minuto, para asegurar una distribución homogénea. Luego

se añadió el agua gradualmente, continuando con la mezcla manual durante 3 a 5 minutos hasta obtener una masa de consistencia uniforme

La mezcla se colocó una capa de mortero aproximadamente de 20mm de espesor en el molde para luego compactarla con el pisón con 14 golpes distribuidas equitativamente en el molde, luego se llenará el molde totalmente para compactar de la misma forma que en la primera capa. Finalmente, se nivelará la superficie del molde dejándola nivelada a la superficie del molde.

Figura 11

Preparación de la mezcla para el ensayo de tiempo de fraguado.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio UNSCH

En la prueba de tiempo de fraguado poner la aguja de vicat en cero para medir el tiempo de fraguado, se suelta el vástago para iniciar la penetración, la primera penetración se realizará a los 30 minutos después del inicio de llenado el molde.

Una vez realizada la primera penetración, se procede con las siguientes cada 10 minutos. Se tomarán medidas de penetración hasta una penetración de 10 mm o menos

Figura 12

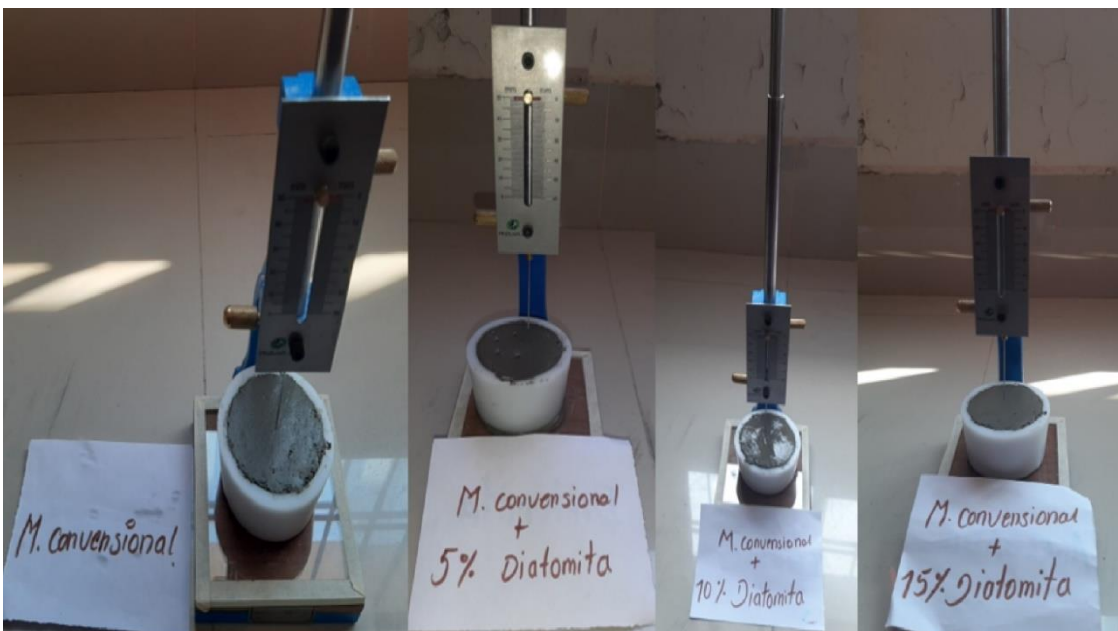
Equipo de aguaj de vicat..



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio UNSCH

Figura 13

Ensayo de tiempo de fraguado de mortero de cemento con adiciones de diatomita (0%,5%,10% y 15%)



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio UNSCH

3.9.3.1 Procesamiento y análisis de datos.

Tabla 8

Tiempo de fraguado – Mortero con 0 % de diatomita (mezcla patrón).

Tiempo de Fraguado del Mortero				
Referencia Normativa: NTP 334.122				
# Penetración	% Adictivo	Penetración (mm)	Temperatura (C°)	Tiempo (mim)
1		48	20.2	30
2		44	22.0	10
3		41	22.3	10
4		37	24.1	10
5		34	24.5	10
6		31	24.7	10
7	MP+0%D.	29	22.5	10
8		25	22.0	10
9		23	22.0	10
10		21	22.5	10
11		18	23.0	10
12		14	23.4	10
13		9	22.7	10

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio UNSCH

Tabla 9

Tiempo de fraguado – Mortero con 5 % de diatomita.

Tiempo de Fraguado del Mortero				
Referencia Normativa: NTP 334.122				
# Penetración	% Adictivo	Penetración (mm)	Temperatura (C°)	Tiempo (mim)
1		46	23.5	30
2		42	24.2	10
3		38	24.0	10
4		34	25.2	10
5		29	24.3	10
6	MP+5%D.	25	23.7	10
7		23	23.0	10
8		19	23.5	10
9		15	24.0	10
10		12	23.2	10
11		9	23.9	10

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio UNSCH

Tabla 10*Tiempo de fraguado – Mortero con 10 % de diatomita.*

Tiempo de Fraguado del Mortero				
Referencia Normativa: NTP 334.122				
# Penetración	% Aditivo	Penetración (mm)	Temperatura (C°)	Tiempo (mim)
1		44	24.8	30
2		41	24.5	10
3		38	24.6	10
4		35	23.8	10
5	MP+10%D.	31	24.1	10
6		26	24.0	10
7		21	23.6	10
8		19	23.6	10
9		13	23.1	10
10		9	24.0	10

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio UNSCH**Tabla 11***Tiempo de fraguado – Mortero con 15 % de diatomita.*

Tiempo de Fraguado del Mortero				
Referencia Normativa: NTP 334.122				
# Penetración	% Aditivo	Penetración (mm)	Temperatura (C°)	Tiempo (mim)
1		38	21.0	30
2		34	21.3	10
3		29	22.0	10
4	MP+15%D.	25	21.1	10
5		21	21.6	10
6		14	22.8	10
7		8	22.5	10

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio UNSCH**3.9.3.2 Cálculo del tiempo de fraguado mortero de cemento.**

El tiempo de fraguado del mortero de cemento está determinada de acuerdo con la NTP344.122.

$$TF = \left(\left(\frac{H-E}{C-D} \right) * (C-10) \right) + E$$

Donde:

E: Tiempo de la última penetración mayor que 10mm (Min)

H: Tiempo de la primera penetración menos 1ue 10mm (Min)

C: Lectura de la penetración al tiempo de E (mm)

D: Lectura de la penetración al tiempo de H (mm)

Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero con adición de diatomita

Este ensayo se realizó para evaluar la resistencia a compresión del mortero de cemento con 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de adición de diatomita, siguiendo la NTP 344.051. Se moldearon cubos de 50 mm por lado, utilizando moldes metálicos previamente lubricados con petróleo. La mezcla fue colocada en dos capas, compactadas con barra metálica y niveladas con regla y badilejo.

Las probetas fueron curadas en agua y ensayadas a los 7, 14, 21 y 28 días en una máquina de compresión axial (< 1000 kN). Se registró la carga de ruptura (kg) y se calculó la resistencia aplicando la fórmula:

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

Donde:

f'c: resistencia a compresión (kg/cm²),

P: carga máxima (kg)

A: área de la superficie de carga (25cm²)

Este ensayo permitió comparar el efecto de la diatomita sobre el comportamiento mecánico del mortero.

3.9.3.3 Elaboración de especímenes cúbicos de mortero

Los especímenes cúbicos de mortero fueron elaborados manualmente, siguiendo los lineamientos de la NTP 334.051:2022, con el objetivo de evaluar la resistencia a compresión en mezclas con 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de adición de diatomita.

Para cada porcentaje se prepararon 12 cubos de 50 mm por lado, totalizando 48 especímenes.

Previo al vaciado, los moldes fueron engrasados en su interior para facilitar el desmolde. La dosificación base se adaptó a la cantidad de especímenes por serie, de acuerdo a la tabla referencial de la NTP 334.051. La adición de diatomita se realizó en proporciones calculadas respecto al peso del cemento: 53 g (5 %), 106 g (10 %) y 159 g (15 %).

La mezcla fue colocada en el molde cúbico en dos capas de 25 mm. Cada capa fue compactada con 32 golpes suaves y uniformes, respetando el orden de apisonamiento especificado en la norma. Una vez llenado el molde, se retiró el exceso con regla metálica, y los cubos fueron colocados en un lugar limpio, libre de polvo, para iniciar el proceso de fraguado y posterior curado.

Tabla 12

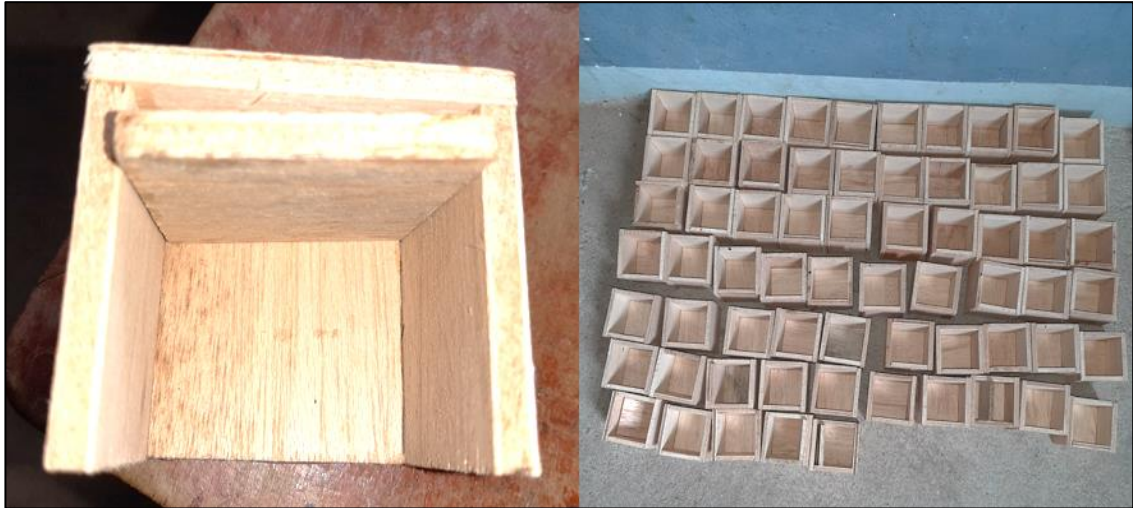
Dosificación de materiales según el número de especímenes moldeados.

Materiales	Número de Especímenes		
	6	9	12
-Cemento, g	500	740	1060
-Arena, g	1375	2035	2915
-Agua (mL): -Pórtland (agua/cemento) (0,485)	242	359	514
- Pórtland con aire incorporado (agua/cemento) (0,460)	230	340	488
-Otros (para flujo de 110±5)	--	--	--

Nota. INACAL. (2022). NTP 334.051:2022. Proporciones ya están establecidas.

Figura 14

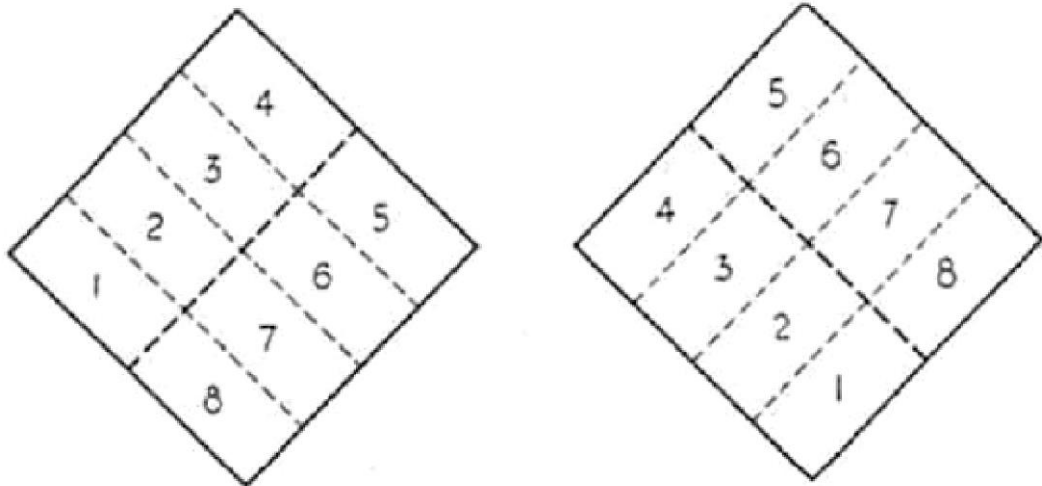
Proceso manual de moldeo de cubos de mortero de cemento para ensayos de compresión.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 15

Distribución del apisonamiento en probeta cúbica según norma.



Nota. INACAL. (2022). NTP 334.051:2022. La norma nos indica el orden de apisonamiento para el cubo de 50 mm de cada lado Instituto Nacional de Calidad del Perú.

Figura 16
Preparación de especímenes cúbicos de mortero para ensayo.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 17

Muestras de mortero de cemento: mezcla convencional y mezclas experimentales.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

3.9.3.4 Cálculo de la resistencia a compresión en cubos de mortero

El La resistencia a compresión de los cubos de mortero fue determinada de acuerdo con la NTP.051:2022, utilizando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Para el cálculo de la resistencia a compresión unitaria (f'_c) de cada muestra, se empleó la siguiente fórmula:

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

Donde:

f'_c : resistencia a compresión (kg/cm²),

P : carga máxima (kg)

A : área de la superficie de carga (25cm²)

Estas operaciones fueron aplicadas a los datos obtenidos de los 48 cubos de mortero ensayados (12 por cada nivel de adición: 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de diatomita), a edades de 7, 14, 21 y 28 días. Las tablas 8 a 11 muestran los valores de carga máxima (en kN), dimensiones de los especímenes y resultados de resistencia obtenidos.

Este análisis permitió comparar el desempeño mecánico del mortero convencional frente al modificado con diatomita, observando la evolución de la resistencia a compresión con el tiempo y con cada porcentaje de adición.

3.9.3.5 Procesamiento y análisis de datos.

Tabla 13

Resistencia a la compresión – Mortero con 0 % de diatomita (mezcla patrón).

Referencia normativa: NTP 334.051							
Fecha: 28-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (gr)	Lectura Digital (KN)
			Ancho Especim. (mm)	Altura Especim. (mm)	Largo Especim. (mm)		
MP+0%D.	M-01	7	50.18	50.06	50.19	273.73	37.19
	M-02		50.06	50.12	50.11	263.00	37.72
	M-03		49.97	50.08	50.33	263.90	33.76
	M-04	14	50.41	50.37	50.48	270.69	52.91
	M-05		50.12	50.13	50.22	268.37	53.48
	M-06		49.83	50.50	50.49	272.94	52.63
	M-07	21	50.01	50.03	49.94	266.23	68.91
	M-08		50.12	49.99	49.96	264.87	65.80
	M-09		50.01	50.03	50.00	268.09	71.00
	M-10	28	49.98	50.07	50.02	264.00	77.97
	M-11		50.01	49.95	50.06	265.04	77.43
	M-12		50.01	50.13	50.09	271.28	78.59

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 14

Resistencia a la compresión – Mortero con 5 % de diatomita.

Referencia normativa: NTP 334.051							
Fecha: 29-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (gr)	Lectura Digital (KN)
			Ancho Especim. (mm)	Altura Especim. (mm)	Largo Especim. (mm)		
MP+5%D.	M-01	7	50.24	47.86	50.33	270.97	50.41
	M-02		49.93	49.91	50.48	268.24	48.25
	M-03		50.27	50.14	50.21	269.48	49.49
	M-04	14	50.17	49.90	50.34	267.27	67.07
	M-05		49.66	50.03	50.10	262.54	66.05
	M-06		49.72	50.21	50.41	268.90	67.47
	M-07	21	49.99	49.94	50.01	261.88	79.56
	M-08		50.12	50.07	50.13	270.64	81.22
	M-09		49.97	50.01	49.95	268.01	82.98
	M-10	28	49.97	50.03	50.15	265.41	88.65
	M-11		50.05	49.93	50.16	261.72	90.25
	M-12		50.00	50.03	50.00	266.58	91.79

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 15*Resistencia a la compresión – Mortero con 10 % de diatomita.*

Referencia normativa: NTP 334.051							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (gr)	Lectura Digital (KN)
			Ancho Especim. (mm)	Altura Especim. (mm)	Largo Especim. (mm)		
MP+10%D.	M-01	7	50.01	50.28	50.32	264.68	29.70
	M-02		49.97	50.40	50.48	266.22	29.63
	M-03		50.24	50.19	50.06	260.94	29.50
	M-04	14	50.26	50.17	50.05	267.15	45.57
	M-05		50.19	50.47	50.17	267.95	46.82
	M-06		50.24	50.44	50.26	267.59	45.41
	M-07	21	49.97	50.05	49.93	257.77	60.86
	M-08		49.93	49.96	50.03	254.70	60.87
	M-09		49.97	50.01	49.99	256.32	60.07
	M-10	28	50.17	49.95	50.03	261.77	71.60
	M-11		50.01	49.99	50.13	259.90	70.65
	M-12		49.99	50.16	50.07	263.18	70.68

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX**Tabla 16***Resistencia a la compresión – Mortero con 15 % de diatomita.*

Referencia normativa: NTP 334.051							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (gr)	Lectura Digital (KN)
			Ancho Especim. (mm)	Altura Especim. (mm)	Largo Especim. (mm)		
MP+15%D.	M-01	7	50.55	50.46	50.12	256.23	22.82
	M-02		50.13	50.58	50.39	254.34	20.88
	M-03		50.66	50.04	50.26	252.26	21.64
	M-04	14	50.02	50.34	50.27	262.67	36.35
	M-05		50.16	50.16	50.25	260.88	36.06
	M-06		49.97	50.12	50.04	256.64	35.57
	M-07	21	50.00	50.13	49.97	254.99	48.62
	M-08		50.08	50.08	50.18	252.58	49.80
	M-09		49.93	50.08	50.20	252.12	48.21
	M-10	28	50.12	50.00	50.21	258.61	61.62
	M-11		50.17	49.99	50.28	259.55	60.87
	M-12		49.94	50.13	50.16	260.00	59.85

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Ensayo de adherencia a flexión en mampostería con mortero de cemento y adición de diatomita

Este ensayo se realizó siguiendo la norma ASTM E518, con el objetivo de evaluar la adherencia a flexión del mortero de cemento con adición de diatomita (5 %, 10 %, 15 %) en juntas de mampostería. Se utilizó una dosificación 1:4 (cemento: arena) con $a/c = 0.60$, diseñada para un $f'c \approx 175 \text{ kg/cm}^2$.

Las unidades fueron unidas con mortero en capas de 10 mm a 15 mm, y ensayadas a los 7, 14 y 28 días en una máquina de compresión ($>1000 \text{ kN}$). El equipo auxiliar incluyó nivel, badilejo, frotacho y herramientas manuales.

Se utilizó la dosificación establecida en la Tabla 12, correspondiente a una proporción de 1:4 (cemento: arena) con una relación agua/cemento de 0.60. La dosificación base está en la tabla 13, las adiciones de diatomita se realizaron en reemplazo del cemento en proporciones de 0.719 kg (5%), 1.438 kg (10%) y 2.157 (15%)

Tabla 17

Tipos de mortero según proporciones de componentes y uso estructural.

Tipo	Cemento	Cal	Arena	Usos
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros portantes
NP	1	–	Hasta 6	Muros no portantes

Nota. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E.070: Albañilería. Perú.

Tabla 18

Dosificación del mortero de cemento utilizado en el ensayo de adherencia a flexión.

Mortero $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	
<i>Proporciones</i>	<i>a/c=0.60</i>
Agregado	39.27
Cemento	14.38
Agua	8.63

Nota. Elaboración propia

3.9.4.1 Elaboración de prismas de mampostería para ensayo de adherencia

Para evaluar la adherencia a flexión en unidades de albañilería, se elaboraron prismas de mampostería utilizando ladrillos King Kong de 18 huecos asentados con mortero de cemento convencional y con adición de diatomita al 5 %, 10 % y 15 % en peso respecto al cemento. La dosificación del mortero fue de 1:4 (cemento: arena) con una relación agua/cemento de 0.60, conforme a lo establecido en la norma ASTM E518 y las recomendaciones del RNE E.070: Albañilería.

Previamente al asentado, las unidades de albañilería fueron humedecidas durante 1 hora, siguiendo buenas prácticas de obra, para evitar la absorción rápida del agua del mortero y mejorar la adherencia entre los materiales.

El mortero fue mezclado manualmente hasta obtener una masa homogénea. Luego, se colocaron las unidades sobre una superficie plana y nivelada, aplicando una capa uniforme de mortero de aproximadamente 10 mm a 15 mm de espesor entre cada ladrillo. Cada unidad fue asentada con presión firme y controlada, asegurando el contacto completo con la capa de mortero y una distribución uniforme.

Cada prisma estuvo compuesto por cinco ladrillos asentados en forma vertical, conformando un conjunto prismático. Se elaboró un total de 36 prismas, distribuidas equitativamente en cuatro grupos experimentales según el porcentaje de diatomita (0 %, 5 %, 10 % y 15 %).

Una vez formadas, los prismas se dejaron en reposo en un ambiente libre de polvo y expuesto a temperatura ambiente. El curado con agua limpia se mantuvo durante 7 días completos, de acuerdo con la práctica estándar, asegurando el desarrollo adecuado de las propiedades mecánicas del mortero.

Figura 18

Humedecimiento previo de unidades de albañilería para optimizar la adherencia del mortero.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 19

Proceso de elaboración de prismas para el ensayo de adherencia a flexión.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 20

Prismas preparadas para el ensayo de adherencia a flexión en mampostería.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

3.9.4.2 Cálculo de la resistencia de adherencia a flexión

Para determinar la resistencia de adherencia a flexión en unidades de mampostería unidas con mortero modificado con diatomita, se aplicó el procedimiento descrito en la norma ASTM E518, el cual permite calcular el módulo de ruptura del área bruta del espécimen, expresado en megapascuales (MPa).

El valor se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$R = 0.75 \cdot \frac{(P + P_s) \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R: módulo de ruptura del área bruta (MPa)

P: carga máxima aplicada indicada por la máquina (N)

P_s: peso propio del espécimen (N)

l: luz (longitud entre apoyos) en milímetros (mm)

b: ancho promedio del espécimen (mm)

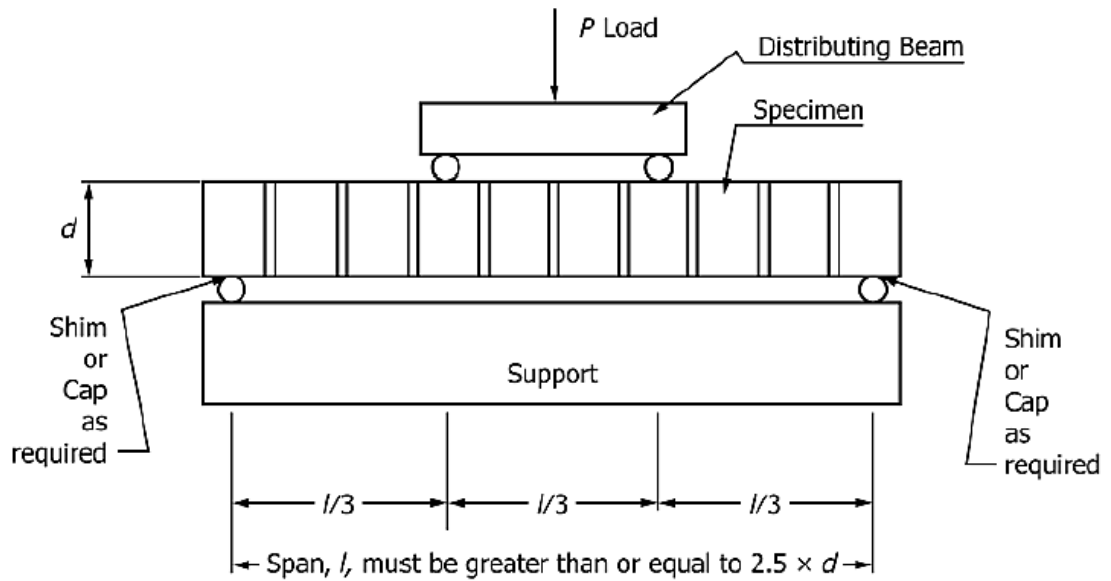
d: altura promedio del espécimen (mm)

Esta expresión considera no solo la carga máxima aplicada sino también el peso del prisma, lo cual permite una estimación más precisa del esfuerzo de flexión al que está sometida la junta de mortero en condiciones reales.

Se realizó el cálculo del módulo de ruptura para cada muestra ensayada a los 7 días de curado, utilizando los valores medidos de dimensiones y carga de falla. Los resultados se promediaron por grupo (0 %, 5 %, 10 % y 15 % de adición de diatomita), permitiendo comparar la influencia del aditivo mineral sobre la adherencia estructural del mortero en la mampostería.

Figura 21

Módulo de rotura del ensayo de resistencia de adherencia a flexión.



HIGO. 1 El método de carga del tercer punto (Método de prueba A)

Nota. ASTM E518/E518M-10. Standard Test Method for Flexural Bond Strength of Masonry.

3.9.4.3 Procesamiento y análisis de datos

Tabla 19

Resistencia de adherencia a flexión del mortero sin adición de diatomita (0 %).

Resistencia de adherencia a flexión							
Referencia normativa: ASTM E 518							
Fecha: 28-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+0%D.	M-01	7	12.58	49.45	22.65	25.15	16.74
	M-02		12.43	49.68	22.68	24.97	17.79
	M-03		12.30	49.45	22.68	24.96	18.30
	M-04	14	12.23	49.53	22.70	24.64	26.76
	M-05		12.33	49.58	22.73	24.73	28.77
	M-06		12.20	49.60	22.68	24.91	24.28
	M-07	28	12.25	49.83	22.63	23.58	29.25
	M-08		12.28	49.85	22.65	23.68	32.01
	M-09		12.30	49.60	22.73	23.32	30.91

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 20

Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 5 % de diatomita.

Resistencia de adherencia a flexión							
Referencia normativa: ASTM E 518							
Fecha: 29-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+5%D.	M-01	7	12.33	49.83	22.68	25.53	21.64
	M-02		12.43	49.70	22.73	24.97	20.88
	M-03		12.35	49.88	22.53	24.63	23.29
	M-04	14	12.30	49.53	22.70	23.12	33.36
	M-05		12.28	49.55	22.75	24.34	31.93
	M-06		12.35	49.90	22.80	24.48	31.59
	M-07	28	12.25	49.83	22.70	23.13	36.66
	M-08		12.18	49.88	22.73	24.02	34.85
	M-09		12.25	50.20	22.70	23.78	34.25

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 21*Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 10 % de diatomita.*

Resistencia de adherencia a flexión							
Referencia normativa: ASTM E 518							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+10%D.	M-01	7	12.33	49.83	22.68	23.43	15.19
	M-02		12.26	49.80	22.60	25.01	16.71
	M-03		12.33	49.48	22.65	25.30	18.33
	M-04	14	12.25	50.03	22.63	23.88	24.69
	M-05		12.28	49.93	22.62	23.83	26.07
	M-06		12.30	49.68	22.57	24.19	24.42
	M-07	28	12.25	49.88	22.68	23.14	29.78
	M-08		12.18	50.28	22.70	23.78	31.18
	M-09		12.18	50.05	22.78	23.62	29.16

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX**Tabla 22***Resistencia de adherencia a flexión del mortero con 15 % de diatomita.*

Resistencia de adherencia a flexión							
Referencia normativa: ASTM E 518							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+15%D.	M-01	7	12.35	49.38	22.75	20.88	13.39
	M-02		12.30	49.80	22.68	20.79	17.00
	M-03		12.28	49.93	22.68	21.21	14.93
	M-04	14	12.25	50.25	22.63	20.73	24.54
	M-05		12.23	50.40	22.60	22.40	23.89
	M-06		12.20	50.09	22.63	20.54	21.90
	M-07	28	12.23	50.03	22.73	20.02	23.49
	M-08		12.23	50.28	22.70	21.52	26.89
	M-09		12.28	50.08	22.65	20.09	26.28

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería con mortero de cemento modificado con diatomita

El ensayo se realizó según la NTP 399.605:2018, con el fin de determinar la resistencia a compresión en prismas de albañilería conformados por tres ladrillos King Kong de 18 huecos, asentados con mortero de cemento modificado con diatomita al 0 %, 5 %, 10 % y 15 %.

Se utilizó una dosificación 1:4 (cemento: arena) con relación a/c = 0.60, correspondiente a un mortero patrón de $f'c \approx 175 \text{ kg/cm}^2$. La dosificación base fue: cemento 7.19 kg, arena 19.63 kg y agua 4.31 lt. Las adiciones de diatomita se realizaron en reemplazo parcial del cemento en proporciones de 0.360 kg (5 %), 0.719 kg (10 %) y 1.079 kg (15 %).

Los prismas fueron curados durante 7 días con agua limpia y ensayadas en una máquina de compresión axial (>1000 kN). La resistencia se calculó mediante:

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

donde P es la carga máxima (N) y A el área de la sección transversal (cm^2). Este ensayo permitió evaluar el comportamiento estructural del mortero modificado frente a cargas verticales.

Tabla 23

Dosificación del mortero para ensayo de compresión.

Mortero patrón $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	
Proporciones	a/c=0.60
Agregado	19.63
Cemento	7.19
Agua	4.31

Nota. Elaboración propia

3.9.5.1 Elaboración de prismas de albañilería para ensayo de compresión

Esta Los prismas se elaboraron siguiendo la NTP 399.605:2018. Cada muestra estuvo compuesta por tres ladrillos King Kong de 18 huecos, asentados sobre una superficie nivelada. Se aplicó una capa de mortero de 20 mm, asegurando que las juntas finales tuvieran entre 10 mm a 15 mm.

El mortero fue preparado con una dosificación 1:4 (cemento: arena) y una relación a/c de 0.60, con adición de diatomita al 0 %, 5 %, 10 % y 15 % según el grupo experimental. Se elaboraron 36 prismas en total.

Tras 48 horas, las muestras fueron curadas con agua limpia durante 7 días, en un ambiente protegido. Luego, fueron ensayadas a compresión para evaluar su comportamiento estructural.

Figura 22

Elaboración de prismas de albañilería para ensayo de compresión.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

3.9.5.2 Cálculo de la resistencia a compresión en prismas de mortero

Esta La resistencia a compresión se obtuvo aplicando carga axial a cada prisma hasta su falla, según la NTP 399.605:2018. A partir de la carga máxima registrada, se calculó el valor de:

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

Donde:

f'_m : resistencia a compresión (MPa)

P : carga máxima aplicada (N)

A : área de la superficie de carga (cm²)

Posteriormente, se calculó la resistencia a compresión promedio de cada grupo de tres especímenes mediante:

$$f_{m \text{ prom}} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{3}$$

Asimismo, se determinó la resistencia a compresión característica (f'_m) considerando la dispersión de los datos:

$$f'_m = f_{c \text{ prom}} - \rho$$

Donde

ρ es la desviación estándar calculada como:

$$\rho = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c_i} - f_{c \text{ prom}})^2}{n - 1}}$$

Y finalmente, se calculó el coeficiente de variación (%C.var) con la fórmula:

$$\text{C.var} = \left(\frac{\sigma}{f_{c \text{ prom}}} \right) \times 100$$

Los resultados se calcularon individualmente y luego se promediaron por grupo, permitiendo comparar el comportamiento entre el mortero convencional y el modificado con diatomita.

3.9.5.3 Procesamiento y análisis de datos

Tabla 24

Resistencia a compresión en prismas con mortero de cemento sin adición de diatomita (0 %).

Resistencia a la compresión en prismas							
Referencia normativa: NTP 399.605							
Fecha: 28-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+0%D.	M-01	7	12.15	29.35	22.70	14.09	162.86
	M-02		12.24	29.35	22.70	13.27	172.22
	M-03		12.16	29.38	22.68	14.12	168.10
	M-04	14	12.20	29.33	22.80	14.59	206.00
	M-05		12.23	29.28	22.70	12.52	203.76
	M-06		12.25	29.30	22.60	13.91	206.74
	M-07	28	12.25	29.60	22.73	12.02	239.98
	M-08		12.15	29.53	22.63	13.73	255.14
	M-09		12.20	29.53	22.68	12.24	231.95

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 25

Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 5 % de diatomita.

Resistencia a la compresión en prismas							
Referencia normativa: NTP 399.605							
Fecha: 29-02-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+5%D.	M-01	7	12.28	29.53	22.73	14.07	177.59
	M-02		12.33	29.35	22.78	13.01	182.80
	M-03		12.35	29.23	22.64	12.30	180.61
	M-04	14	12.20	29.53	22.80	14.16	219.69
	M-05		12.33	29.30	22.67	11.49	223.37
	M-06		12.28	29.48	22.78	11.74	226.51
	M-07	28	12.30	29.55	22.70	13.42	263.06
	M-08		12.13	29.58	22.70	10.93	265.73
	M-09		12.23	29.60	22.70	11.29	267.07

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 26*Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 10 % de diatomita.*

Resistencia a la compresión en prismas							
Referencia normativa: NTP 399.605							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+10%D.	M-01	7	12.53	29.50	22.80	13.29	162.77
	M-02		12.50	29.55	22.65	14.04	159.62
	M-03		12.33	29.50	22.70	14.35	161.18
	M-04	14	12.25	29.33	22.68	14.39	194.99
	M-05		12.25	29.55	22.70	14.17	191.66
	M-06		12.38	29.48	22.68	13.82	199.01
	M-07	28	12.28	29.60	22.70	13.64	220.03
	M-08		12.23	29.63	22.63	13.54	220.00
	M-09		12.25	29.60	22.68	13.62	216.28

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX**Tabla 27***Resistencia de adherencia a flexión con mortero de cemento con 15 % de diatomita.*

Resistencia a la compresión en prismas							
Referencia normativa: NTP 399.605							
Fecha: 01-03-24							
% de adición de D.	Muestra	Edad	Dimensiones			Peso del Especim. (kg)	Lectura Digital (FN)
			Ancho Especim. (cm)	Altura Especim. (cm)	Largo Especim. (cm)		
MP+15%D.	M-01	7	12.35	29.70	22.83	12.18	149.57
	M-02		12.35	29.45	22.73	12.10	146.42
	M-03		12.43	29.60	22.80	12.11	153.34
	M-04	14	12.30	29.43	22.75	12.02	181.08
	M-05		12.25	29.48	22.60	12.14	184.34
	M-06		12.20	29.53	22.44	11.57	175.02
	M-07	28	12.30	29.60	22.55	11.14	199.09
	M-08		12.25	29.63	22.65	12.00	195.82
	M-09		12.25	29.70	22.65	10.98	202.21

Nota. Datos obtenidos en el laboratorio INGEOMAX

Figura 23

Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento sin adición de diatomita (0 %)



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 24

Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 5 % de diatomita.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 25

Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 10 % de diatomita.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Figura 26

Prisma de albañilería elaborado con mortero de cemento con 15% de diatomita.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión, consistencia de fluidez y adherencia a flexión en prismas de albañilería, elaborados con mortero de cemento convencional y con adición de diatomita al 5 %, 10 % y 15 %. Los valores permiten comparar el comportamiento mecánico entre las distintas mezclas evaluadas.

4.1. Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero de cemento con adición de diatomita

Tabla 28

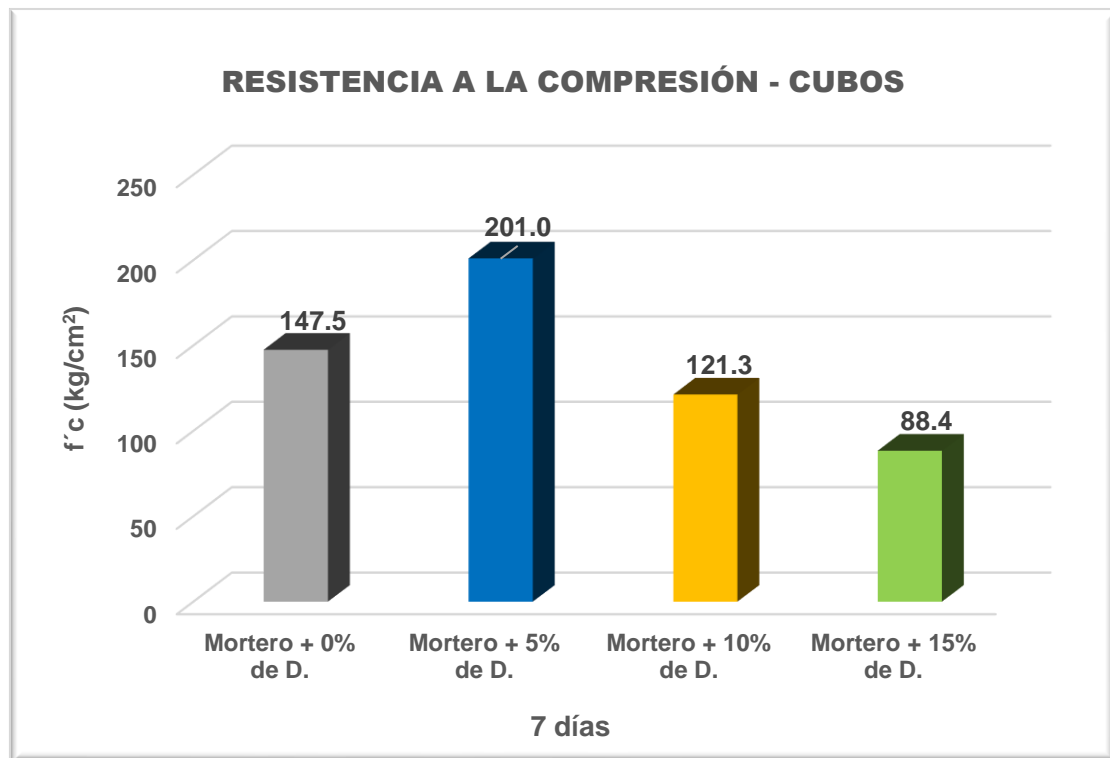
Resumen de resistencia a compresión en cubos de 50 mm con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).

Ensayo de Resistencia a la Compresión de Mortero de Cemento Portland				
Edades (días)	Mortero + 0% de D.	Mortero + 5% de D.	Mortero + 10% de D.	Mortero + 15% de D.
7	147.5	201.0	121.3	88.4
14	215.0	273.3	186.4	147.1
21	278.5	330.9	248.1	199.6
28	318.2	368.7	288.3	247.1

Nota. Elaboración propia

Figura 27

Resistencia a compresión a los 7 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita.

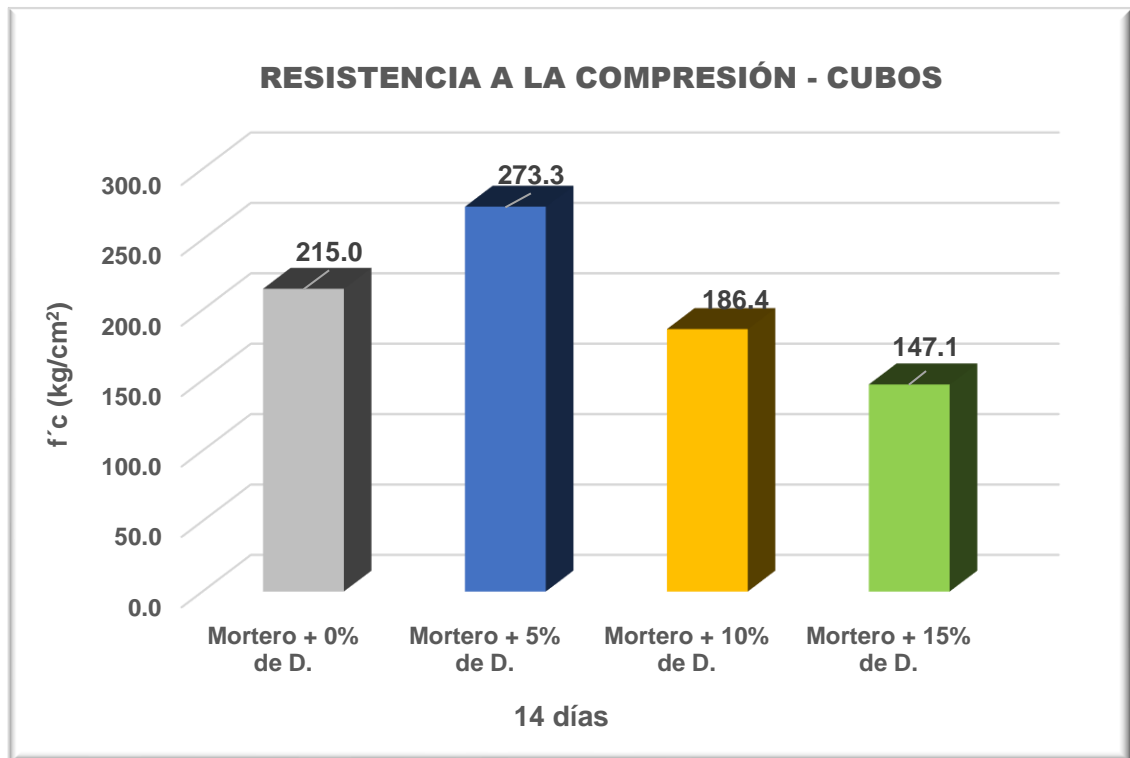


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita mejora significativamente la resistencia a compresión del mortero, superando al convencional en un 37.37% al día 7. No obstante, con mayores porcentajes (10% y 15%), la resistencia disminuye, indicando que el 5% representa la dosis más eficiente.

Figura 28

Resistencia a compresión a los 14 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita.

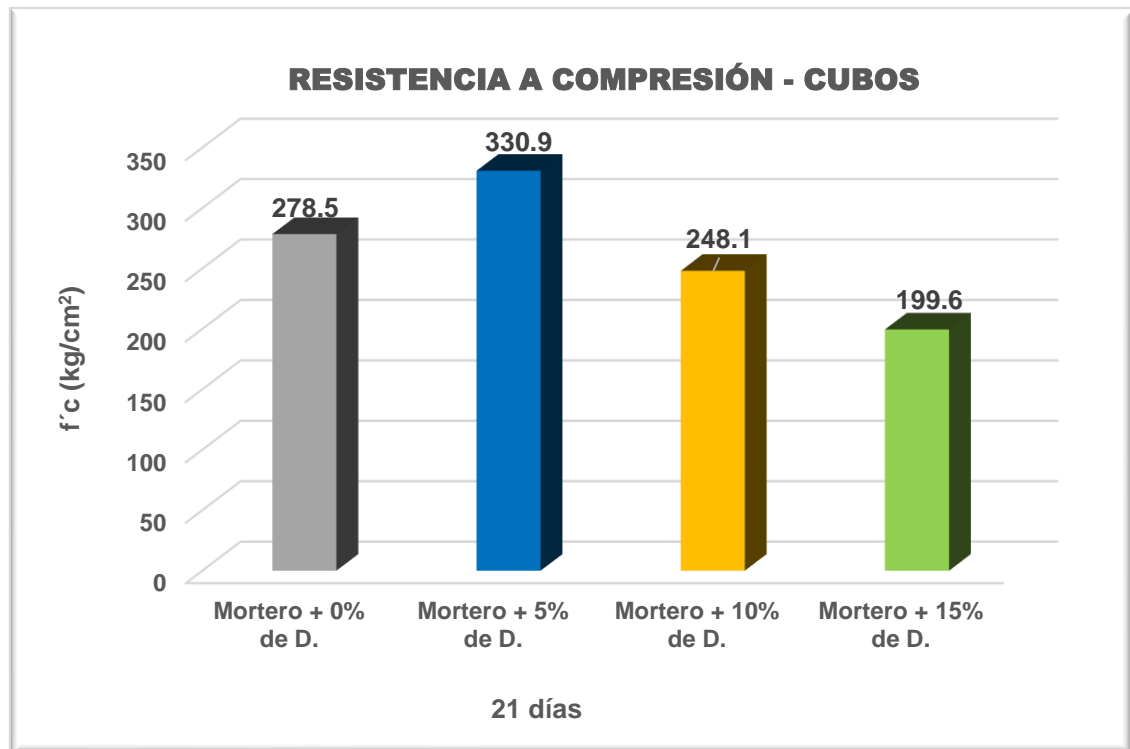


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a compresión en un 27.11% respecto al mortero convencional a los 14 días. Sin embargo, al aumentar la dosificación al 10% y 15%, la resistencia disminuye por debajo del valor del mortero sin adición.

Figura 29

Resistencia a compresión a los 21 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita.

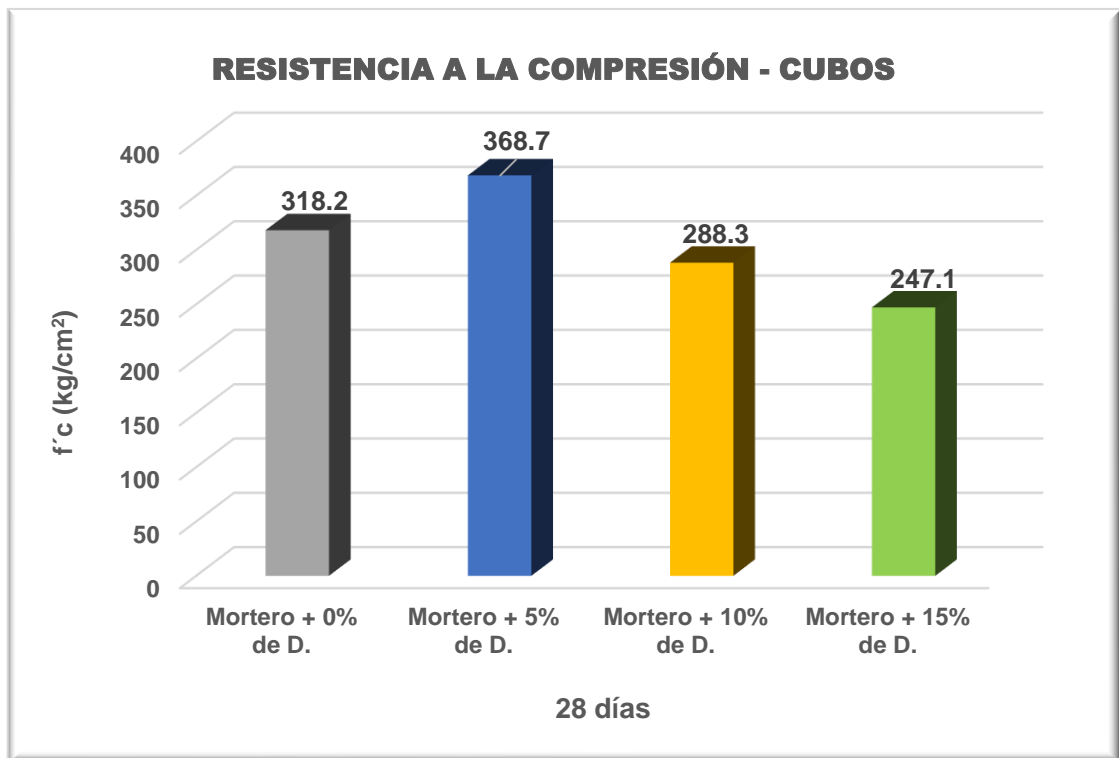


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita alcanza una resistencia de 330.9 kg/cm^2 , superando al mortero convencional en un 18.82% al día 21. Sin embargo, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye, evidenciando un comportamiento no lineal.

Figura 30

Resistencia a compresión a los 28 días en cubos de mortero con distintas adiciones de diatomita.

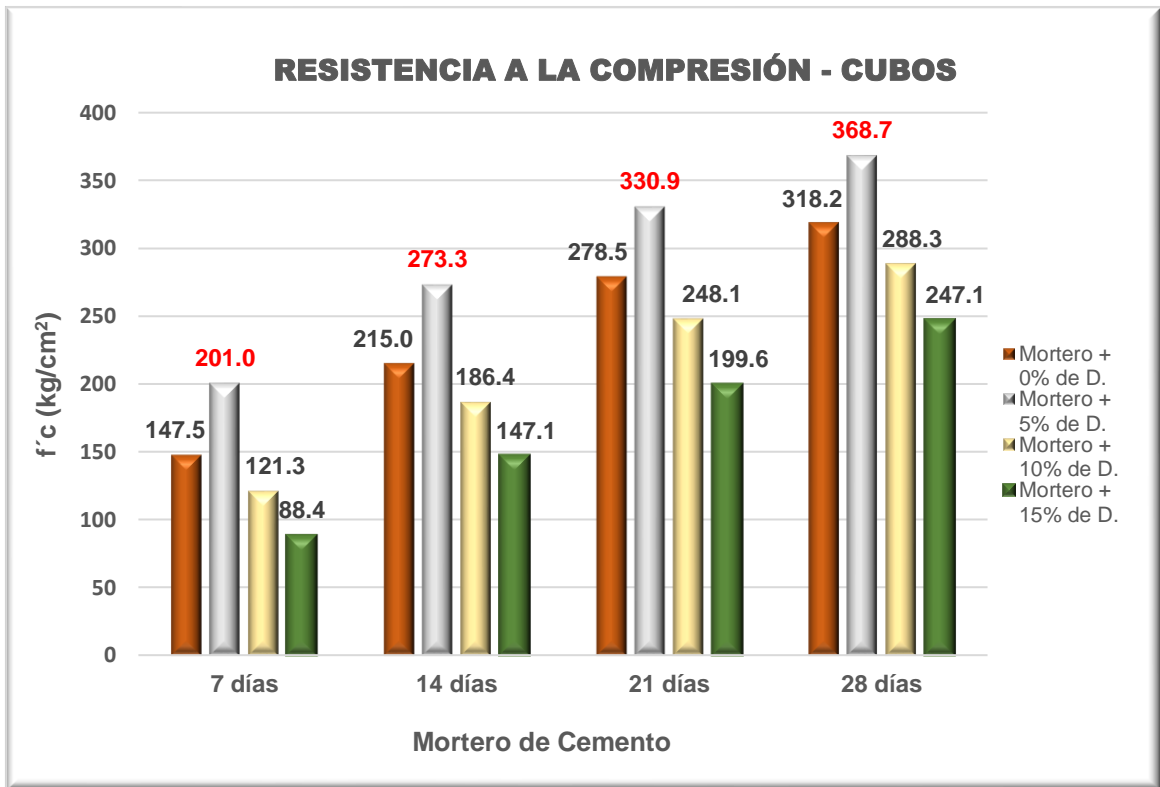


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a compresión en un 15.88% respecto al mortero convencional al día 28. Sin embargo, con dosificaciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye, como también se evidencia en la gráfica.

Figura 31

Comparación general de la resistencia a compresión en cubos con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).



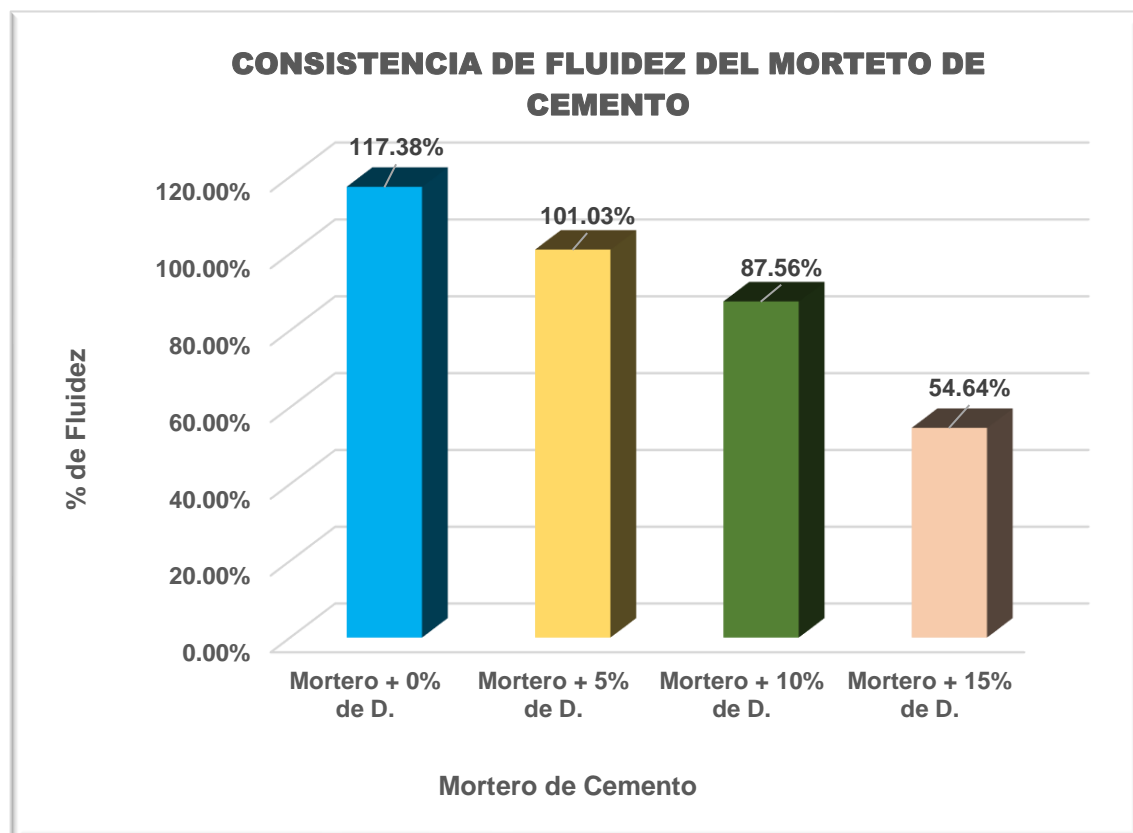
Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita en los cubos de mortero mejora la resistencia a compresión en los días 7, 14, 21 y 28 días, con un incremento promedio del 24% respecto al mortero convencional. En cambio, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye, situándose por debajo del valor de referencia, lo que confirma que el 5% es la dosificación más eficiente.

4.2. Ensayo de consistencia de fluidez del mortero con adición de diatomita

Figura 32

Resultados del ensayo de fluidez del mortero con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).



Nota. Propia

Interpretación: En la figura se aprecian los resultados del ensayo de consistencia de fluidez del mortero. El mortero convencional presenta una fluidez del 117.38%, mientras que con la adición de diatomita al 5%, 10% y 15%, esta disminuye progresivamente a 101.03%, 87.56% y 54.64%, respectivamente. Este comportamiento indica que, a mayor contenido de diatomita, menor fluidez, alcanzando una mezcla seca y rígida, lo que compromete su trabajabilidad, manejabilidad y capacidad de adherencia durante el asentado en obra.

4.3. Ensayo de tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita

Tabla 29

Resumen del ensayo de tiempo de fraguado con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).

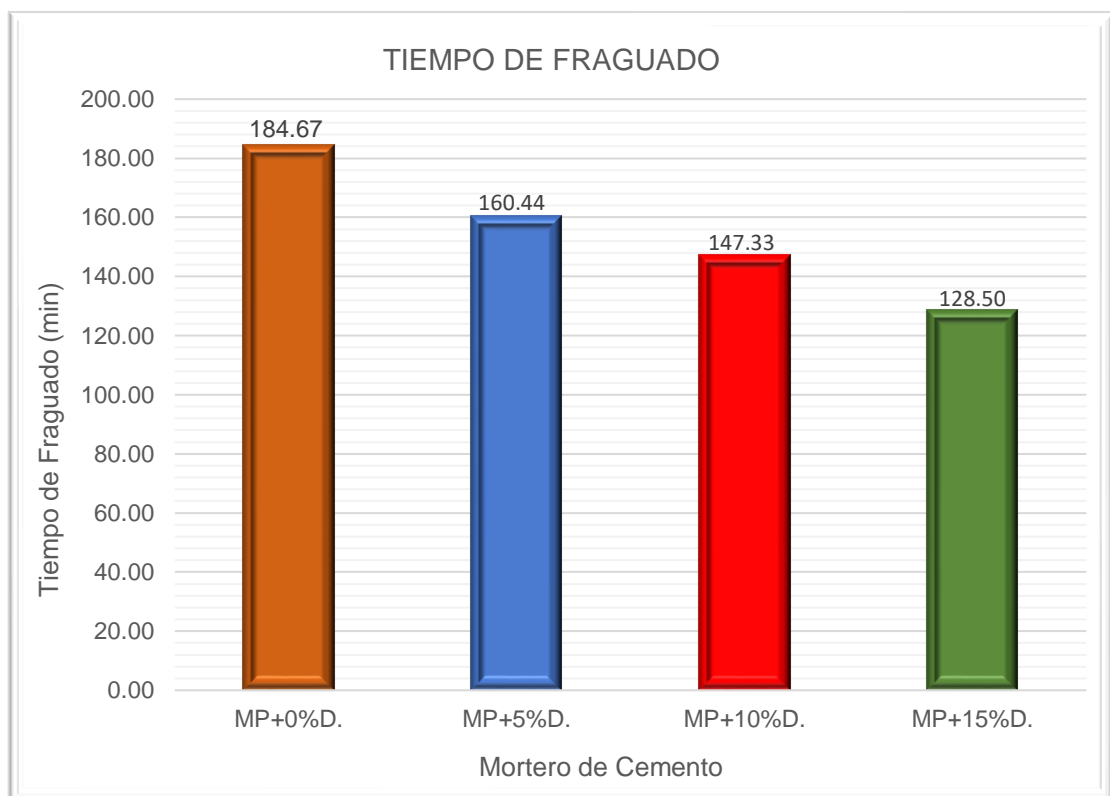
Tiempo de Fraguado del Mortero						
Referencia Normativa: NTP 334.122						
# Penetración	% Adictivo	Penetración (mm)	Temperatura (C°)	Tiempo (min.)	Tiempo Acumulado (min.)	Tiempo de Fraguado (min.)
1	MP+0%D.	48	20.2	30	30	184.67
2		44	22.0	10	40	
3		41	22.3	10	50	
4		37	24.1	10	60	
5		34	24.5	10	70	
6		31	24.7	10	80	
7		29	22.5	10	90	
8		25	22.0	10	100	
9		23	22.0	10	110	
10		21	22.5	10	120	
11		18	23.0	10	130	
12		14	23.4	10	140	
13		9	22.7	10	150	
1	MP+5%D.	46	23.5	30	30	160.44
2		42	24.2	10	40	
3		38	24.0	10	50	
4		34	25.2	10	60	
5		29	24.3	10	70	
6		25	23.7	10	80	
7		23	23.0	10	90	
8		19	23.5	10	100	
9		15	24	10	110	
10		12	23.2	10	120	
11		9	23.9	10	130	
1	MP+10%D	44	24.8	30	30	147.33
2		41	24.5	10	40	
3		38	24.6	10	50	
4		35	23.8	10	60	
5		31	24.1	10	70	
6		26	24.0	10	80	
7		21	23.6	10	90	
8		19	23.5	10	100	
9		13	23.1	10	110	
10		9	24.0	10	120	

1		38	21.0	30	30	
2		34	21.3	10	40	
3		29	22.0	10	50	
4	MP+15%D	25	21.1	10	60	128.50
5		21	21.6	10	70	
6		14	22.8	10	80	
7		8	22.5	10	90	

Nota. Propia

Figura 33

Resultados del ensayo del tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).

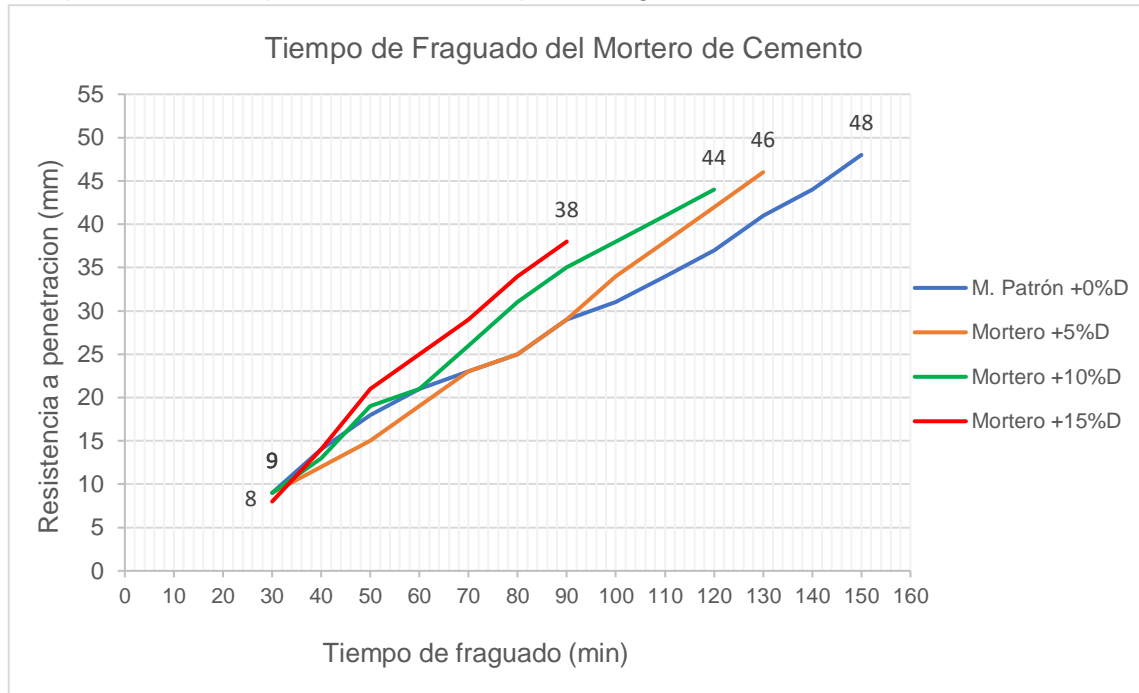


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se aprecian los resultados del tiempo de fraguado del mortero de cemento mortero. El mortero convencional alcanzo un tiempo de fraguado de 184.67 minutos, mientras que con la adición de diatomita al 5%, 10% y 15%, esta disminuye el tiempo progresivamente a 160.44 min., 147.33 min. Y 128.50 min. respectivamente. Este comportamiento indica que, a mayor adición de diatomita, el tiempo de fraguado será menor, el cual compromete su trabajabilidad, manejabilidad y capacidad de adherencia del mortero.

Figura 34

Gráfica del ensayo de tiempo de fraguado con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%), resistencia a penetración vs tiempo de fraguado.



Nota. Propia

En la figura se aprecia la gráfica de la resistencia a penetración vs tiempo de fraguado en donde se representa cómo varía la resistencia a penetración (mm) en función del tiempo (min) para distintas proporciones de aditivo de diatomita. A mayor porcentaje adicionado la resistencia a penetración disminuye en función al tiempo.

El gráfico demuestra claramente que el aumento del porcentaje del aditivo (% Diatomita) reduce el tiempo de fraguado del mortero, haciéndolo más rápido y eficiente en contextos donde se necesita un endurecimiento temprano. La diatomita en el mortero acelera el proceso de fraguado del mortero. A mayor porcentaje de aditivo, menor es el tiempo necesario para alcanzar una resistencia específica. Esto puede ser útil para aplicaciones donde se requiere un fraguado rápido, aunque también puede tener implicaciones en el manejo del material (menos tiempo de trabajo). Esta información es útil para tomar decisiones sobre la dosificación del aditivo en función de los requerimientos de obra

Existe una relación directa entre el tiempo y la resistencia a penetración, y una relación inversa entre el porcentaje del aditivo y el tiempo de fraguado. Es decir, más aditivo → fraguado más rápido.

4.4. Ensayo de resistencia de adherencia a flexión en mampostería con mortero adicionado con diatomita

Tabla 30

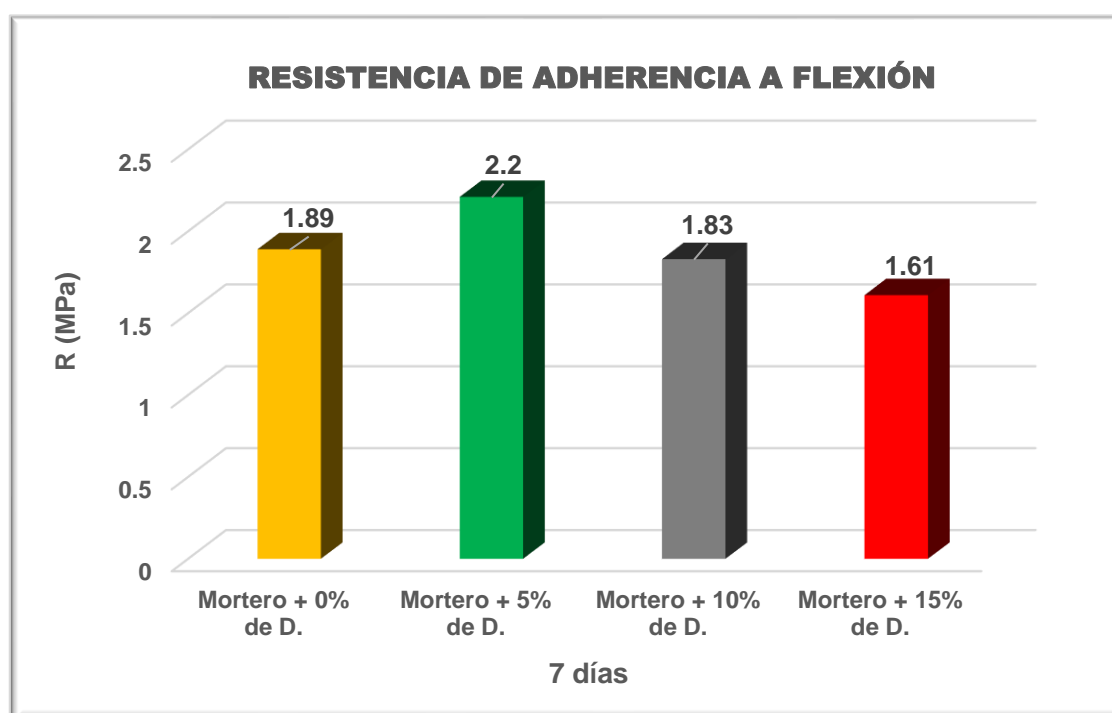
Resumen de adherencia a flexión con adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).

Ensayo de Resistencia de Adherencia a Flexión				
Edades (días)	Mortero + 0% de D.	Mortero + 5% de D.	Mortero + 10% de D.	Mortero + 15% de D.
7	1.89	2.2	1.83	1.61
14	2.3	2.75	2.18	1.94
28	2.46	2.83	2.35	2.05

Nota. Propia

Figura 35

Resistencia de adherencia a flexión a los 7 días.

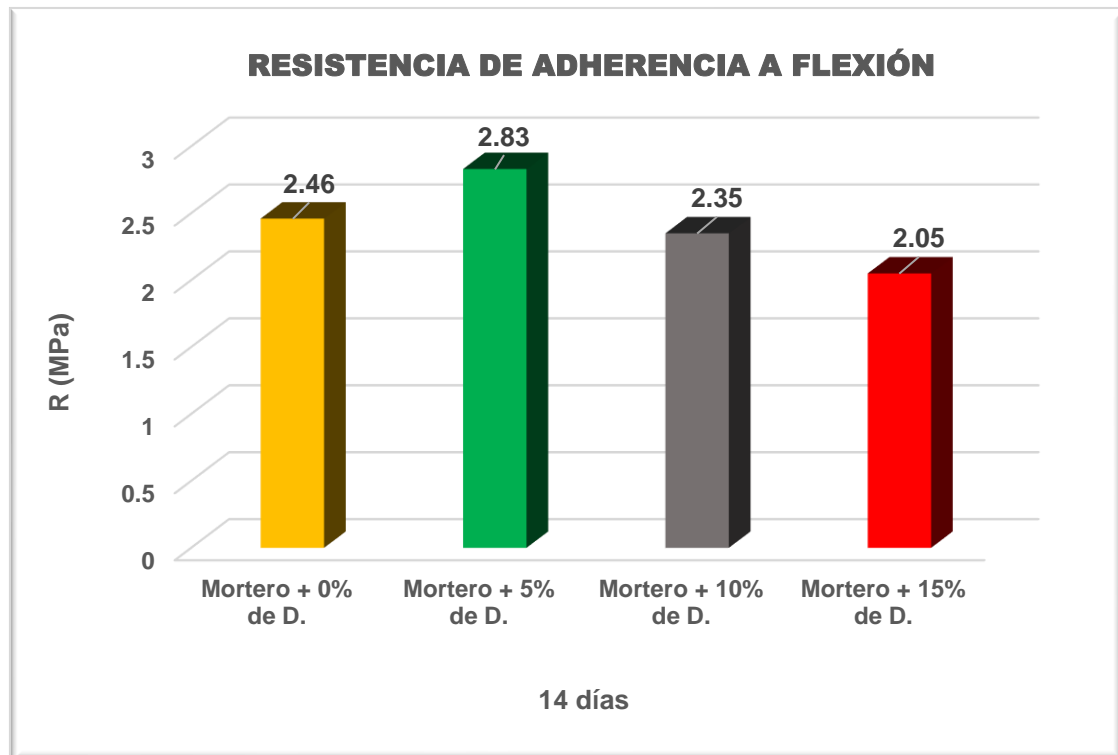


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia de adherencia a flexión en un 19.57% respecto al mortero convencional al día 7. Sin embargo, al aumentar la dosificación al 10% y 15%, la resistencia disminuye, situándose por debajo del valor del mortero sin adición.

Figura 36

Resistencia de adherencia a flexión a los 14 días.

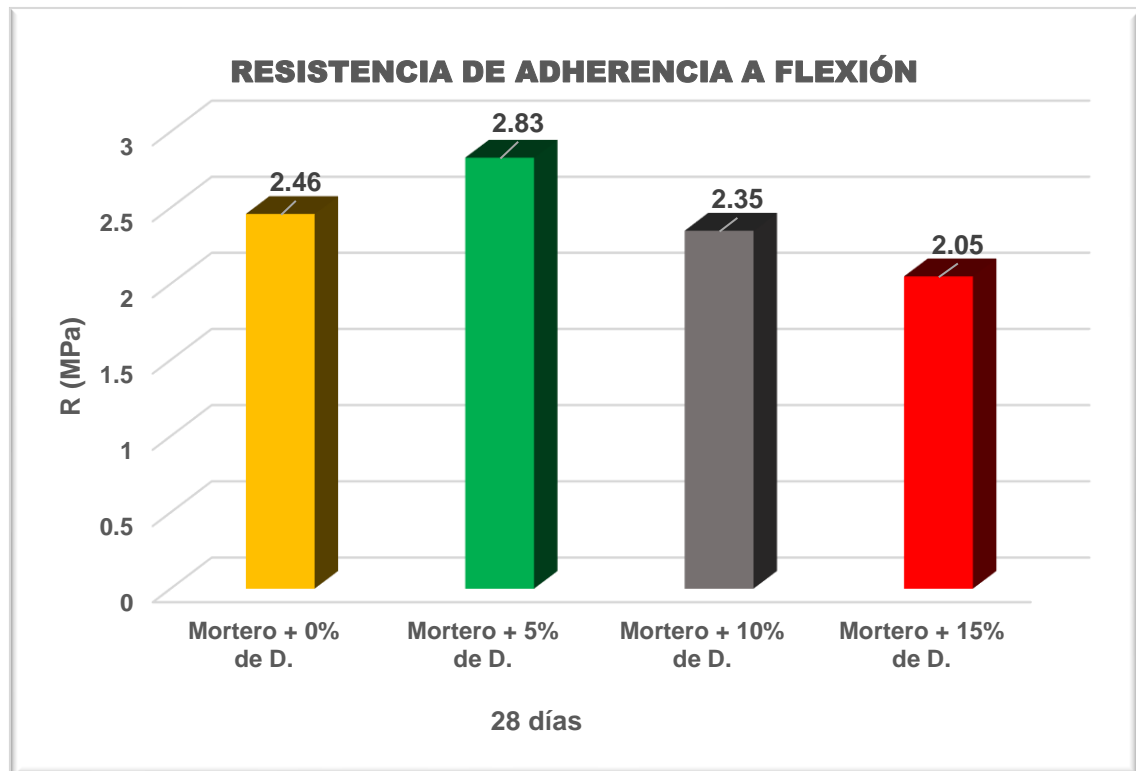


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a flexión en un 15.04% respecto al mortero patrón al día 14. Sin embargo, con mayores porcentajes (10% y 15%), la resistencia disminuye progresivamente.

Figura 37

Resistencia de adherencia a flexión a los 28 días.

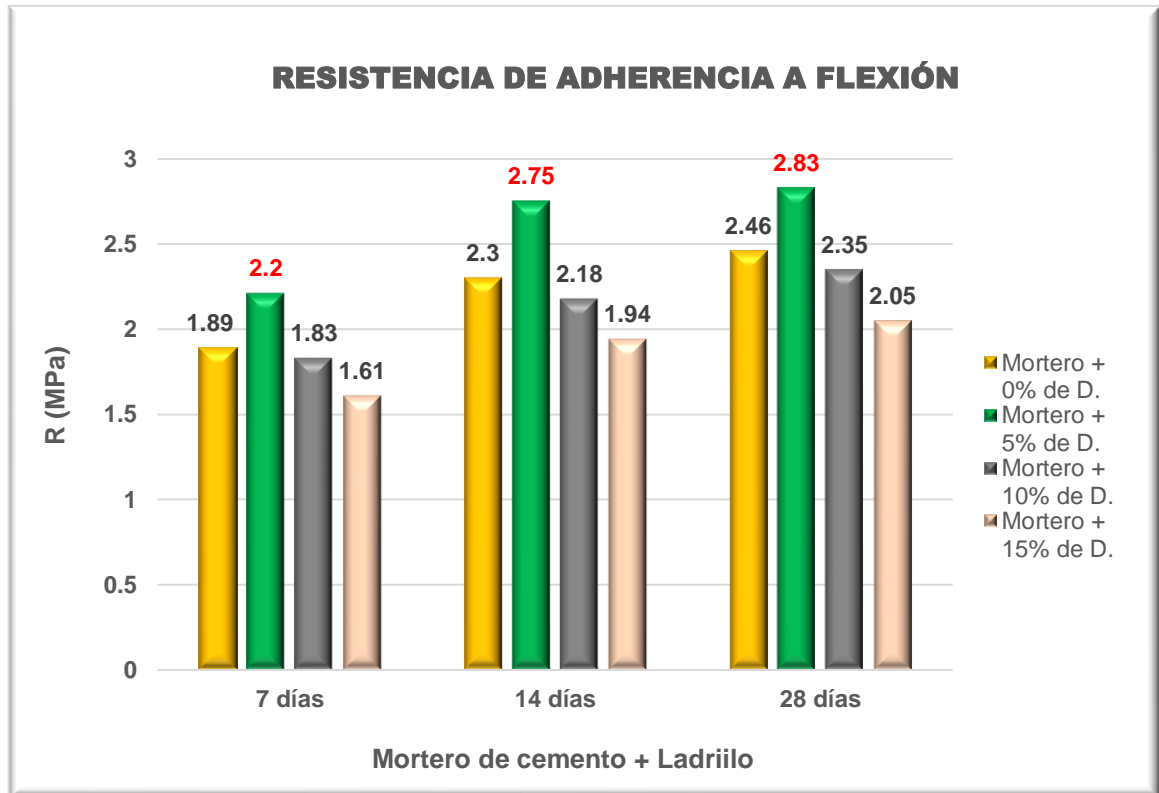


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita mejora la resistencia a flexión en un 16.93% respecto al mortero patrón al día 28. No obstante, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye, situándose por debajo del valor de referencia.

Figura 38

Resumen gráfico de la resistencia de adherencia a flexión del mortero con adición de diatomita.



Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia de adherencia a flexión en los días 7, 14 y 28 días, con un promedio de mejora del 17% respecto al mortero convencional. En contraste, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye. Esta reducción se asocia a la menor fluidez de la mezcla, lo que dificulta su adherencia con la unidad de albañilería.

4.5. Ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería con mortero adicionado con diatomita

Tabla 31

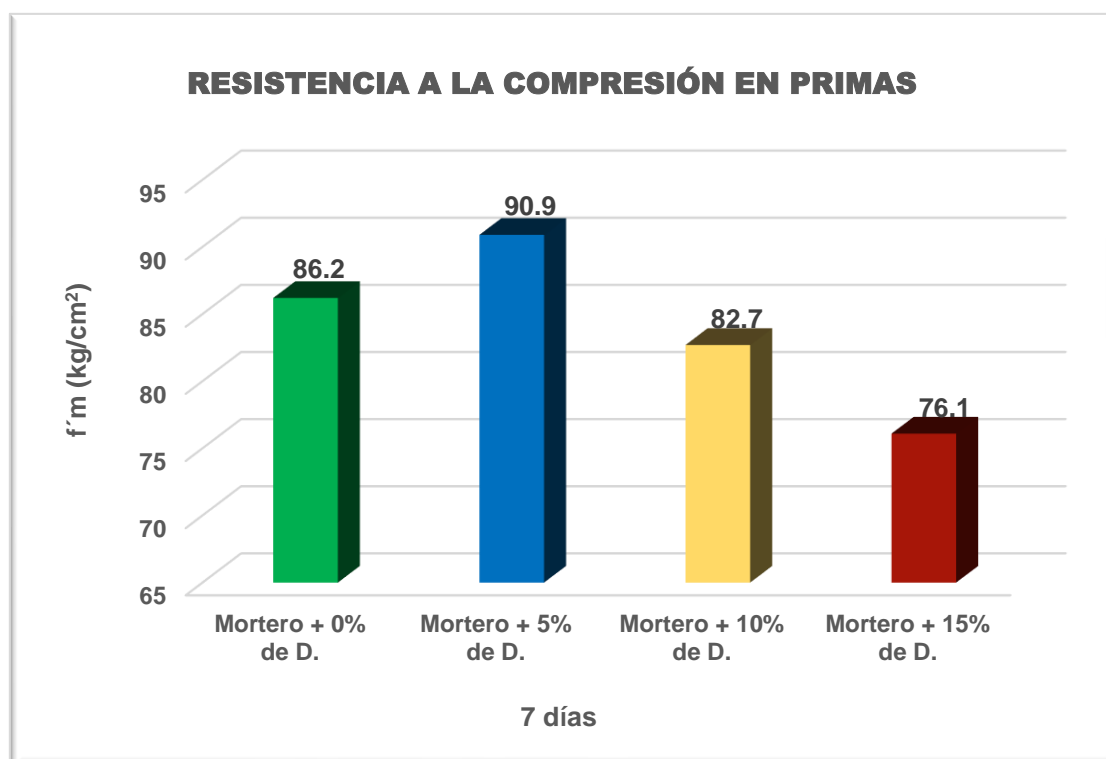
Resumen de resistencia a compresión en prismas con mortero y adición de diatomita (0%, 5%, 10% y 15%).

Ensayo de Resistencia a la Compresión en Prismas de Albañilería				
Edades (días)	Mortero + 0% de D.	Mortero + 5% de D.	Mortero + 10% de D.	Mortero + 15% de D.
7	86.2	90.9	82.7	76.1
14	106.9	115.5	100.4	92.7
28	120.8	137.7	113.4	102.8

Nota. Elaboración propia

Figura 39

Resistencia a compresión a los 7 días en prismas de albañilería.

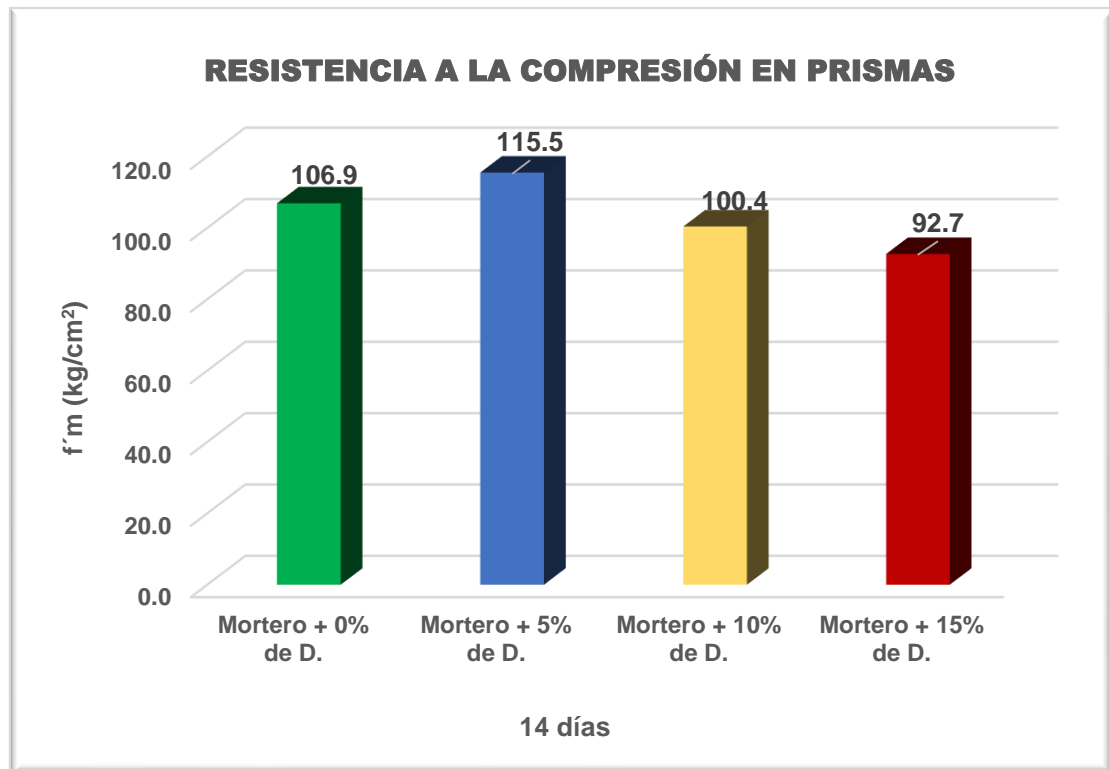


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a compresión en un 5.45% respecto al mortero convencional al día 7. Sin embargo, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye, evidenciando una pérdida de eficacia.

Figura 40

Resistencia a compresión a los 14 días en prismas de albañilería.

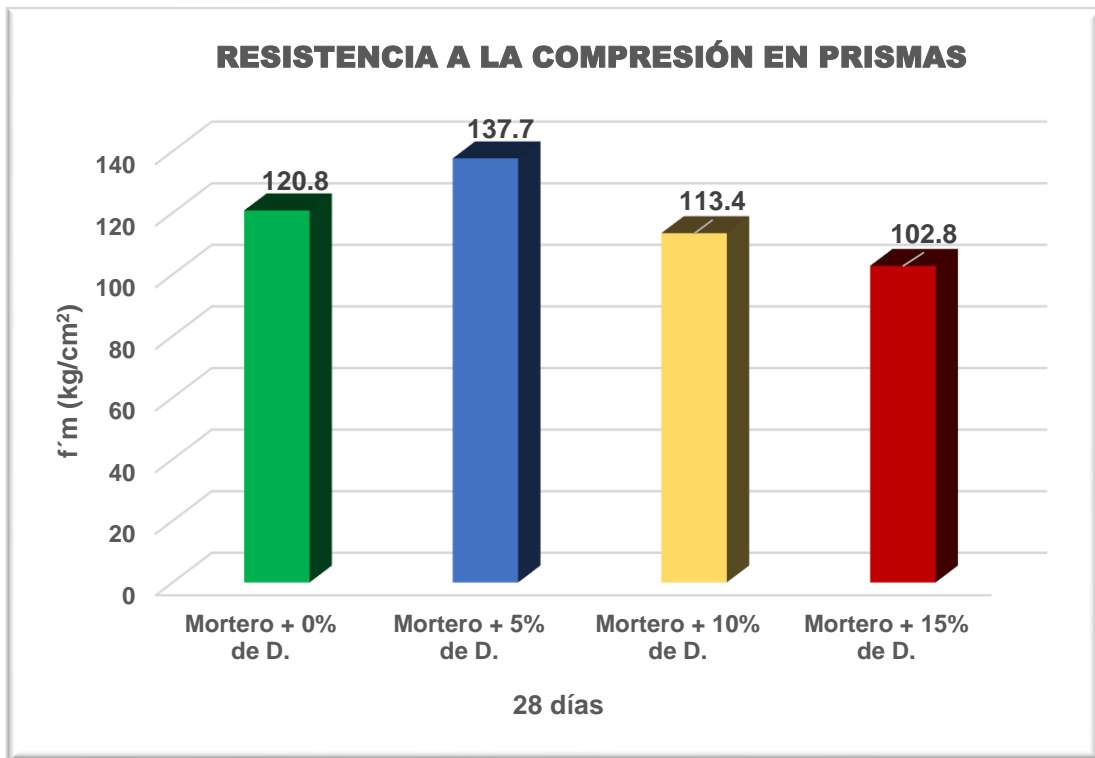


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a compresión en prismas de albañilería en un 8.04% respecto al mortero convencional al día 14. No obstante, con adiciones del 10% y 15%, la resistencia disminuye progresivamente.

Figura 41

Resistencia a compresión a los 28 días en prismas de albañilería.

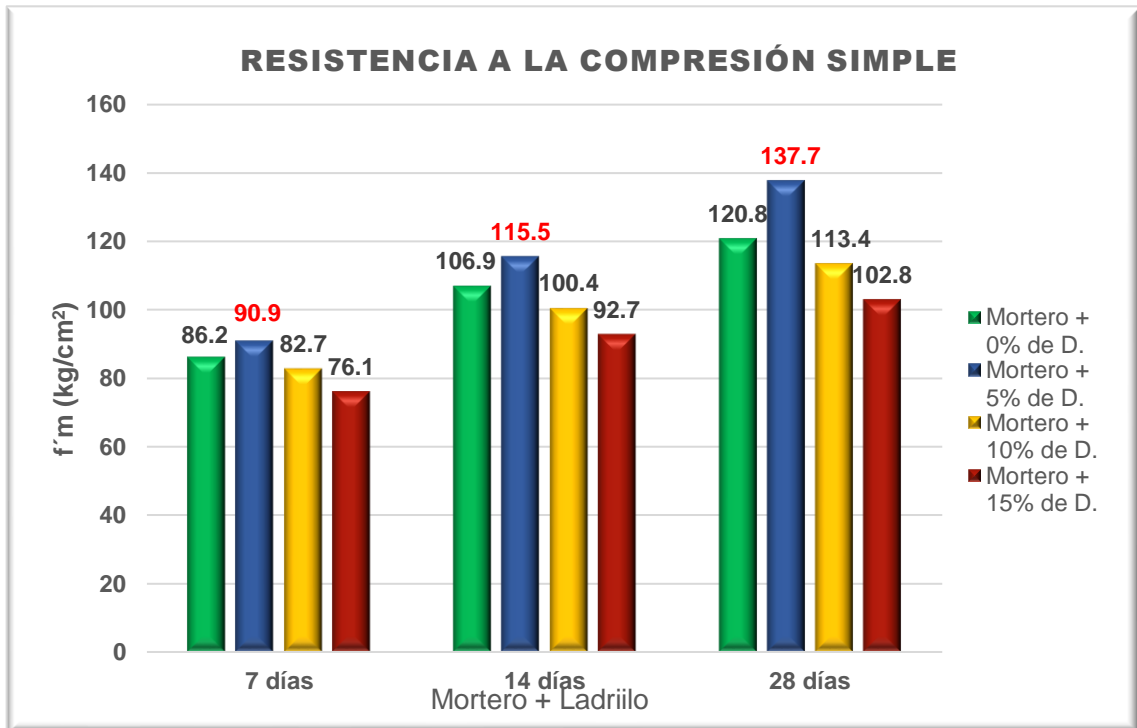


Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita incrementa la resistencia a compresión en prismas de albañilería en un 14% respecto al mortero convencional al día 28. Sin embargo, con mayores porcentajes de adición (10% y 15%), la resistencia disminuye, indicando una reducción en el desempeño mecánico.

Figura 42

Resumen gráfico de la resistencia a compresión en prismas con adición de diatomita.



Nota. Propia

Interpretación: En la figura se observa que la adición del 5% de diatomita mejora la resistencia a compresión en prismas de albañilería durante los días 7, 14 y 28 días, con un incremento promedio del 9% respecto al mortero convencional. En cambio, las dosificaciones del 10% y 15% muestran una reducción en la resistencia, posiblemente asociada a una mezcla más rígida y de menor trabajabilidad, lo que afecta la adherencia con las unidades de albañilería.

4.6. Resumen del ensayo químico-Difracción de rayos X (DRX) del mortero con adición de diatomita

Se realizó un ensayo químico de difracción de rayos X a la proporción óptima la adición de diatomita al 5% el cual mejoró notablemente las propiedades físico-mecánicas. Para determinar su composición química del mortero de cemento con adición de diatomita al 5%.

Figura 43

Cubo de mortero de cemento de 50 mm con adición de 5% de diatomita para el ensayo químico.



Nota. Ilustración tomada en el laboratorio INGEOMAX

Tabla 32

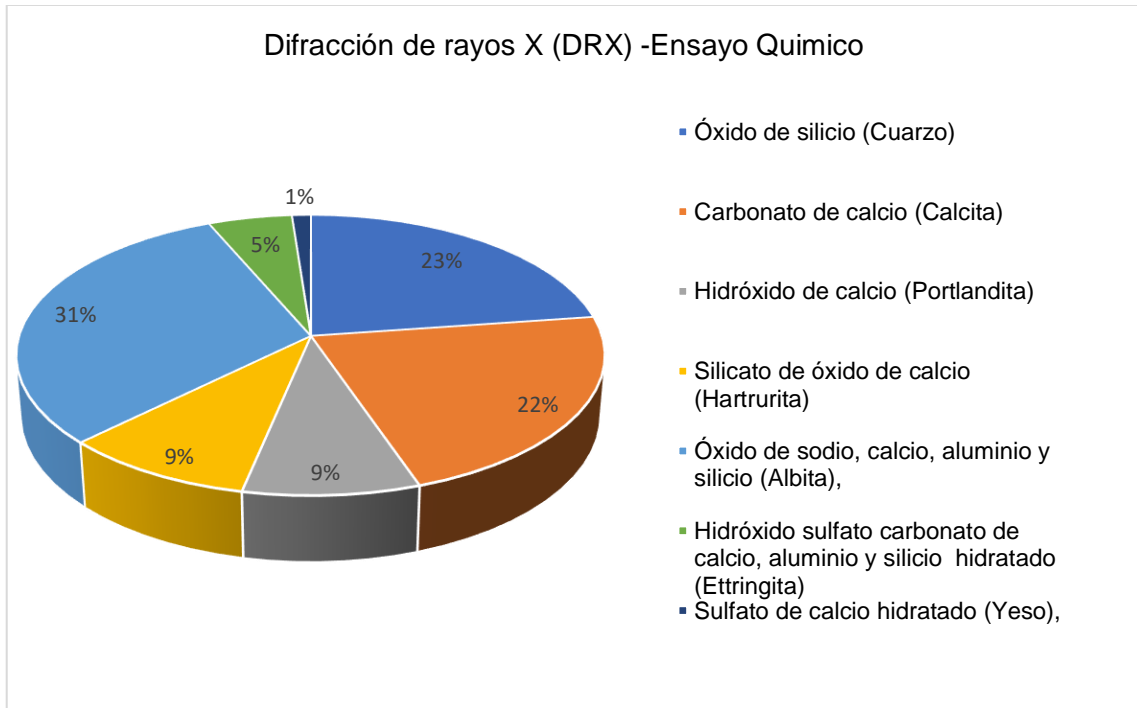
Resumen del ensayo químico RX del 5% de diatomita

Difracción de rayos X (DRX)			
Muestra	Parámetro	Resultados	Unidad
M1	Óxido de silicio (Cuarzo), SiO_2	22.75	%
	Carbonato de calcio (Calcita), CaCO_3	21.98	%
	Hidróxido de calcio (Portlandita), $\text{Ca}(\text{OH})_2$	8.55	%
	Silicato de óxido de calcio (Hartrurita), $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{O}$	9.35	%
	Óxido de sodio, calcio, aluminio y silicio (Albita), $\text{Na}_{0.98}\text{Ca}_{0.02}\text{Al}_{1.02}\text{Si}_{2.98}\text{O}_8$	30.93	%
	Hidróxido sulfato carbonato de calcio, aluminio y silicio hidratado (Ettringita), $\text{Ca}_6\text{Al}_{1.68}\text{Si}_{0.32}(\text{CO}_3)_{0.51}(\text{SO}_4)_{2.81}(\text{OH})_{12}(\text{H}_2\text{O})_{24.4}$	5.24	%
	Sulfato de calcio hidratado (Yeso), $\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	1.19	%
	Total	100	%

Nota. Laboratorio LABICER- UNI. Análisis químico.

Figura 44

Resumen grafico del ensayo quimico-rayos X de la proporcion optima 5% de diatomita.



Nota. Propia

Interpretación: El análisis mediante difracción de rayos X de la muestra **M1** (mortero con 5% de diatomita) revela una composición compleja de minerales, lo cual sugiere que se trata de un material de origen geológico o de una mezcla usada en la industria de la construcción (como cemento). La muestra contiene tanto minerales naturales como compuestos típicos de materiales cementantes.

1. Contenido significativo de minerales naturales:

Albita (óxido de sodio, calcio, aluminio y silicio) (30.93%) y SiO₂ (cuarzo) (22.75%) son los componentes predominantes. Estos son minerales comunes en rocas puzolanas, lo que indica que el material podría tener un origen geológico o contener agregados naturales.

Su alta proporción sugiere una gran cantidad de material inerte o no reactivo, lo cual puede afectar propiedades mecánicas o químicas del sistema si se trata de un material de construcción.

2. Presencia de materiales cementantes:

Se identifican compuestos típicos de la hidratación del cemento, como:

- **Hidróxido de calcio (8.55%)**
- **Silicato de óxido de calcio (8.13%)**, un silicato tricálcico (C_3S) característico del clínker de cemento.
- **Hidróxido de calcio, aluminio y silicio (5.24%)**, un producto de hidratación que puede influir en la durabilidad y expansión.
- **Sulfato de calcio hidratado (1.19%)**, usado en el cemento para regular el fraguado.

Esto indica que la muestra ha sido sometida a un proceso de hidratación parcial, o contiene fases del cemento aún no completamente reaccionadas.

3. Contenido de carbonato de calcio (21.98%):

Puede estar presente como mineral natural o como resultado de procesos de carbonatación del cemento con el CO_2 del ambiente. También podría estar incluido como carga o agregado.

En resumen, es una mezcla parcialmente hidratada, con una fracción importante de componentes inertes, lo que puede influir en sus propiedades mecánicas, durabilidad y comportamiento químico del mortero de cemento.

4.7. Contraste de hipótesis

Los resultados obtenidos en laboratorio permitieron evaluar el efecto de la adición de diatomita al 0%, 5%, 10% y 15% sobre las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento: consistencia de fluidez, resistencia a compresión (cubos y prismas) y resistencia de adherencia a flexión.

Para la contrastación de hipótesis se utilizó el software SPSS, iniciando con una prueba de normalidad de datos. Según el tamaño muestral, se aplicaron los siguientes criterios:

- $N \leq 50$: Prueba de Shapiro-Wilk.
- $N > 50$: Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

El nivel de significancia adoptado fue $\alpha = 0.05$.

- Hipótesis nula (H_0): $p > 0.05 \rightarrow$ los datos siguen una distribución normal.

- Hipótesis alternativa (H_1): $\rho < 0.05 \rightarrow$ los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 33

Nivel de significancia para la prueba de normalidad.

Hipótesis nula	$\rho > 0.05$	Los datos siguen una distribución normal
Hipótesis alterna	$\rho < 0.05$	Los datos no siguen una distribución normal

Nota. Propia

4.5.1 Hipótesis específica 01

Hipótesis nula (H_0):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento no genera mejoras significativas en su resistencia a compresión en cubos en comparación con el mortero sin adición.

Hipótesis alternativa (H_1):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento genera mejoras significativas en su resistencia a compresión en cubos, en comparación con el mortero sin adición.

Tabla 34

Prueba de normalidad: resistencia a compresión en cubos de mortero.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mortero Patrón	0.155	12	.200*	0.897	12	0.146
Adicc. de D. al 5%	0.179	12	.200*	0.890	12	0.117
Adicc. de D. al 10%	0.200	12	0.198	0.873	12	0.072
Adicc. de D. al 15%	0.169	12	.200*	0.896	12	0.141

Nota. Propia

En la tabla de la prueba de normalidad mediante Shapiro-Wilk se observa que el valor de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que los datos analizados no rechazan la hipótesis nula y, por tanto, se asume que provienen de una distribución normal.

Tabla 35

ANOVA: resistencia a compresión en cubos de mortero.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Modelos	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Resist. De Compresión Cubos	167318.513	4	41829.628	13.275	0.025
	31510.585	10	3151.059		
Total	198829.098	14			

Nota. Propia

Regla de decisión

Dado que el valor de significancia es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que la adición de diatomita en la mezcla de mortero de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión de los cubos de mortero.

4.5.2 Hipótesis específica 02**Hipótesis nula (H_0):**

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento no genera una variación significativa en la consistencia de fluidez respecto al mortero convencional.

Hipótesis alternativa (H_1):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento genera una variación significativa en la consistencia de fluidez respecto al mortero convencional.

Tabla 36

Prueba de normalidad: consistencia de fluidez.

o						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mortero	0.151	4		0.993	4	0.972
Const. De Fluidez	0.204	4		0.977	4	0.883

Nota. Propia

En la tabla de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) se observa que el valor de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que los datos provienen de una población con distribución normal.

Tabla 37**ANOVA:** consistencia de fluidez.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Modelo</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Prom. de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Consistencia de fluidez</i>	0.758	1	0.758	25.492	0.24
	0.119	4	0.030		
<i>Total</i>	0.87669053	5			

Nota. Propia

Regla de decisión

Dado que el valor de significancia es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, no se evidencia un efecto estadísticamente significativo de la adición de diatomita en la consistencia de fluidez del mortero de cemento.

4.5.2 Hipótesis específica 03**Hipótesis nula (H₀):**

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento no modifica en el tiempo de fraguado respecto al mortero convencional.

Hipótesis alternativa (H₁):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento modifica significativamente en el tiempo de fraguado respecto al mortero convencional.

Tabla 38**Prueba de normalidad:** Tiempo de fraguado.

o							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mortero		0.162	4		0.645	4	0.456
Const. De	Fluidez	0.243	4		0.887	4	0.756

Nota. Propia

Tabla 39

ANOVA: Tiempo de Fraguado.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Prom. de los cuadrados	F	Sig.
Consistencia	0.734	1	0.235	21.456	0.022
de fluidez	0.234	4	0.56v		
Total	0.87669053	5			

Nota. Propia

Regla de decisión

Dado que el valor de significancia es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Por tanto, no se evidencia un efecto estadísticamente significativo de la adición de diatomita en el tiempo de fraguado del mortero de cemento.

4.5.3 Hipótesis específica 04**Hipótesis nula (H₀):**

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento no produce una mejora significativa en la resistencia de adherencia a flexión, en comparación con el mortero convencional.

Hipótesis alternativa (H₁):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento produce una mejora significativa en la resistencia de adherencia a flexión, en comparación con el mortero convencional.

Tabla 40

Prueba de normalidad: adherencia a flexión.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mortero Patrón	0.193	9	.200*	0.925	9	0.434
Adicc. de D. al 5%	0.328	9	0.006	0.803	9	0.022
Adicc. de D. al 10%	0.197	9	.200*	0.892	9	0.208
Adicc. de D. al 15%	0.152	9	.200*	0.932	9	0.496

Nota. Propia

En la tabla de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) se observa un valor de significancia mayor a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que los datos analizados provienen de una población con distribución normal.

Tabla 41
ANOVA: adherencia a flexión.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Modelos	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Sig.
Mortero	0.825	3	0.2751	3.4083	0.017
<i>Resist. A Flexión</i>	0.646	8	0.0807		
Total	1.4712	11			

Nota. Propia

Regla de decisión

Dado que el valor de significancia es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que la adición de diatomita influye significativamente en la resistencia de adherencia a flexión del mortero de cemento.

4.5.4 Hipótesis específica 05

Hipótesis nula (H_0):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento no produce una mejora significativa en la resistencia a compresión de los prismas de albañilería, en comparación con el mortero convencional.

Hipótesis alternativa (H_1):

La adición de diatomita en proporciones de 5%, 10% y 15% al mortero de cemento produce una mejora significativa en la resistencia a compresión de los prismas de albañilería, en comparación con el mortero convencional.

Tabla 42*Prueba de normalidad: resistencia a compresión en prismas.*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mortero Patrón	0.179	9	.200*	0.929	9	0.473
Adicc. de D. al 5%	0.199	9	.200*	0.865	9	0.110
Adicc. de D. al 10%	0.202	9	.200*	0.872	9	0.128
Adicc. de D. al 15%	0.210	9	.200*	0.868	9	0.118

Nota. Propia

En la tabla de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) se observa que el valor de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluye que los datos provienen de una población con distribución normal.

Tabla 43*ANOVA: resistencia a compresión en prismas de albañilería.*

ANÁLISIS DE VARIANZA					
<i>Modelo</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Prom. de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
mortero	928.843	3	309.614	0.975	0.021
Resist. A					
Compr.	2540.780	8	317.598		
Total	3469.6225	11			

*Nota. Propia***Regla de decisión**

Dado que el valor de significancia es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que la adición de diatomita influye significativamente en la resistencia a compresión de los prismas de albañilería elaborados con mortero de cemento modificado.

4.8. Discusión de resultados

Los ensayos realizados permitieron evaluar cómo influye la adición de diatomita en las propiedades del mortero de cemento. Se trabajó con proporciones del 5%, 10% y 15%, y los resultados fueron consistentes con estudios previos tanto nacionales como internacionales.

4.6.1 Resistencia a la compresión del mortero modificado con adición de diatomita

Se comprobó que al añadir 5% de diatomita al mortero, su resistencia a la compresión mejora notablemente, tanto en cubos como en prismas. El aumento fue de hasta un 24% en cubos y 9% en prismas, en comparación con el mortero sin adición. Sin embargo, cuando se usó un 10% o 15%, la resistencia empezó a bajar. Estos resultados coinciden con lo encontrado por otros investigadores, como Değirmenci y Yilmaz (2009) o Ocsa Martínez (2024), quienes también observaron mejoras cuando se usaban porcentajes moderados de diatomita. Esto sugiere que hay un límite ideal: más no siempre es mejor.

4.6.2 Consistencia de fluidez del mortero con adición mineral

En cuanto a la fluidez, si bien los datos estadísticos no mostraron un cambio significativo, en la práctica sí se notó que las mezclas con 10% y 15% de diatomita eran más secas y difíciles de trabajar. Esto puede deberse a que la diatomita absorbe bastante agua. Estudios como el de García-Díaz et al. (2024) también señalaron que usar diatomita en cantidades pequeñas ayuda a mantener una mezcla trabajable, pero si se pasa del límite, la mezcla se vuelve rígida y menos manejable.

4.6.2 Tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita

En el tiempo de fraguado, al adicionar diatomita en 5%, 10% y 15% el tiempo de fraguado desciende progresivamente hasta obtener tiempo de fraguado muy corto. Estudios como el de García-Díaz et al. (2024) también señalaron que usar diatomita en cantidades pequeñas ayuda a tener tiempo de fraguado adecuados para el asentado de ladrillos.

4.6.3 Resistencia de adherencia a flexión del mortero modificado

El mortero con 5% de diatomita fue el que mejor rendimiento mostró: mejoró la resistencia y la adherencia sin afectar mucho la fluidez. Esta proporción logra un buen equilibrio entre calidad y facilidad de uso. En cambio, con 10% y 15%, la resistencia bajó y la mezcla se volvió más rígida y difícil de trabajar.

Este comportamiento coincide con lo reportado en otros estudios, como los de Herrera Vásquez (2023) y Alcívar Vélez et al. (2023), que destacan que usos moderados de diatomita mejoran el desempeño del mortero y cumplen con normativas técnicas vigentes, como la ASTM E518.

V. CONCLUSIONES

La adición de diatomita al 5% mejoró significativamente las propiedades físicas-mecánicas del mortero de cemento como su resistencia, adherencia y sin afectar notablemente su trabajabilidad del mortero.

En la resistencia a compresión en cubos de mortero de 50 mm, con los datos obtenidos al adicionar el 5% de diatomita al mortero de cemento se observa mejorar con respecto al mortero de cemento convencional como se muestra en la figura N.º 31. Sin embargo, al adicional el 10 % y 15% de diatomita al mortero de cemento la resistencia a compresión empezó a disminuir progresivamente.

Para el ensayo de consistencia de fluidez con los datos obtenidos, al adicionar el 5% de diatomita ala mortero de cemento, la fluides descendió a 101.03% el cual sigue siendo el recomendable de la fluidez para asentado de albañilería como indica tabla N.º 5 sin embargo con las adiciones la fluidez descendió progresivamente hasta llegar a una mezcla seca y rígida como se muestra en la fig. N.º 32.

El tiempo de fraguado del mortero de cemento con adición de diatomita al 5%, 10% y 15% desciende progresivamente al aumentar la adición de diatomita, el tiempo de fraguado de mortero convencional alcanzo 184.67 minutos mientras las adiciones de diatomita descienden a 160.44 min. 147.33 min. y 128.50 min. Respectivamente como se muestra en la tabla N.º 29, esto indica que a mayor porcentaje de diatomita el tiempo de fraguado disminuye como se aprecia en la fig. 33

En el ensayo resistencia de adherencia a flexión también mejoró con el 5% de diatomita, alcanzando incrementos de hasta 17%. Como se muestra en la figura N.º 38 Sin embargo, al superar esta proporción, la resistencia disminuyó, probablemente por la rigidez de la mezcla y su baja capacidad de adherencia con las unidades de albañilería.

En la resistencia a compresión en prismas de albañilería, con los datos obtenidos el 5% de diatomita mejoro notablemente como se aprecia en la figura N.º 42, ya que permitió mejorar la resistencia mecánica y la adherencia sin comprometer notablemente

la trabajabilidad del mortero. En cambio, proporciones del 10% y 15% afectaron negativamente el desempeño general del material.

La diatomita se confirma como un aditivo mineral viable y eficiente, capaz de mejorar las propiedades del mortero de cemento si se emplea en dosis controladas. Su uso representa una alternativa técnica y ambientalmente sostenible frente a morteros convencionales.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar 5% de diatomita en el mortero.

Esta cantidad fue la que mejores resultados dio en los ensayos. Aumentó la resistencia y la adherencia sin afectar mucho la trabajabilidad. Es una dosificación segura, fácil de aplicar y no encarece el producto.

No se recomienda superar el 5% de diatomita.

Con 10% y 15%, el mortero pierde calidad. Se vuelve seco, difícil de aplicar y su resistencia baja. Usar más cantidad no mejora el rendimiento y puede causar problemas en obra.

Es importante controlar bien la mezcla.

Se debe medir correctamente la cantidad de agua, diatomita y cemento. Una mezcla mal hecha puede afectar los resultados, incluso con una buena dosificación. Usar herramientas básicas de control ayuda mucho.

Se recomienda seguir investigando con otros tipos de adición.

Sería útil comparar la diatomita con otros materiales naturales o industriales. Así se puede encontrar nuevas combinaciones que mejoren aún más el mortero, cuidando el medio ambiente y los costos.

Se sugiere usar este tipo de mortero en obras pequeñas o medianas.

Por su facilidad de uso y buen comportamiento, el mortero con 5% de diatomita puede aplicarse en muros, acabados o elementos no estructurales. Es ideal para proyectos que buscan economía y sostenibilidad.

TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda seguir investigando con nuevas proporciones de diatomita.

Explorar porcentajes cercanos al 5%, así como combinaciones con otros aditivos, podría ayudar a encontrar fórmulas más eficientes y fáciles de aplicar.

Es importante poner en práctica este tipo de mortero en obras reales.

Se sugiere aplicar el mortero con diatomita en proyectos pequeños, como muros o acabados, para evaluar su comportamiento en condiciones reales de trabajo.

Analizar la durabilidad del mortero en ambientes variados.

Futuros estudios pueden centrarse en cómo reacciona este mortero frente a humedad, exposición solar, lluvia o agentes contaminantes.

Realizar ensayos a largo plazo.

Observar cómo evoluciona el mortero con diatomita a 56, 90 o más días ayudaría a conocer su comportamiento a lo largo del tiempo.

Comparar la diatomita con otros materiales naturales.

Sería útil estudiar y comparar su desempeño con otros aditivos como la ceniza volcánica, la puzolana natural o la fibra vegetal, buscando soluciones sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, I. F. (2019). Análisis y diseño de edificaciones de albañilería. San Marcos E.I.R.L.
- Alcívar Vélez, J., Loor Cobeña, D., & Egüez Álava, L. (2023). Evaluación del comportamiento puzolánico de la diatomita en morteros de cemento Portland. *Revista Científica de Ingeniería Civil*, 14(2), 75–84.
- Aragone, A., Flores, J., & Villacorta, M. (2016). Diatomita como adición mineral en morteros de cemento: caracterización y desempeño. *Revista de Materiales de Construcción*, 66(324), e102.
- ASTM International. (2020). ASTM C109/C109M-20b. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).
- ASTM International. (2020). ASTM C1437-20. Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar.
- ASTM International. (2020). ASTM E518-20. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars.
- ASTM International. (2020). ASTM C305-20. Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency.
- ASTM International. (2010). ASTM E518. Standard Test Method for Flexural Bond Strength of Masonry.
- Cerda Gómez, M. (2020). Evaluación del uso de diatomita en suelos agrícolas y su impacto en el cultivo de tomate en Ayacucho. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Değirmenci, N., & Yilmaz, A. (2009). Utilization of diatomite as pozzolanic material in cement production. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1178–1183.
- García-Díaz, A., López, J., & Bravo, L. (2024). Comportamiento mecánico de cementos activados alcalinamente con tierras de diatomeas. *Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología de los Materiales*, 9(1), 45–53.
- Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), 559–573. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>
- Herrera Vásquez, R. (2023). Análisis del mortero de cemento con adición de diatomita como sustituto parcial. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*, 5(1), 42–50.
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mehrazin, A., Farhadi, A., & Hamed, G. H. (2021). Pozzolanic performance of diatomite in concrete: Mechanical properties and durability. *Journal of Building Engineering*, 34, 101936.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Pearson Education.
- Neville, A. M. (1997). *Properties of concrete* (4th ed.). Longman Group Limited.
- Ocsa Martínez, L. R., & Téllez Quiñones, E. M. (2024). Evaluación técnico-económica del reemplazo parcial de cemento por diatomita en concretos estructurales. Tesis de ingeniería civil, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Özsoy, H. D., Akpınar, M. V., & Yildirim, M. (2023). Effect of diatomite on strength and thermal resistance of fly ash-based geopolymer composites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(4), 04023036.
- Ramírez Carrión, C. E. (2012). Caracterización geológica de los depósitos de diatomita en la cuenca de Ayacucho. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 106(1), 77–84.
- Rodríguez, J., Castro, R., & Ureña, A. (2019). Efecto de la diatomita como adición en morteros de cemento: propiedades mecánicas y microestructurales. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 34(2), 135–144.
- Saidi, A., & Hasan, M. (2020). Partial replacement of cement with diatomaceous earth in mortar: Effect on mechanical properties and durability. *Construction and Building Materials*, 262, 120073.
- Scrivener, K. L., John, V. M., & Gartner, E. M. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114, 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>
- Universidad Católica de Santa María. (2019). Informe técnico: inclusión de diatomita en bloquetas de concreto. Arequipa, Perú.
- Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (2021). Evaluación del uso de diatomita residual en morteros cementicios. Arequipa, Perú.

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al mortero de cemento normal, Ayacucho 2024.											
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VI: Adición de diatomita como aditivo mineral en el mortero de cemento	Proporción de adición	Porcentaje en peso de diatomita respecto al cemento	La investigación adopta un enfoque cuantitativo y experimental, evalúa el efecto de la diatomita sobre la resistencia, flexión y fluidez del mortero aplicando normas técnicas NTP y ASTM.	La población está conformada por probetas de mortero de cemento con diferentes proporciones de diatomita. La muestra incluye 48 cubos, 36 prismas y 12 ensayos de fluidez, elaborados en laboratorio.				
¿En qué medida la incorporación de un aditivo silíceo natural como la diatomita altera las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento convencional?	Evaluar las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento con adición de diatomita, en comparación con un mortero convencional,	La incorporación de diatomita como aditivo silíceo natural mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento convencional.		Mezcla y preparación	Uniformidad visual y textural de la mezcla						
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VD: Propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento	Fluidez	Porcentaje de asentamiento o expansión						
a. ¿Cómo influye la diatomita en la resistencia a la compresión del mortero?	a. Determinar la resistencia a la compresión del mortero modificado con adición de diatomita.	a. El mortero con diatomita presenta mayor resistencia a la compresión que el convencional.		Tiempo de fraguado	tiempo						
b. ¿Qué efecto produce la diatomita en la fluidez del mortero?	b. Evaluar la consistencia de fluidez del mortero con adición mineral.	b. La adición de diatomita modifica la fluidez del mortero, disminuyéndola progresivamente.		Resistencia a la flexión	Carga máxima antes de falla (kg/cm ²)						
c. ¿Cómo influye la diatomita en el tiempo de fraguado del mortero?	c. Analizar el tiempo de fraguado del mortero con adición de diatomita	c. El mortero con diatomita modifica el tiempo de fraguado del mortero convencional.						Resistencia a la compresión (cubos)	Esfuerzo de ruptura (kg/cm ²)		
d. ¿Cómo se ve afectada la resistencia del mortero frente a esfuerzos de flexión?	d. Analizar la resistencia a la flexión del mortero con incorporación de diatomita.	d. El mortero con diatomita mejora su resistencia frente a esfuerzos de flexión.								Resistencia a la compresión (tipo prisma)	Esfuerzo de compresión longitudinal (kg/cm ²)
e. ¿Qué impacto tiene la adición de diatomita en la capacidad resistente del mortero ante cargas de compresión?	e. Comparar la resistencia a la compresión entre morteros convencionales y modificados.	e. La capacidad resistente del mortero ante cargas de compresión se incrementa con proporciones controladas de diatomita.									

Nota. Elaboración propia


Anexo N°2 Resultado de Laboratorio.



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYOS EN
LABORATORIO**

ENGEOMAX
ING. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216, MTC E 108)	F - SG - 100	
		Revisión:	I
		Fecha:	2022-04-12
PROYECTO	: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS		
UBICACIÓN	: AYACUCHO / HUAMANGA / AYCUCHO		

I. Datos Generales


PROCEDENCIA : MUESTRA DE PRUEBA TESIS MUESTRA : ARENA GRUESA ESTRATO : - PROFUND. (m) : -	TIPO DE MATERIAL: ARENA GRUESA COD. PROYECTO: IGM-FS-013-2024 COD. MUESTRA: M-AF1-2024 FECHA: mar-24
--	---

N° DE ENSAYOS		1	2
N° Tara	N°	163	124
Masa Tara + Suelo Humedo	(g)	1163,7	1106,3
Masa Tara + Suelo Seco	(g)	1121,7	1065,0
Masa Tara	(g)	69,7	56,9
Masa Agua	(g)	42,1	41,3
Masa Suelo Seco	(g)	1052,0	1008,1
Contenido de Humedad	(%)	4	4
Promedio (%)		4,0	

Observaciones:

.....

.....

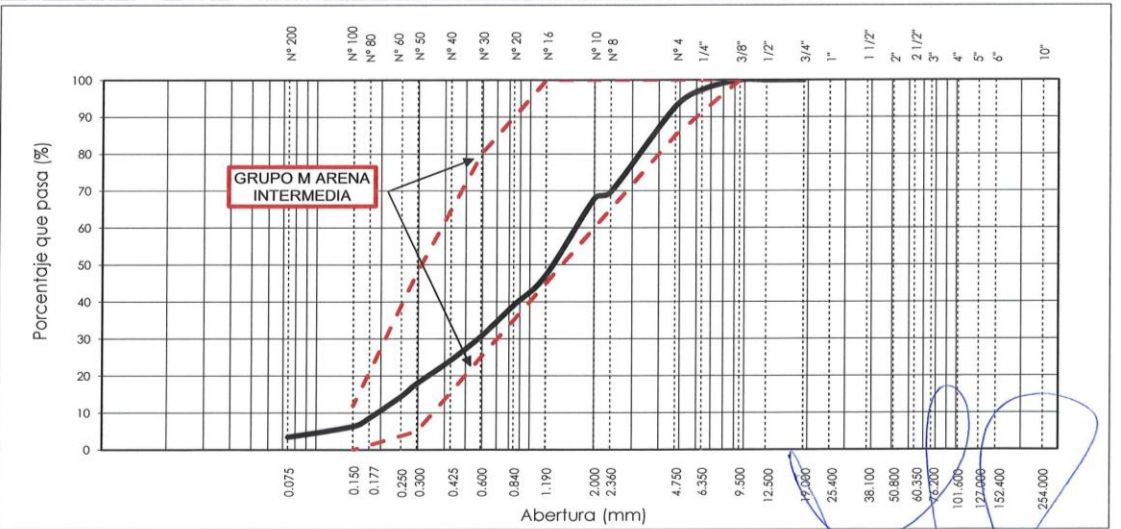

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 132754
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO	ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.
SOLICITANTE	BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS
UBICACIÓN	AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO


I. DATOS GENERALES	
PROCEDENCIA : CANTERA MUESTRA : ARENA ZARANEADA ESTRATO : - PROFUND. (m) : -	TIPO DE MATERIAL: ARENA ZARANEADA COD. PROYECTO: IGM-FS-013-2024 COD. MUESTRA: M-AF1-24 FECHA: mar-24

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRUPO M	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254,000						Masa inicial: 2184,7
6"	152,400						Masa fracción: 2108,9
5"	127,000						% Grava : 7,2
4"	101,600						% Arena : 89,3
3"	76,200						% Finos : 3,5
2 1/2"	63,500						Coefficientes de uniformidad y curvatura
2"	50,800						D10 (mm) : 0,194
1 1/2"	38,100						D30 (mm) : 0,573
1"	25,400						D60 (mm) : 1,690
3/4"	19,050						Cu: 8,70
1/2"	12,700						Cc: 1,002
3/8"	9,525				100,00	100	D15 (mm) : 0,257
1/4"	6,350	57,2	2,62	2,62	97,38		D50 (mm) : 1,300
Nº 4	4,760	100,1	4,58	7,20	92,80	85 100	D85 (mm) : 3,957
Nº 8	2,380	505,3	23,13	30,33	69,67	65 100	Clasificación SUCS y AASHTO
Nº 10	2,000	37,5	1,72	32,05	67,95		Clasificación (SUCS) : SP
Nº 16	1,190	453,7	20,77	52,81	47,19	45 100	Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
Nº 20	0,840	177,8	8,14	60,95	39,05		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 30	0,590	183,4	8,39	69,35	30,65	25 80	Descripción (SUCS):
Nº 40	0,426	140,0	6,41	75,75	24,25		Arena pobremente gradada
Nº 50	0,297	137,0	6,27	82,02	17,98	5 48	
Nº 60	0,250	77,2	3,53	85,56	14,44		PESO ESPECIFICO NOMINAL 2,67
Nº 80	0,177	126,9	5,81	91,37	8,63		MODULO DE FINEZA: 3,35
Nº 100	0,149	49,7	2,27	93,64	6,36	0 12	SUPERFICIE ESPECÍFICA: 62,2
Nº 200	0,074	63,1	2,89	96,53	3,47		OBSERVACIONES :
< Nº 200	FONDO	75,8	3,47	100,00			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:


 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 122154



INGEOMAX
S.A.C.

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (MTC E 203 - 2016)

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS Region : AYACUCHO
Muestra : AGREGADO FINO Provincia : HUAMANGA
Material : ARENA GRUESA ZARANDEADA Distrito : AYACUCHO
Fecha : MARZO DE 2024 Lugar : AYACUCHO

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1.854,0	1.854,0	1.854,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6.095,0	6.098,0	6.093,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.241,0	4.244,0	4.239,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.831,7	2.831,7	2.831,7
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.498	1.499	1.497
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.498		

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)	1.854,0	1.854,0	1.854,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6.341,0	6.353,0	6.346,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.487,0	4.499,0	4.492,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.831,7	2.831,7	2.831,7
E Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.585	1.589	1.586
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.587		

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)			
B Peso Agregado + Molde (gr)			
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)			
D Volumen del Molde (cm ³)			
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)			
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)			

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
A Peso Molde (gr)			
B Peso Agregado + Molde (gr)			
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)			
D Volumen del Molde (cm ³)			
E Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)			
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)			

INGEOMAX
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**INGEOMAX**

S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS**

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Region : AYACUCHO

Cantera : AGREGADO FINO

Provincia : HUAMANGA

Material : ARENA GRUESA ZARANDEADA

Distrito : AYACUCHO

Fecha : MARZO DE 2024

Lugar : AYACUCHO

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2016, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtención de los Pesos Especificos aparente y nominal, así como la absorción despues de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un solido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacios accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacios al volumen resultante, se le denomina nominal.

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)				↗
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)				
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)				
	Peso Especifico Aparente = $A/(B-C)$				
	Peso Especifico Aparente SSS = $B/(B-C)$				
	Peso Especifico Nominal = $A/(A-C)$				
	% de Absorción = $((B - A)/A) \times 100$				

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2016)

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	250,80	248,80		
B	Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr)	656,30	650,20		
C	Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr)	814,90	807,60		
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	257,60	256,00		
	Peso Especifico Aparente = $A/(B-C+S)$	2,53	2,52		2,53
	Peso Especifico Aparente SSS = $S/(B-C+S)$	2,60	2,60		2,60
	Peso Especifico Nominal = $A/(A-C+B)$	2,72	2,72		2,72
	% de Absorción = $((S - A)/A) \times 100$	2,71	2,89		2,80

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	0,00
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	100,00
Gravedad especifica de los sólidos	2,72

INGEOMAXIng. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ANALISIS QUIMICO

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Región : Ayacucho HR. 0026
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : Ayacucho
Proyecto : “Estudio de las Propiedades Físico-Mecánico del Mortero de Cemento Adicionado con Diatomita en Diferentes Porcentajes del 5%, 10% y el 15% con Respecto del Mortero de Cemento Normal en la Ciudad de Ayacucho”.
Solicitante : INGEOMAX S. A. C.
Muestra : IGM-FS-013-2024

ANALISIS QUIMICO

Muestra	ELEMENTOS			
	pH *MTC E 129	Cloruros (ppm) *MTC E 720	Sulfatos (ppm) *MTC E 719	S. S. T. (ppm) *MTC E 219
M-AF1-24	7.38	1498.2	836.7	2336.8

* Manual de Ensayo de Materiales – MTC

Ayacucho, Febrero del 2024.


INGEOMAX
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.I.P. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Gibón Molina
C.I.P. 77120

**ENSAYOS EN
VARIACION DIMENSIONAL**



INGEOMAX
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 182464
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

VARIACION DIMENSIONAL
NORMAS N.T.P. 339.613 / 339.604

PROYECTO : *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO*

SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA : LADRILLOS DE ARCILLA INDUSTRIALES - MARCA LARK

FECHA : MARZO DE 2024

REGION : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	LARGO CARA (mm)				ANCHO (mm)				ALTURA (mm)						
		LARGO 01	LARGO 02	LARGO 03	LARGO 04	LARGO PROM.	ANCHO 01	ANCHO 02	ANCHO 03	ANCHO 04	ANCHO PROM.	ALTURA 01	ALTURA 02	ALTURA 03	ALTURA 04	ALTURA PROM.
1	M-1	228.23	229.79	227.77	227.82	228.40	123.72	122.89	122.99	122.42	122.96	89.56	89.04	89.59	89.63	89.46
2	M-2	227.89	228.03	228.94	228.23	228.27	123.45	123.38	124.13	123.37	123.58	89.13	89.80	89.08	89.63	89.41
3	M-3	228.00	228.28	228.15	228.19	228.16	122.37	123.36	122.60	122.65	122.75	88.50	87.92	88.38	89.38	88.55
4	M-4	227.43	227.73	227.88	227.23	227.57	122.56	123.61	122.90	124.46	123.38	88.93	89.31	90.10	89.72	89.52
5	M-5	228.48	228.25	227.93	228.38	228.26	122.92	122.63	123.52	122.44	122.88	88.89	88.46	88.56	89.41	88.83
6	M-6	227.51	228.03	228.84	227.48	227.47	123.21	122.71	122.31	122.85	122.77	89.67	90.14	89.89	89.82	89.88
7	M-7	226.97	227.32	227.27	227.66	227.31	122.19	123.08	122.55	123.01	122.71	88.80	89.30	89.80	89.99	89.47
8	M-8	222.43	227.82	227.31	226.38	225.99	124.54	124.07	125.07	124.69	124.59	89.98	90.09	89.17	89.66	89.73
9	M-9	228.70	229.03	227.79	229.37	228.72	124.42	123.29	123.03	123.17	123.48	90.16	89.79	90.24	90.46	90.16
10	M-10	228.75	228.79	228.48	228.43	228.61	123.26	122.83	123.02	122.92	123.01	90.15	89.21	89.44	89.11	89.48
		DIMENSION PROMEDIO (mm) :				227.88					123.21					89.45
		DIMENSION ESPECIFICADA (mm) :				230.00					125.00					90.00
		DESVIACION ESTANDAR (mm) :				0.78					0.55					0.44
		VARIACION DIMENSIONAL (%) :				0.92					1.43					0.61
		COEFICIENTE DE VARIACION (%) :				0.34					0.45					0.50

OBSERVACIONES:

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 CIP 12532
 Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 maxwil@ingemasac.com | maxwil@ingemasac.com

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO, CEL. 999526400, RPM #999526400, CORREC: ingenieria@ingemasac.com, gerencial@ingemasac.com



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO DE
ALABEO**



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DETERMINACION DE ALBELO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
N.T.P. 399.613 / 339.604

PROYECTO "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

SOLICITA BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA LADRILLOS DE ARCILLA INDUSTRIALES - MARCA LARK

FECHA MARZO DE 2024

REGION : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	CARA A		CARA B		PROMEDIO POR UNIDAD DE ALBAÑILERIA			ALBELO PROMEDIO CONCAVO (mm)	ALBELO PROMEDIO CONVEXO (mm)	ALBELO MAXIMO CONCAVO (mm)	ALBELO MAXIMO CONVEXO (mm)
		CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	ALBELO PROMEDIO CONVEXO (mm)				
1	M-1	1.00	0.00	1.70	0.00	1.35	0.00					
2	M-2	1.50	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00					
3	M-3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00					
4	M-4	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00					
5	M-5	0.00	0.00	1.20	0.00	0.60	0.00	0.77	0.17	1.70	1.80	
6	M-6	1.10	0.00	1.20	0.00	1.15	0.00					
7	M-7	1.00	0.00	0.00	1.00	0.50	0.50					
8	M-8	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.90					
9	M-9	1.50	0.00	1.00	0.00	1.25	0.00					
10	M-10	0.00	0.50	1.20	0.00	0.60	0.25					

OBSERVACIONES:

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO, CEL 999526400, RPM #999526400, CORREC: ingenieria@inggeomaxsac.com, comercial@inggeomaxsac.com



INGEOMAX
S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO DE
ABSORCION**

INGEOMAX
S.A.C

ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP: 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE ABSORCION PARA UNIDADES DE ALBAÑILERIA

N.T.P. 399.613 / 339.604

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

REGIÓN : AYACUCHO

MUESTRA : LADRILLOS DE ARCILLA INDUSTRIALES - MARCA LARK

PROVINCIA : HUAMANGA

FECHA : MARZO DE 2024

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	MASA SECA (gr.)	MASA SSS (gr.)	MASA SUMERGIDA SSS (gr.)	ABSORCION (%)	DENSIDAD REAL SECA (Tn/m ³)	DENSIDAD REAL SSS (Tn/m ³)	DENSIDAD NETA (Tn/m ³)
1	M-01	2,720.00	3,035.00	1,699.00	11.58	2.04	2.27	2.66
2	M-02	2,762.00	3,081.00	1,723.00	11.55	2.03	2.27	2.66
3	M-03	2,684.00	2,996.00	1,688.00	11.62	2.05	2.29	2.69
4	M-04	2,692.00	3,027.00	1,691.00	12.44	2.01	2.27	2.69
5	M-05	2,676.00	2,998.00	1,679.00	12.03	2.03	2.27	2.68
PROMEDIO:		2,706.80	3,027.40	1,696.00	11.85	2.03	2.27	2.68

OBSERVACIONES:

DIRECCION: JR. JOSE SANTOS CHOCANO N° 104 - MAGDALENA - HUAMANGA - AYACUCHO, CEL 999526400, RPM #999526400, CORREO ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com




Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP: 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO DE
FLUIDEZ**


ENGEOMAX
ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 INGEOMAX <small>DISEÑOS Y SISTEMAS AL TRAZADO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA, CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION</small>	ENSAYO DE FLUIDEZ PARA MORTEROS		D: HBDC	A: MAMA
	NTP: 334.057		IGM-SGC-LAB-2022	
			Revisión:	1
			Fecha:	may-22

Tesis : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : BACH: LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA /AYCUCHO

Fecha : MARZO DE 2024

N°	MUESTRA	DIAMETROS			DIAMETROS PROMEDIO			DIAMETRO PROM. TOTAL	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %	CONSISTENCIA
		ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3				
001	PATRON + 0% D. M-1 M-2 M-3	22.5	22.0	21.9	22.3	22.0	22.0	22.1	10.16	117.38 %	MEDIA
		22.0	22.1	22.0							
		22.3	22.1	22.1							
		22.2	21.9	21.9							
002	PATRON + 5% D. M-1 M-2 M-3	20.5	20.6	20.3	20.4	20.5	20.4	20.4	10.16	101.03%	MEDIA
		20.3	20.5	20.4							
		20.4	20.5	20.5							
		20.4	20.4	20.3							
003	PATRON + 10% D. M-1 M-2 M-3	18.8	19.0	19.2	18.9	19	19.3	19.1	10.16	87.56%	SECA
		18.9	18.9	19.2							
		18.8	19.2	19.3							
		19.0	19.0	19.4							
004	PATRON + 15% D. M-1 M-2 M-3	15.7	15.5	15.8	15.7	15.7	15.8	15.7	10.16	54.64%	MUY SECA
		15.6	15.7	15.8							
		15.8	15.6	15.7							
		15.7	15.8	15.8							

OBSERVACIÓN : Anillo Troncoconico de 4" de diametro interno (Base)

: Si % Fluides es: 80-100 (Consistencia Seca); 100-120 (Consistencia Plastica); >120 (Consistencia Fluida)

: Si % Fluides es: <80% se puede considerara con una Consistencia muy Seca.

: Si % Fluides es: <80% requieren un incremento proporcional de agua y cemento (pasta de cemento) para que el mortero sea trabajable.

DIRECCION JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 99626400, RPM: #99626400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP: 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGEOMAX
S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO A LA
COMPRESION**

INGEOMAX
S.A.C

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP/132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO A LA
COMPRESION
DE UNIDADES
DE ALBAÑILERIA**



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP. 122454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA
NORMAS N.T.P. 399.613 / 339.605

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO
 SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA : PILA DE 3 LADRILLOS
 FECHA : MARZO DE 2024

REGIÓN : AYACUCHO
 PROVINCIA : HUAMANGA
 DISTRITO : AYACUCHO
 LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA NETA (cm ²)	ALTURA (cm)	PESO (kg)	DENSIDAD APARENTE (tn/m ³)	LECTURA DIGITAL (KN)	LECTURA DIGITAL (Kg)	RESISTENCIA fb (Kg / cm ²)	RESISTENCIA PROM. fb (Kg / cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (Kg / cm ²)	RESISTENCIA CARACT. fb (Kg / cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
1	PATRON + 0% D. MP-01	22.70	12.15	193.06	29.15	14.09	2.50	162.86	16601.43	85.99				
2	PATRON + 0% D. MP-02	22.70	12.25	194.65	29.35	13.27	2.32	172.22	17555.56	90.19	86.34	2.15	86.2	2.43
3	PATRON + 0% D. MP-03	22.68	12.15	192.85	29.38	14.12	2.49	168.10	17135.58	88.85				
4	PATRON + 0% D. MP-04	22.80	12.20	194.71	29.33	14.59	2.55	206.00	20998.94	107.85				
5	PATRON + 0% D. MP-05	22.70	12.23	194.26	29.30	12.52	2.20	203.76	20770.30	106.92	107.84	0.91	106.9	0.85
6	PATRON + 0% D. MP-06	22.60	12.25	193.80	29.30	13.91	2.45	206.74	21074.67	108.75				
7	PATRON + 0% D. MP-07	22.73	12.25	194.87	29.60	12.02	2.08	239.98	24462.79	125.54				
8	PATRON + 0% D. MP-08	22.63	12.15	192.43	29.53	13.73	2.42	255.14	26008.15	135.16	127.60	6.77	120.8	5.31
9	PATRON + 0% D. MP-09	22.68	12.20	193.64	29.53	12.24	2.14	231.95	23644.24	122.10				

OBSERVACIONES:

- Se considero para el área neta un porcentaje de vacíos de la unidad de albañilería del 30%.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO. CEL 999528400. RPM #999528400. CORREC. ingenieria@ingtomaxsac.com, comercial@ingtomaxsac.com
ING. Maxwil Anthony Morote Arias
 ESPECIALISTA EN REGISTRO DE CONCRETO Y PAVIMENTOS





INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMAS N.T.P. 399.613 / 339.605

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO

SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA : PILA DE 3 LADRILLOS

FECHA : MARZO DE 2024

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA NETA (cm2)	ALTURA (cm)	PESO (kg)	DENSIDAD APARENTE (t/m3)	LECTURA DIGITAL (KN)	LECTURA DIGITAL (Kg)	RESISTENCIA lb (Kg / cm2)	RESISTENCIA PROM. lb (Kg / cm2)	DESVIACION ESTANDAR (Kg / cm2)	RESISTENCIA CARACT. lb (Kg / cm2)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
1	PATRON + 5% D. M-01	22.80	12.53	199.90	29.50	14.07	2.39	177.59	18102.53	90.56				
2	PATRON + 5% D. M-02	22.85	12.50	198.19	29.55	13.01	2.22	182.80	18633.73	94.02	92.86	1.99	90.9	2.15
3	PATRON + 5% D. M-03	22.70	12.33	195.84	29.50	12.30	2.13	180.61	18410.35	94.01				
4	PATRON + 5% D. M-04	22.68	12.23	194.04	29.78	14.16	2.45	219.69	22394.71	115.41				
5	PATRON + 5% D. M-05	22.70	12.25	194.65	29.55	11.49	2.00	223.37	22769.16	116.97	116.65	1.11	115.5	0.95
6	PATRON + 5% D. M-06	22.68	12.38	196.42	29.48	11.74	2.03	226.51	23089.44	117.55				
7	PATRON + 5% D. M-07	22.70	12.28	195.05	29.60	13.42	2.32	263.06	26815.49	137.48				
8	PATRON + 5% D. M-08	22.63	12.23	193.61	29.63	10.93	1.91	265.73	27067.67	139.91	139.19	1.48	137.7	1.07
9	PATRON + 5% D. M-09	22.65	12.25	194.22	29.60	11.29	1.96	267.07	27224.26	140.17				

OBSERVACIONES:

- Se considero para el área neta un porcentaje de vacíos de la unidad de albañilería del 30%.

DIRECCION : JR. CIRO ALEGRIA N. 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO. CEL 996526400, RPM 996526400, CORREO: ingenieria@nggeomax.com, comercial@nggeomax.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
RESPONSABLE TECNICO EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMAS N.T.P.
399.613 / 339.605**

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO
SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA : PILA DE 3 LADRILLOS

FECHA : MARZO DE 2024

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA NETA (cm ²)	ALTURA (cm)	PESO (kg)	DENSIDAD APARENTE (t/m ³)	LECTURA DIGITAL (KN)	LECTURA DIGITAL (Kg)	RESISTENCIA lb (Kg / cm ²)	RESISTENCIA PROM. lb (Kg / cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (Kg / cm ²)	RESISTENCIA CARACT. lb (Kg / cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
1	PATRON + 10% D. M-01	22.73	12.28	195.26	29.53	13.29	2.31	162.77	16592.56	84.97				
2	PATRON + 10% D. M-02	22.78	12.33	196.49	29.35	14.04	2.43	159.62	16271.38	82.81	83.77	1.10	82.7	1.31
3	PATRON + 10% D. M-03	22.75	12.35	196.67	29.23	14.35	2.50	161.18	16430.01	83.54				
4	PATRON + 10% D. M-04	22.80	12.20	194.71	29.53	14.39	2.50	194.99	19876.26	102.08				
5	PATRON + 10% D. M-05	22.65	12.33	195.41	29.30	14.17	2.48	191.66	19536.70	99.98	101.91	1.85	100.1	1.81
6	PATRON + 10% D. M-06	22.78	12.28	195.69	29.48	13.82	2.40	199.01	20286.17	103.66				
7	PATRON + 10% D. M-07	22.70	12.30	195.45	29.55	13.64	2.36	220.03	22428.72	114.76				
8	PATRON + 10% D. M-08	22.70	12.13	192.67	29.53	13.54	2.38	220.00	22426.42	116.40	114.88	1.46	113.4	1.27
9	PATRON + 10% D. M-09	22.70	12.23	194.26	29.60	13.62	2.37	216.28	22046.53	113.49				

OBSERVACIONES:

-Se considero para el área neta un porcentaje de vacios de la unidad de albañilería del 30%.

DIRECCION: JR. CIRIO ALEGRIA N.º 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO, CEL 999526400, CORREO: ingenieria@ingomasac.com, comercial@ingomasac.com



Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.P. 13245
FEBRINISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMAS N.T.P. 399.613 / 339.605

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO

SOLICITA : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

MUESTRA : PILA DE 3 LADRILLOS

FECHA : MARZO DE 2024

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA NETA (cm ²)	ALTURA (cm)	PESO (kg)	DENSIDAD APARENTE (tn/m ³)	LECTURA DIGITAL (KN)	LECTURA DIGITAL (Kg)	RESISTENCIA lb (Kg / cm ²)	RESISTENCIA PROM. lb (Kg / cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (Kg / cm ²)	RESISTENCIA CARACT. lb (Kg / cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
1	PATRON + 15% D. M-01	22.83	12.35	197.32	29.28	12.18	2.11	149.57	15247.10	77.27				
2	PATRON + 15% D. M-02	22.73	12.35	196.46	29.45	12.10	2.09	146.42	14925.67	75.97	77.09	1.04	76.1	1.35
3	PATRON + 15% D. M-03	22.80	12.55	200.30	29.60	12.11	2.04	153.34	15630.56	76.04				
4	PATRON + 15% D. M-04	22.75	12.30	195.88	29.43	12.02	2.08	181.08	18458.94	94.24				
5	PATRON + 15% D. M-05	22.60	12.30	194.59	29.48	12.14	2.12	184.34	18791.20	96.57	94.55	1.88	92.7	1.99
6	PATRON + 15% D. M-06	22.50	12.20	192.15	29.53	11.57	2.04	175.02	17840.56	92.85				
7	PATRON + 15% D. M-07	22.55	12.30	194.16	29.60	11.14	1.94	199.09	20295.07	104.53				
8	PATRON + 15% D. M-08	22.65	12.25	194.22	29.63	12.00	2.09	195.82	19961.29	102.77	104.48	1.68	102.8	1.60
9	PATRON + 15% D. M-09	22.65	12.25	194.22	29.70	10.98	1.90	202.21	20612.41	106.13				


OBSERVACIONES:

- Se considero para el área neta un porcentaje de vacíos de la unidad de albañilería del 30%.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - JESUS NAZARENO - AYACUCHO. CEL 999526400, RPM #99526400, CORREO: ingenieria@ingomaxsac.com, comercial@ingomaxsac.com

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.I.P. 13244
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, SUELOS Y PAVIMENTOS



 INGEOMAX <small>ESPECIALISTAS EN CONCRETO, SELLOS Y PAVIMENTOS S.A.C.</small>	CONTROL DE CALIDAD		IGM-SGC-LAB-0200F10
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE PRISMAS DE ALBANILERIA		Revisión: 0
NORMAS N.T.P. 399.613 / 399.605		Fecha: 30/04/2022	

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

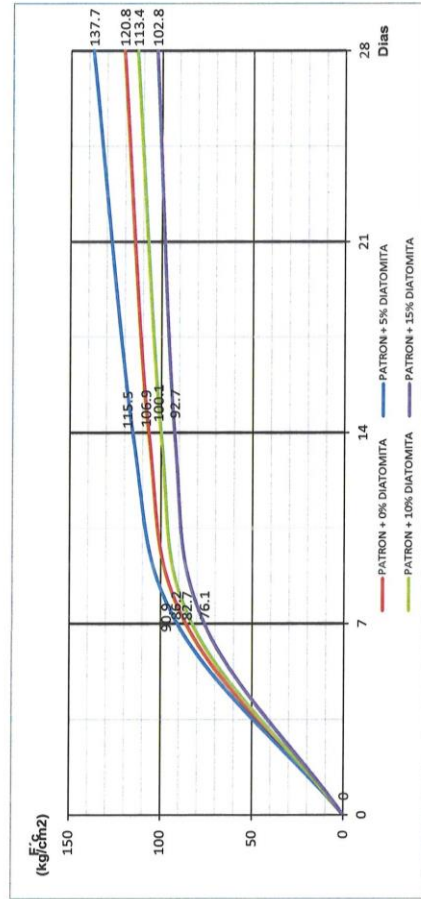
Muestra : PILA DE 3 LADRILLOS

Fecha : MARZO DE 2024


Región AYACUCHO
Provincia HUAMANGA
Distrito AYACUCHO
Lugar AYACUCHO

EDADES (DIAS)	PATRON 0% DIATOMITA	PATRON + 5% DIATOMITA	PATRON + 10% DIATOMITA	PATRON + 15% DIATOMITA
7	86.2	90.9	82.7	76.1
14	106.9	115.5	100.1	92.7
28	120.8	137.7	113.4	102.8

Analisis de resultados



DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 – Jesus Nazareno – Ayacucho, CEL: 999526400, RPM: #698526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com


Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 C.I.P. 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS



INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO A LA
COMPRESION
DE MORTEJOS**

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND	
NORMA NTP 334.051	
IGM-SGC-LAB-0200F10	Revisión: 0
Fecha: 5/02/2021	

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO*

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Muestra : ESPECIMEN CÚBICO DE MORTERO DE 50 MM DE LADO (PATRON + 0% DIATOMITA)

Fecha : MARZO DE 2024

N°	Muestra	Fecha		Área testigo (cm ²)	Longitud a (cm)	Longitud b (cm)	Longitud c (cm)	Longitud d (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Lectura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Promedio 3 testigos %
		Moldeo	Rotura										
001	PATRON + 0% D. M-1	21-Feb	28-Feb	25.14	5.00	5.03	5.03	5.01	273.7	2.17	3,792.50	150.90	
002	PATRON + 0% D. M-2	21-Feb	28-Feb	25.00	5.00	5.00	5.03	5.00	263.0	2.10	3,845.91	153.80	147.5
003	PATRON + 0% D. M-3	21-Feb	28-Feb	24.96	4.99	5.00	5.01	5.00	263.9	2.11	3,442.90	137.90	
004	PATRON + 0% D. M-4	21-Feb	6-Mar	25.43	5.00	5.09	5.07	4.99	270.7	2.11	5,395.40	212.20	
005	PATRON + 0% D. M-5	21-Feb	6-Mar	25.19	4.98	5.05	5.04	4.97	268.4	2.13	5,453.12	216.50	215.0
006	PATRON + 0% D. M-6	21-Feb	6-Mar	24.82	4.96	5.00	5.03	4.97	272.9	2.21	5,366.75	216.20	
007	PATRON + 0% D. M-7	21-Feb	13-Mar	25.12	5.00	5.02	4.93	4.99	266.2	2.12	7,026.77	279.80	
008	PATRON + 0% D. M-8	21-Feb	13-Mar	25.15	5.01	5.02	5.02	4.99	264.9	2.10	6,709.42	266.80	278.5
009	PATRON + 0% D. M-9	21-Feb	13-Mar	25.06	5.01	5.01	4.99	5.00	268.1	2.14	7,239.99	288.90	
010	PATRON + 0% D. M-10	21-Feb	20-Mar	24.99	5.00	5.00	5.00	4.99	264.0	2.11	7,950.60	318.10	
011	PATRON + 0% D. M-11	21-Feb	20-Mar	25.01	5.01	4.99	5.00	5.00	265.0	2.12	7,895.85	315.60	318.2
012	PATRON + 0% D. M-12	21-Feb	20-Mar	24.98	4.99	5.01	5.01	4.99	271.3	2.17	8,014.13	320.80	

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados por los solicitantes.

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL: 998526400, RPM: #998526400 EMAIL: ingenmax@hotmail.com, laboratorio.ingenmax@gmail.com

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 ESPECIALISTA EN GUATEMBA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND	
NORMA NTP 334.051	
IGM-SGC-LAB-0200F10	
Revisión:	0
Fecha:	5/02/2021

Proyecto : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Muestra : ESPECIMEN CÚBICO DE MORTERO DE 50 MM DE LADO (PATRON + 5% DIATOMITA)

Fecha : MARZO DE 2024


N°	Muestra	Fecha		Area testigo (cm ²)	Longitud a (cm)	Longitud b (cm)	Longitud c (cm)	Longitud d (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Lectura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Promedio 3 testigos %
		Moldeo	Rotura										
001	PATRON + 5% D. M-1	22-Feb	29-Feb	25.29	5.03	5.03	5.01	5.03	271.0	2.13	5,140.82	203.30	201.0
002	PATRON + 5% D. M-2	22-Feb	29-Feb	24.75	5.00	4.95	5.02	5.00	268.2	2.17	4,919.70	198.80	
003	PATRON + 5% D. M-3	22-Feb	29-Feb	25.11	4.98	5.04	5.07	5.01	269.5	2.13	5,047.01	201.00	
004	PATRON + 5% D. M-4	22-Feb	7-Mar	25.28	5.01	5.05	5.03	4.98	267.3	2.11	6,838.87	270.60	273.3
005	PATRON + 5% D. M-5	22-Feb	7-Mar	24.78	4.98	4.97	4.44	4.97	262.5	2.19	6,735.49	271.90	
006	PATRON + 5% D. M-6	22-Feb	7-Mar	24.81	4.95	5.01	4.93	4.95	268.9	2.18	6,880.47	277.30	
007	PATRON + 5% D. M-7	22-Feb	14-Mar	25.03	5.00	5.00	4.99	5.00	261.9	2.09	8,113.25	324.20	330.9
008	PATRON + 5% D. M-8	22-Feb	14-Mar	25.10	5.00	5.02	5.02	5.01	270.6	2.15	8,281.92	329.90	
009	PATRON + 5% D. M-9	22-Feb	14-Mar	24.99	4.99	5.01	4.93	5.01	268.0	2.15	8,461.36	338.60	
010	PATRON + 5% D. M-10	22-Feb	21-Mar	24.97	5.00	5.00	5.03	4.99	285.4	2.13	9,040.21	362.00	368.7
011	PATRON + 5% D. M-11	22-Feb	21-Mar	24.97	5.00	4.99	5.02	5.01	261.8	2.09	9,203.22	368.60	
012	PATRON + 5% D. M-12	22-Feb	21-Mar	24.93	5.00	4.99	5.03	5.01	266.6	2.14	9,359.66	375.40	

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados por los solicitantes.



DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesús Nazareno - Ayacucho, CEL: 999526400, RPA: #999526400, EMAIL: ingenomax@ingenomax.com, laboratorio.ingenomax@gmail.com

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
CIP: 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

	CONTROL DE CALIDAD	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND	
		IGM-SGC-LAB-0200F10
		Revisión: 0
		Fecha: 5/02/2021
NORMA NT 334.051		

Proyecto : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO

Muestra : ESPECIMEN CUBICO DE MORTERO DE 50 MM DE LADO (PATRON + 10% DIATOMITA)

Fecha : MARZO DE 2024


N°	Muestra	Fecha		Area testigo (cm ²)	Longitud a (cm)	Longitud b (cm)	Longitud c (cm)	Longitud d (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Lectura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Promedio 3 testigos %
		Moldeo	Rotura										
001	PATRON + 10% D. M-1	23-Feb	1-Mar	24.85	4.98	4.99	5.03	5.01	264.7	2.13	3,028.46	121.90	
002	PATRON + 10% D. M-2	23-Feb	1-Mar	24.95	5.00	4.99	5.00	5.00	266.2	2.14	3,021.59	121.10	121.3
003	PATRON + 10% D. M-3	23-Feb	1-Mar	24.92	4.99	4.99	5.09	5.02	260.9	2.08	3,008.50	120.80	
004	PATRON + 10% D. M-4	23-Feb	8-Mar	25.19	5.00	5.04	5.03	5.04	267.2	2.11	4,646.44	184.50	
005	PATRON + 10% D. M-5	23-Feb	8-Mar	25.05	5.01	5.00	5.04	5.93	268.0	2.04	4,773.94	190.60	186.4
006	PATRON + 10% D. M-6	23-Feb	8-Mar	25.15	5.00	5.03	5.04	5.02	267.6	2.12	4,631.03	184.20	
007	PATRON + 10% D. M-7	23-Feb	15-Mar	24.93	4.99	5.00	4.99	5.00	257.8	2.07	6,205.64	248.90	
008	PATRON + 10% D. M-8	23-Feb	15-Mar	24.86	4.98	4.99	5.00	5.00	254.7	2.05	6,206.45	249.70	248.1
009	PATRON + 10% D. M-9	23-Feb	15-Mar	24.92	4.99	4.99	5.00	5.00	256.3	2.06	6,125.22	245.80	
010	PATRON + 10% D. M-10	23-Feb	22-Mar	25.18	5.02	5.02	5.02	5.08	261.8	2.06	7,301.20	290.00	
011	PATRON + 10% D. M-11	23-Feb	22-Mar	25.00	5.00	5.00	5.01	4.99	259.9	2.08	7,204.51	288.20	288.3
012	PATRON + 10% D. M-12	23-Feb	22-Mar	25.13	5.01	5.01	5.00	4.99	263.2	2.09	7,207.03	286.80	

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados por los solicitantes.

INGEOMAX

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesús Nazareno - Ayacucho, CEL: 996526400, RPM: #996526400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com

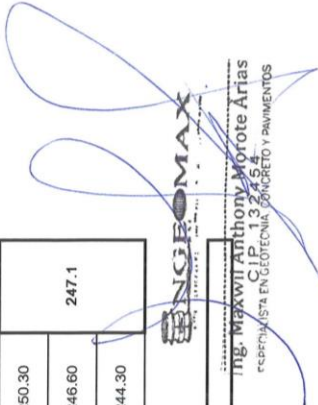
Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP 18245
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 INGEOMAX <small>INGENIERIA RESISTENCIA AL ALTRADO</small> <small>INVESTIGACIONES EN MATERIALES PARA CONSTRUCCION</small> <small>PEREGRINOS</small>	CONTROL DE CALIDAD		IGM-SGC-LAB-0200F10
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND		Revisión: 0
			Fecha: 5/02/2021


Proyecto : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"
Solicitante : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS
Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO
Muestra : ESPECIMEN CUBICO DE MORTERO DE 50 MM DE LADO (PATRON + 15% DIATOMITA)
Fecha : MARZO DE 2024

N°	Muestra	Fecha		Area testigo (cm ²)	Longitud (cm)			Longitud (cm)	Masa testigo (gr.)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Lectura de Rotura (kg)	Resistencia testigo (kg/cm ²)	Promedio 3 testigos %
		Moldeo	Rotura		Edad	a	b						
001	PATRON + 15% D. M-1	23-Feb	1-Mar	25.32	5.00	5.06	5.11	5.03	256.2	2.00	2,327.47	91.90	88.4
002	PATRON + 15% D. M-2	23-Feb	1-Mar	24.86	4.98	4.99	5.02	5.06	244.3	1.96	2,129.52	85.70	
003	PATRON + 15% D. M-3	23-Feb	1-Mar	25.18	5.01	5.03	5.11	5.12	262.3	2.06	2,207.07	87.70	
004	PATRON + 15% D. M-4	23-Feb	8-Mar	24.89	4.99	4.99	5.01	5.02	262.7	2.11	3,707.03	149.00	147.1
005	PATRON + 15% D. M-5	23-Feb	8-Mar	24.96	5.00	4.99	5.03	5.64	260.9	2.02	3,676.70	147.30	
006	PATRON + 15% D. M-6	23-Feb	8-Mar	25.00	5.00	5.00	5.00	4.99	256.6	2.05	3,626.75	145.10	
007	PATRON + 15% D. M-7	23-Feb	15-Mar	25.00	5.00	5.00	5.00	5.00	255.0	2.04	4,958.03	198.40	199.6
008	PATRON + 15% D. M-8	23-Feb	15-Mar	25.05	5.00	5.01	5.02	5.00	252.6	2.01	5,078.44	202.70	
009	PATRON + 15% D. M-9	23-Feb	15-Mar	24.88	4.99	4.98	4.99	5.00	252.1	2.03	4,916.19	197.60	
010	PATRON + 15% D. M-10	23-Feb	22-Mar	25.10	5.01	5.01	5.02	5.01	258.6	2.06	6,283.51	250.30	247.1
011	PATRON + 15% D. M-11	23-Feb	22-Mar	25.18	5.02	5.02	5.02	5.02	259.6	2.05	6,206.98	246.60	
012	PATRON + 15% D. M-12	23-Feb	22-Mar	24.98	5.00	5.00	4.98	5.00	260.0	2.08	6,103.10	244.30	

Observaciones : - Los testigos de concreto han sido preparados y curados por los solicitantes.

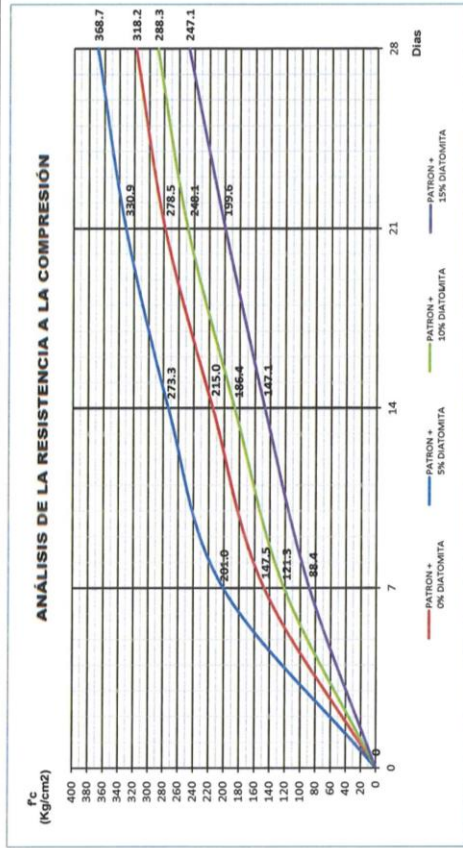

INGEOMAX
 Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 CIP 132254
 ESPECIALISTA EN TECNICAS DE CONCRETO Y PAVIMENTOS

DIRECCION: JR. CERO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho, CEL. 999526460, RPN. #999526460, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com

	CONTROL DE CALIDAD	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLANC	
		IGM-SGC-LAB-0200F10
		Revisión: 0
		Fecha: 6/10/2020
NORMA NTP 334.051		

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN PORCENTAJES DE 5%, 10% Y 15% CON RESPECTO AL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.
Solicitante : BACH, LUIS ALDAIR LOPE RAMOS
Lugar : AYACUCHO / HUAMANGA / AYACUCHO
Muestra : ESPECIMEN CÚBICO DE MORTERO DE 50 MM DE LADO
Fecha : MARZO DE 2024

EDADES (DIAS)	PATRON + 0% DIATOMITA	PATRON + 5% DIATOMITA	PATRON + 10% DIATOMITA	PATRON + 15% DIATOMITA
7	147.5	201.0	121.3	88.4
14	215.0	273.3	186.4	147.1
21	278.5	330.9	248.1	199.6
28	318.2	368.7	288.3	247.1




 Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
 INGENIERIA EN TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS




INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**ENSAYO A LA
FLEXIÓN**

INGEOMAX
INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.I.P. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

	FORMATO	Código	AE-FO-124
	ENSAYO DE RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMA ASTM E518-10	Versión	01
		Fecha	30-04-2022
		Página	1 de 4

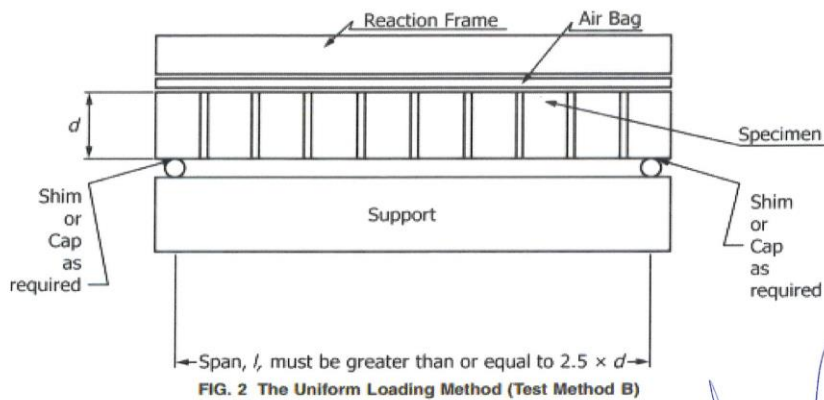
PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO. REGISTRO N°: IGM-FS-013-LABINGEOMAX

SOLICITANTE : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS REALIZADO POR : H. DUEÑAS
 CÓDIGO DE PROYECTO : IGM-FS-013-2024 REVISADO POR : M. Morote
 UBICACIÓN DE PROYECTO : AYACUCHO FECHA DE ENSAYO : MARZO de 2024
 FECHA DE EMISIÓN : MARZO DE 2024

Tipo de muestra :
 Presentación : Ladrillo industrial con mortero modificado con 0% de diatomita
 Fc de diseño : 175 kg/cm2

RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON 0% D. MP-1	21/02/2024	28/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.83 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-2	21/02/2024	28/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.91 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-3	21/02/2024	28/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.94 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-4	21/02/2024	6/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.31 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-5	21/02/2024	6/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.38 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-6	21/02/2024	6/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.21 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-7	21/02/2024	20/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.33 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-8	21/02/2024	20/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.45 kg/cm2
PATRON 0% D. MP-9	21/02/2024	20/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	19	2.59 kg/cm2




OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOMAX SAC.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOMAX SAC

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 C.I.F. 182454
 EXPEDIENTE EN GERENCIA PRINCIPAL DE PAVIMENTOS

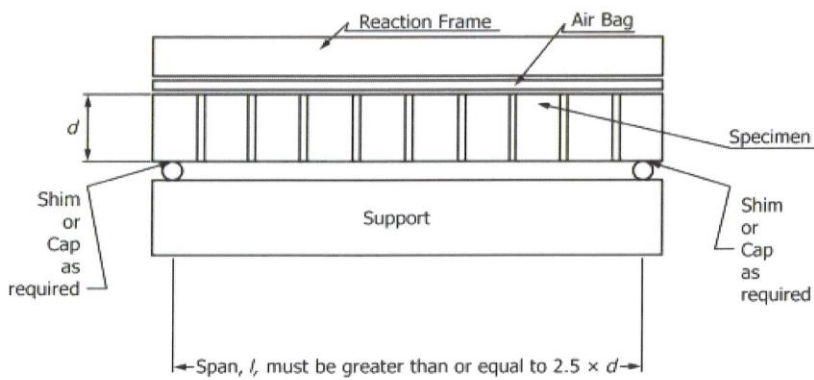
	FORMATO	Código	AE-FO-124
	ENSAYO DE RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMA ASTM E518-10	Versión	01
		Fecha	30-04-2022
		Página	1 de 4

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO. REGISTRO N°: IGM-F8-013-24-LABINGEOMAX
SOLICITANTE : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS REALIZADO POR : H. Dueñas
CÓDIGO DE PROYECTO : IGM-FS-013-2024 REVISADO POR : M. Morote
UBICACIÓN DE PROYECTO : AYACUCHO FECHA DE ENSAYO : MARZO DE 2024
FECHA DE EMISIÓN : MARZO DE 2024

Tipo de muestra :
Presentación : Ladrillo industrial con mortero modificado con 5% de diatomita
F'c de diseño : 175 kg/cm2

RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON + 5% D. M-1	22/02/2024	29/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	2.45 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-2	22/02/2024	29/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	2.02 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-3	22/02/2024	29/02/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	2.16 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-4	22/02/2024	29/02/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.79 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-5	22/02/2024	7/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.74 kg/cm2
PATRON + 6% D. M-6	22/02/2024	7/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.73 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-7	22/02/2024	7/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.89 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-8	22/02/2024	21/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.80 kg/cm2
PATRON + 5% D. M-9	22/02/2024	21/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.81 kg/cm2



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOMAX SAC.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOMAX SAC


Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

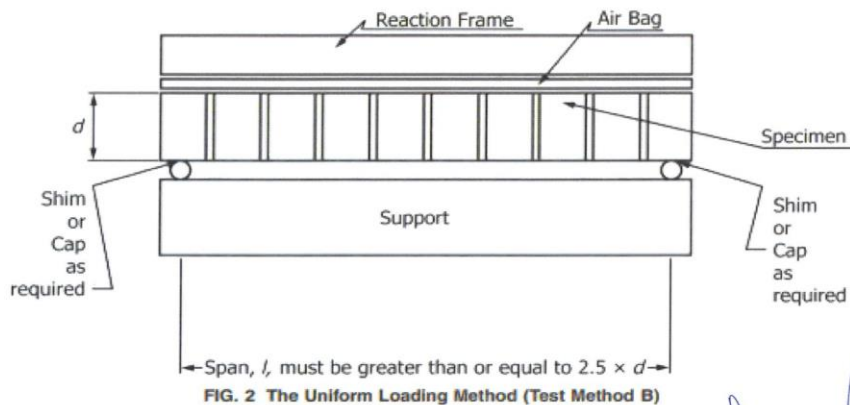
	FORMATO	Código	AE-FO-124
	ENSAYO DE RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMA ASTM E518-10	Versión	01
		Fecha	30-04-2022
		Página	1 de 4

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO. **REGISTRO N°:** IGM-FS-013-24-LABINGEOMAX
SOLICITANTE : BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS **REALIZADO POR** : H. Dueñas
CÓDIGO DE PROYECTO : IGM-FS-013-2024 **REVISADO POR** : M. Morote
UBICACIÓN DE PROYECTO : AYACUCHO **FECHA DE ENSAYO** : MARZO DE 2024
FECHA DE EMISIÓN : MARZO DE 2024

Tipo de muestra :
Presentación : Ladrillo industrial con mortero modificado con 5% de diatomita
Fc de diseño : 175 kg/cm²

RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA


IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON + 10% D. M-1	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.80 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-2	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.83 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-3	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	17	1.87 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-4	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.14 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-5	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.26 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-6	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.15 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-7	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.31 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-8	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.43 kg/cm ²
PATRON + 10% D. M-9	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.31 kg/cm ²




OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOMAX SAC.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOMAX SAC

DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 41E - Jesús Nazareno - Ayacucho, CEL: 999926400, RPM: 9999926400, EMAIL: ingeomax@hotmail.com, laboratorio.ingeomax@gmail.com


Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
 CIP. 132454
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

	FORMATO	Código	AE-FO-124
	ENSAYO DE RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMA ASTM E518-10	Versión	01
		Fecha	30-04-2022
		Página	1 de 4

PROYECTO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO. REGISTRO N°: IGM-F8-013-LABINGEOMAX

SOLICITANTE : BACH: LUIS ALDAIR LOPE RAMOS REALIZADO POR : H. Dueñas

CÓDIGO DE PROYECTO : IGM-FS-013-2024 REVISADO POR : M. Morote

UBICACIÓN DE PROYECTO : AYACUCHO FECHA DE ENSAYO : MARZO de 2024

FECHA DE EMISIÓN : MARZO DE 2024

Tipo de muestra :
Presentación : Ladrillo industrial con mortero modificado con 15% de diatomita
F'c de diseño : 175 kg/cm2

RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON + 15% D M-1	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.54 kg/cm2
PATRON + 15% D M-2	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.71 kg/cm2
PATRON + 15% D M-3	23/02/2024	1/03/2024	7 días	TERCIO CENTRAL	18	1.59 kg/cm2
PATRON + 15% D M-4	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	1.96 kg/cm2
PATRON + 15% D M-5	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	2.00 kg/cm2
PATRON + 15% D M-6	23/02/2024	8/03/2024	14 días	TERCIO CENTRAL	18	1.85 kg/cm2
PATRON + 15% D M-7	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	1.92 kg/cm2
PATRON + 15% D M-8	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.11 kg/cm2
PATRON + 15% D M-9	23/02/2024	22/03/2024	28 días	TERCIO CENTRAL	18	2.13 kg/cm2

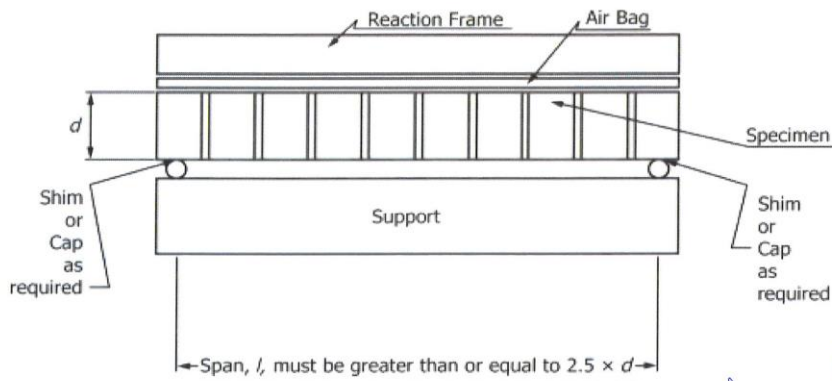



FIG. 2 The Uniform Loading Method (Test Method B)

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOMAX SAC.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOMAX SAC


Ing. Maxwell Anthony Morote Arias
CIP: 132454
Especialista en Geotecnia, Concreto y Pavimentos

	CONTROL DE CALIDAD		IGM-SGC-LAB-0200F10
	ENSAYO DE RESISTENCIA DE ADHERENCIA A FLEXION EN PRISMAS DE ALBAÑILERIA NORMA ASTM E518-10		Revisión: 0 Fecha: 7/05/2022

Proyecto : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICO DEL MORTERO DE CEMENTO ADICIONADO CON DIATOMITA EN DIFERENTES PORCENTAJES DEL 5%, 10% Y EL 15% CON RESPECTO DEL MORTERO DE CEMENTO NORMAL EN LA CIUDAD DE AYACUCHO.

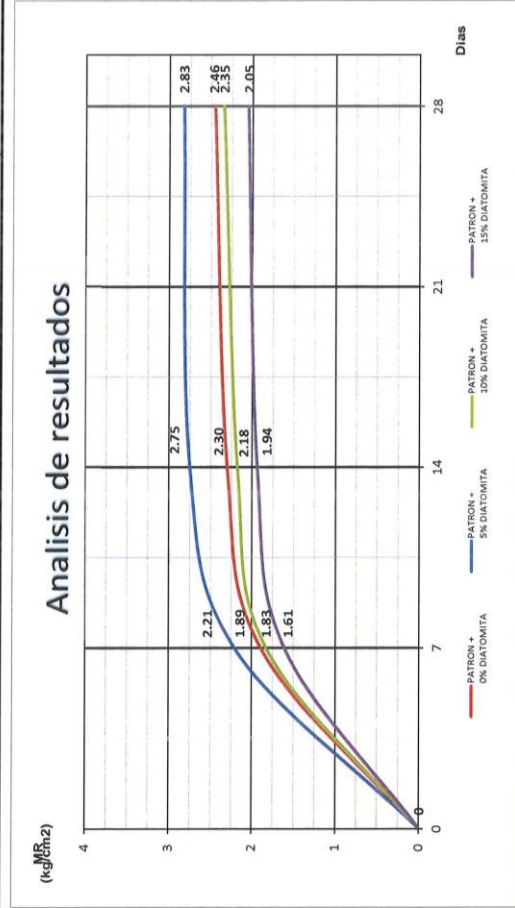
Solicitante BACH. LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

Muestra LADRILLO INDUSTRIAL CON MORTERO MODIFICADO CON DIATOMITA

Región AYACUCHO
 Provincia HUAMANGA
 Distrito AYACUCHO
 Lugar AYACUCHO

Fecha MARZO DE 2024

EDADES (DIAS)	PATRON + 0% DIATOMITA	PATRON + 5% DIATOMITA	PATRON + 10% DIATOMITA	PATRON + 15% DIATOMITA
7	1.89	2.21	1.83	1.61
14	2.30	2.75	2.18	1.94
28	2.46	2.83	2.35	2.05



DIRECCION: JR. CIRO ALEGRIA 416 - Jesus Nazareno - Ayacucho. CEL: 999526400. RPM: #999526400. EMAIL: ingeomax@hotmail.com. laboratorio.ingeomax@gmail.com


Ing. Maxwell Morote Arias
 INGENIERIA EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
 C.I.P. 132454

INFORME DE ENSAYO N° 1326 – 25 – LABICER

1. **DATOS DEL CLIENTE**
- 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C.
 1.2. D.N.I / R.U.C. : 20574742031
 1.3. DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 13 URB. JOSE ORTIZ VERGARA (1 CDRA ARRIBA DE MINISTERIO DE AGRICULTU) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
 1.4. PERSONA DE CONTACTO : ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA
 1.5. CORREO ELECTRÓNICO : angel.vilchez@unsch.edu.pe
2. **FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME** : 13 / 10 / 2025
3. **ENSAYO SOLICITADO** : ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS DE LA MUESTRA**
- 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ⁽¹⁾

MUESTRA/CÓDIGO LABORATORIO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	TIPO DE MUESTRA/MATRIZ	PROCEDENCIA	PRESENTACIÓN / CONDICIÓN
M1/ 1411-25	Concreto MP + 5% Diatomita	PRODUCTO QUÍMICO	--	01 unidad de aprox. 1Kg. en envase plástico

⁽¹⁾ Ver Nota 2 al final del documento.

- 4.2. OBSERVACIONES DEL CLIENTE : -
 4.3. OBSERVACIONES DEL LABORATORIO : -
5. **CONDICIONES DEL MUESTREO**
- 5.1. MUESTREO POR : *No aplica*
 5.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : *No aplica*
 5.3. PLAN DE MUESTREO : *No aplica*
 5.4. FECHA Y HORA DE MUESTREO : *No aplica*
 5.5. LUGAR / COORDENADAS DE MUESTREO : *No aplica*
 5.6. ESTACIÓN DE MUESTREO : *No aplica*
 5.7. FECHA Y HORA DE ENSAYO EN CAMPO : *No aplica*
 5.8. LUGAR DE ENSAYO EN CAMPO : *No aplica*
6. **CONDICIONES DE ENSAYO EN LABORATORIO**
- 6.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 30 / 09 / 2025
 6.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 30 / 09 / 2025 al 10 / 10 / 2025
 6.3. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ENSAYO : LABORATORIO LABICER-UNI
 Primer piso del Centro de Investigación de la Facultad de Ciencias. Pabellón R3-UNI.
 6.4. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.2 °C; Humedad relativa: 64 %
7. **MÉTODOS DE ENSAYO**

N°	PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾	TÍTULO / OBSERVACIONES (Si aplica)
1	Composición química	Difracción de rayos X (DRX)	Análisis semicuantitativo de fases cristalinas.

⁽¹⁾Método de ensayo de referencia, norma o técnica aceptada por el cliente.



8. RESULTADOS

MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO ⁽¹⁾	UNIDADES
M1	Óxido de silicio (Cuarzo), SiO ₂	22.75	%
	Carbonato de calcio (Calcita), CaCO ₃	21.98	%
	Hidróxido de calcio (Portlandita), Ca(OH) ₂	8.55	%
	Silicato de óxido de calcio (Hartrurita), Ca ₃ (SiO ₄)O	9.35	%
	Óxido de sodio, calcio, aluminio y silicio (Albita), Na _{0.98} Ca _{0.02} Al _{1.02} Si _{2.98} O ₈	30.93	%
	Hidróxido sulfato carbonato de calcio, aluminio y silicio hidratado (Ettringita), Ca ₆ Al _{1.68} Si _{0.32} (CO ₃) _{0.51} (SO ₄) _{2.81} (OH) ₁₂ (H ₂ O) _{24.4}	5.24	%
	Sulfato de calcio hidratado (Yeso), CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	1.19	%

⁽¹⁾ La identificación de las fases cristalinas es el resultado con mayor probabilidad (Score) brindado por el software HighScore Plus V4.9 de Malvern Panalytical utilizando la Base de datos PDF-5+2025. El análisis semicuantitativo se basa en uso del Método de Refinamiento Rietveld, considerando un balance de las fases cristalinas al 100%. Equipo: DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN. Ver difractograma en Anexo, Figura N°1.

9. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Analista Responsable:



Fabio Jurado
Analista
LABICER-UNI

Persona que autoriza el informe:



Firmado digitalmente por:
MAZA MEJIA ILY MARILU FIR
10509227 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 14/10/2025 16:58:04-0500

M. Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

- Si LABICER-UNI no realiza el muestreo, entonces no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra. Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1, 4.1. (a excepción del código del laboratorio y la presentación/condición) y 4.2 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.
- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.
- El uso indebido de este informe de ensayo constituye un delito sancionado conforme a la ley, por la autoridad competente.
- Cuando se reporte la incertidumbre del resultado asociado, este se reporta utilizando un factor de cobertura de k=2.0 al 95% de confianza.
- El laboratorio no da información sobre declaraciones de conformidad, opiniones, ni interpretaciones. El informe de ensayo emitido no es válido para procesos judiciales y/o penales.



ANEXO

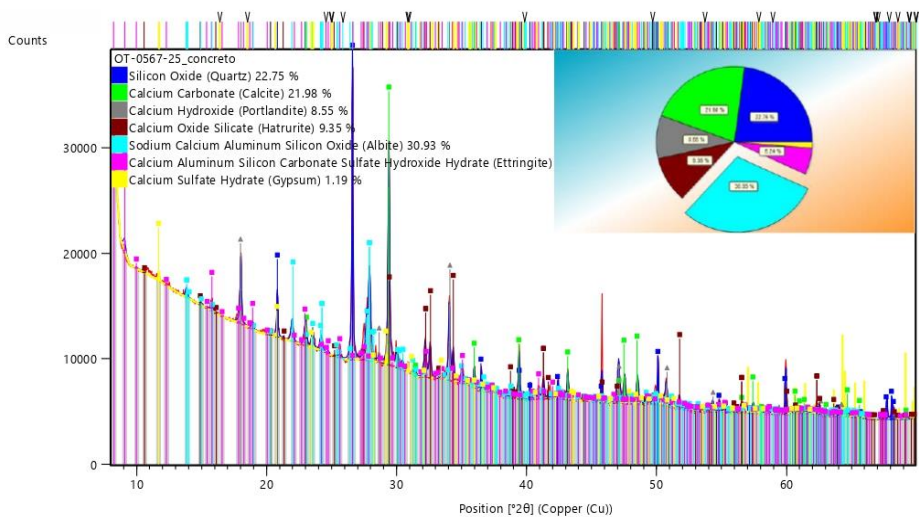


Figura Nº1. Difractograma de la muestra.

FIN DEL DOCUMENTO





INGEOMAX

S.A.C

INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO
ESPECIALISTAS EN SUELOS, CONCRETO Y
PAVIMENTOS

**CERTIFICADO
DE CALIBRACIÓN**

INGEOMAX

Ing. Maxwil Anthony Morote Arias
C.I.F. 132454
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura****T-29754-007 R0**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	HORNO ELÉCTRICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	PG-190	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	228	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Presenta	
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	40 °C a 200 °C	
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERÍA GEOTECNICA AL MÁXIMO S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	JR. CIRO ALEGRIA NRO.416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADO DE COMISARIA NAZARENAS)	
Ciudad <i>City</i>	Ayacucho - Huamanga	
Fecha de Calibración <i>Date of Calibration</i>	2023 - 08 - 15	
Fecha de Emisión <i>Date of Issue</i>	2023 - 09 - 07	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
 Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-214-01 R10.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado Comparación Directa
Resolución 0,1 °C
Volumen Útil 25,5 L (Alto: 0,34 m, Ancho:0,3 m, Profundo:0,25 m) Ver Figura 1.
Documento de Referencia DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 09/2018

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isoterma en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Método. A) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isoterma aire sin carga.

Tabla 1.

Resultados de la medición de temperatura en posición de referencia

Set Point ¹ °C	Indicación Promedio del Patrón °C	Indicación Promedio del IBC °C	Corrección a la Indicación °C	Incertidumbre Expandida U °C	k p=95,45 %
110,0	109,49	110,00	-0,5	4,9	2,01



Figura 1. Posición de cada sensor.

Tabla 2.

Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 110 °C

Set Point ¹ °C	Uniformidad ³ °C	Estabilidad ² °C	Efecto de Radiación ⁴ °C	Efecto de Carga ⁵ °C
110,0	4,185	0,196	0,492	No Aplica

Tabla 3.

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 110 °C

Posición de Referencia °C	Posición 1 °C	Posición 2 °C	Posición 3 °C	Posición 4 °C	Posición 5 °C	Posición 6 °C	Posición 7 °C	Posición 8 °C
109,49	111,50	107,53	106,86	109,35	113,68	107,59	108,24	112,80

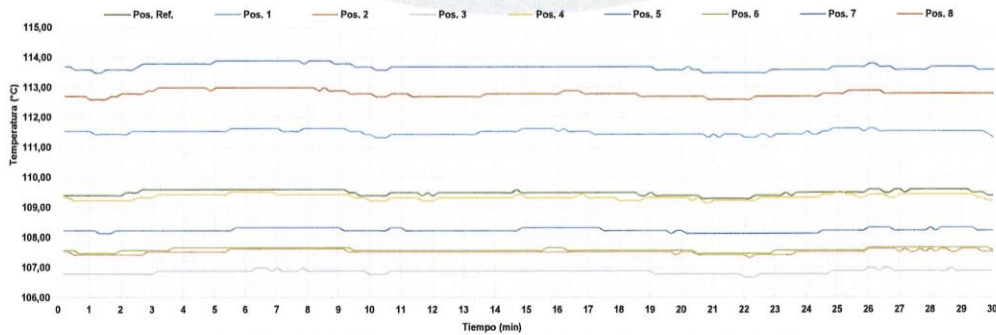


Figura 2. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

LM-PC-21-F-01 R10.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

T-29754-007 R0

Page / Pág 3 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

Definiciones

- ¹ Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- ² Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor o igual a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- ³ Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia.
- ⁴ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde al intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire medida con un termómetro que está protegido contra la influencia con un escudo.
- ⁵ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde a la máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Esta prueba se ejecuta según acuerdo previo con el cliente.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue SUELOS 1 ; INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C. ; AYACUCHO - HUAMANGA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Ambiente Máxima	23,0 °C	Humedad Relativa Máxima	58 %HR
Temperatura Ambiente Mínima	21,0 °C	Humedad Relativa Mínima	55 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Modelo	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Termómetro Digital Multicanal (Termopares)	LUTRON	BTM-4208SD	T-26701-002 R0 de Pinzuar	2022-08-26

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y ubicación son acordados y aceptados por el cliente.
3. El volumen útil o zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-29754-007

Fin del Documento

LM-PC-21-F-01 R10.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
 11-LAC-004

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-29754-003 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	R31P30
Número de Serie <i>Serial Number</i>	8335460267
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO PRESENTA
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	30000 g
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERÍA GEOTECNICA AL MÁXIMO S.A.C
Dirección <i>Address</i>	JR CIRO ALEGRÍA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADO DE COMISARIA NAZARENAS)
Ciudad <i>City</i>	AYACUCHO HUAMANGA
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2023 - 08 - 15
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023 - 08 - 23

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

04

Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


Tecg. Francisco Durán Romero
 Metrologo Laboratorio de Metrología


Tecg. Jaiver Arnulfo López
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R 7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
 TI-LAC-004

M-29754-003 RO

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	8335460267
Identificación Interna	NO PRESENTA
Resolución	1 g
Intervalo Calibrado	5 g a 30000 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

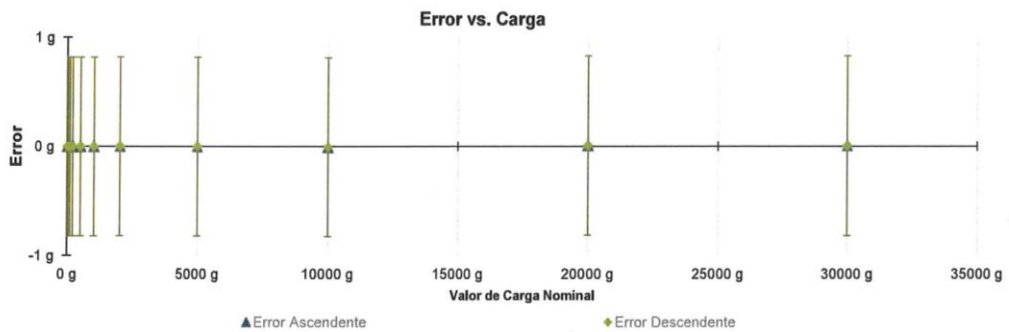
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
 Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ p=95,45%
5,00	5	5	0,00	0,00	0,82	2,01
50,00	50	50	0,00	0,00	0,82	2,01
100,00	100	100	0,00	0,00	0,82	2,01
200,00	200	200	0,00	0,00	0,82	2,01
500,00	500	500	0,00	0,00	0,82	2,01
1 000,00	1 000	1 000	0,00	0,00	0,82	2,01
2 000,00	2 000	2 000	0,00	0,00	0,82	2,01
5 000,00	5 000	5 000	0,00	0,00	0,82	2,01
10 000,01	10 000	10 000	-0,01	-0,01	0,82	2,01
19 999,99	20 000	20 000	0,01	0,01	0,82	2,01
29 999,99	30 000	30 000	0,01	0,01	0,82	2,01



¹ Factor de cobertura
 LM-PC-24-F-01 R7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 10000 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
----	g	g
1	10 000	-----
2	10 000	0
3	10 000	0
4	10 000	0
5	10 000	0
Diferencia máxima respecto al centro		0

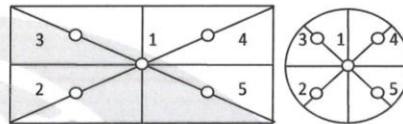


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	15000 g	30000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	15 000	30 000
2	15 000	30 000
3	15 000	30 000
4	15 000	30 000
5	15 000	30 000
6	15 000	30 000
7	15 000	30 000
8	15 000	30 000
9	15 000	30 000
10	15 000	30 000
Desviación Estándar	0,00 g	0,00 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue ÁREA CONCRETO, INGENIERÍA GEOTECNICA AL MÁXIMO S.A.C.; AYACUCHO HUAMANGA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,0 °C	Temperatura Mínima:	20,5 °C
Humedad Máxima:	56 % HR	Humedad Mínima:	54 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1002,0 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1001,0 hPa

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA ISO/IEC 17025:2017 11-LAC-004

M-29754-003 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 2,10 \text{ E-}07 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 \text{ E-}01 + 5,50 \text{ E-}11 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-28610-002 Pinzuar	2023-03-17
		CAP-288-23 WR Laboratorios	2023-03-17
		M-27455-001 Pinzuar	2022-10-11
		CAP-1070-22 WR Laboratorios	2022-09-22

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal
- Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
- Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
- Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-29754-003**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
 IT-LAC-004

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**M-29754-001 R0**

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	SCOUT PRO 602
Número de Serie <i>Serial Number</i>	B321364212
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	EQ-BL-01
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	600 g
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERÍA GEOTECNICA AL MÁXIMO S.A.C
Dirección <i>Address</i>	JR CIRO ALEGRÍA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADO DE COMISARIA NAZARENAS)
Ciudad <i>City</i>	AYACUCHO HUAMANGA
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2023 - 08 - 15
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023 - 08 - 23

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

04

Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate


 Tccg. Francisco Durán Romero
 Metrólogo Laboratorio de Metrología


 Tccg. Jaiver Arnulfo López
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R 7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
 11-LAC-004

M-29754-001 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	B321364212
Identificación Interna	EQ-BL-01
Resolución	0,01 g
Intervalo Calibrado	1 g a 600 g
Documento de Referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
 Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ± g	k ¹ p=95,45%
1,000 0	1,00	1,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
5,000 1	5,00	5,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 2	2,01
10,000 0	10,00	10,00	0,000 0	0,000 0	0,008 2	2,01
20,000 1	20,00	20,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 2	2,01
50,000 1	50,00	50,00	- 0,000 1	- 0,000 1	0,008 3	2,01
99,999 9	100,00	100,00	0,000 1	0,000 1	0,008 7	2,01
200,000	200,00	200,00	0,000	0,000	0,010	2,00
300,000	300,00	300,00	0,000	0,000	0,012	2,00
400,000	400,00	400,00	0,000	0,000	0,014	2,01
500,000	500,00	500,00	0,000	0,000	0,017	2,01
600,000	600,00	600,00	0,000	0,000	0,019	2,01

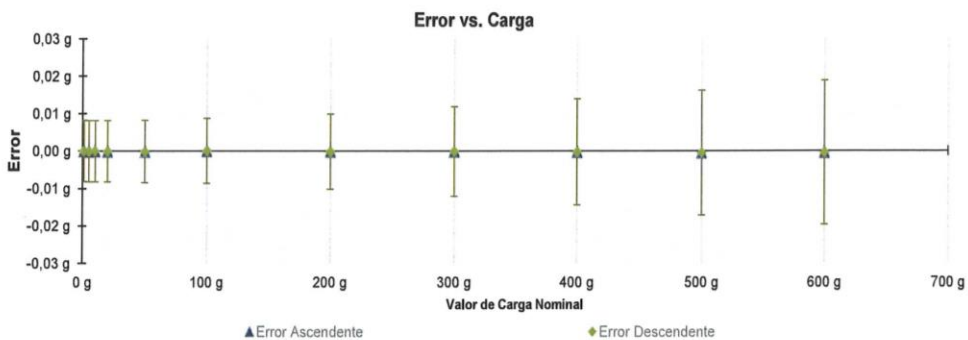


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

¹ Factor de cobertura
 LM-PC-24-F-01 R7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
 11-LAC-004

M-29754-001 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
 Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 200 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
---	g	g
1	200,00	-----
2	200,01	0,01
3	200,01	0,01
4	200,01	0,01
5	200,01	0,01
Diferencia máxima respecto al centro		0,01

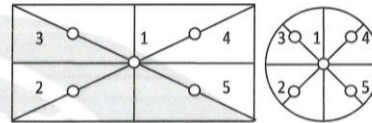


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
 Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	300 g	600 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	300,00	600,00
2	300,00	600,00
3	300,00	600,00
4	300,00	600,00
5	300,00	600,00
6	300,00	600,00
7	300,00	600,00
8	300,00	600,00
9	300,00	600,00
10	300,00	600,00
Desviación Estándar	0,000 0 g	0,000 0 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue SUELOS 1, INEGERNIERÍA GEOTECNICA AL MÁXIMO S.A.C.; AYACUCHO HUAMANGA. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,0 °C	Temperatura Mínima:	20,5 °C
Humedad Máxima:	56 % HR	Humedad Mínima:	54 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1002,0 hPa	Presión Barométrica Mínima:	1001,0 hPa

LM-PC-24-F-01 R7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

M-29754-001 R0

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura R , y también obtener su incertidumbre expandida U_R .

La ecuación para la corrección de la lectura, donde R es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -5,81 E-07 \cdot R$$

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$$u^2(W) = 1,67 E-05 + 8,86 E-10 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$$U_R = k \cdot u(W)$$

Se puede tomar el valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95% y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-28610-002 Pinzuar	2023-03-17
		CAP-288-23 WR Laboratorios	2023-03-17

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-29754-001**

Fin del Certificado

LM-PC-24-F-01 R7.12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud****L-29566-001 R0**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	PIE DE REY
Fabricante <i>Manufacturer</i>	INSIZE
Modelo <i>Model</i>	1108-300W
Número de Serie <i>Serial Number</i>	2408221673
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	EQ-50-LIGM
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	0 mm a 300 mm
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	JR. CIRO ALEGRIA NRO. 416 SEC. LAS NAZARENAS (AL COSTADO DE COMISARIA NAZARENAS) AYACUCHO - HUAMANGA - JESUS NAZARENO
Ciudad <i>City</i>	AYACUCHO - HUAMANGA
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2023 - 07 - 14
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023 - 07 - 24

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

03

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado*Signatures Authorizing the Certificate*


Tc. Jaiver Arnulfo López
 Metrólogo Laboratorio de Metrología


Tc. Francisco Adelfo Durán
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-23-F-01 R9.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

DATOS TÉCNICOS

Tipo de Medición	Exteriores, Interiores y Profundidad
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	Procedimiento DI-008 para la calibración de pies de rey del Centro de Metrología Español, edición digital 1
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,01 mm

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores

Valor Nominal mm	Promedio mm	Error µm	Incertidumbre Expandida µm	k (p=95,45%)
30	30,003	3	11	2,00
60	60,020	20	11	2,00
90	90,010	10	11	2,00
120	120,007	7	11	2,00
150	150,017	17	11	2,00
180	180,010	10	11	2,00
210	210,010	10	13	2,00
240	240,023	23	13	2,00
270	270,027	27	13	2,00
300	300,023	23	13	2,00

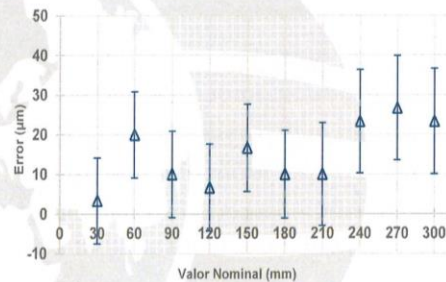


Figura 1. Error vs. valor nominal para la medición de exteriores

Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores

Valor Nominal mm	Promedio mm	Error µm	Incertidumbre Expandida ± µm	k (p=95,45%)
200	200,000	0	10	2,00
300	300,003	3	13	2,00

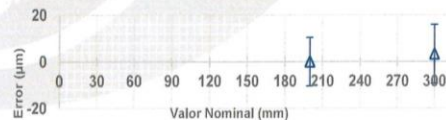


Figura 2. Error vs. valor nominal para la medición de interiores.

Tabla 3. Resultados para Medición de Profundidad

Valor Nominal mm	Promedio mm	Error µm	Incertidumbre Expandida ± µm	k (p=95,45%)
200	200,007	6,7	6,4	2,01
300	300,007	6,7	7,1	2,01

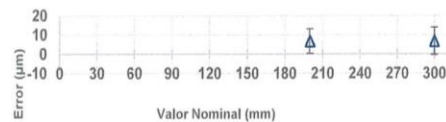


Figura 3. Error vs. valor nominal para la medición de profundidad

LM-PC-23-F-01 R9.1

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

L-29566-001 R0

Page / Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	20,2 °C	Humedad Máxima:	54 %
Temperatura Mínima:	20,0 °C	Humedad Mínima:	52 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión que se mencionan a continuación, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de calibración
Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas	MITUTOYO	LMD223515 de Cidesi	2022-11-29
Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas	KCP	224114 de C.I.E.	2022-11-09

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Tanto el intervalo como los valores de longitud para la ejecución de la calibración reportados en el presente certificado fueron acordados con el cliente.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-29566-001

Fin de Certificado

LM-PC-23-F-01 R3.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**F-28531-002 R0**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

Page / Pág. 1 de 6

Equipo
Instrument MÁQUINA DOBLE RANGO PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

Fabricante
Manufacturer PINZUAR

Modelo
Model PC-42-D

Número de Serie
Serial Number 286

Identificación Interna
Internal Identification No presenta

Capacidad Máxima
Maximum Capacity 1000 kN

Solicitante
Customer INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.

Dirección
Address JR. CIRO ALEGRIA N° 416 - AYACUCHO

Ciudad
City Ayacucho - Perú

Fecha de Calibración
Date of calibration 2023 - 03 - 07

Fecha de Emisión
Date of issue 2023 - 03 - 10

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 06
Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda
Métrologo Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda
Métrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



F-28531-002 R0

Pág. 2 de 6

DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración	
Clase	1,0
Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
División de Escala	0,1 kN
Resolución	0,1 kN
Intervalo de Medición Calibrado	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.
Límite Inferior de la Escala	20 kN

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: El equipo requiere ajuste de la indicación

Tabla 1.
Indicaciones como se recibe la máquina antes de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón					Errores Relativos	
	S ₁	S ₂	S ₃	Promedio	Indicación	Repetibilidad	
	Ascendente	Ascendente	Ascendente	S _{1, 2 y 3}	q	b	
%	kN	kN	kN	kN	%	%	
20	200,0	203,16	204,41	203,50	203,69	-1,81	0,60
40	400,0	406,35	408,25	407,40	407,33	-1,80	0,46
60	600,0	608,25	610,07	608,15	608,82	-1,45	0,31
80	800,0	809,15	810,20	811,25	810,20	-1,26	0,26
100	1 000,0	1 012,3	1 013,1	1 012,3	1 012,6	-1,24	0,09

Tabla 2.
Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					
	S ₁	S ₂	S ₂ '	S ₃	S ₄	Promedio
	Ascendente	Ascendente	No Aplica	Ascendente	No Aplica	S _{1, 2 y 3}
%	kN	kN	---	kN	---	kN
20	200,0	200,75	---	200,98	---	200,69
40	400,0	401,08	---	401,22	---	401,10
60	600,0	600,78	---	600,95	---	600,94
80	800,0	799,53	---	800,30	---	800,19
100	1 000,0	1 002,8	---	1 002,8	---	1 002,9

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

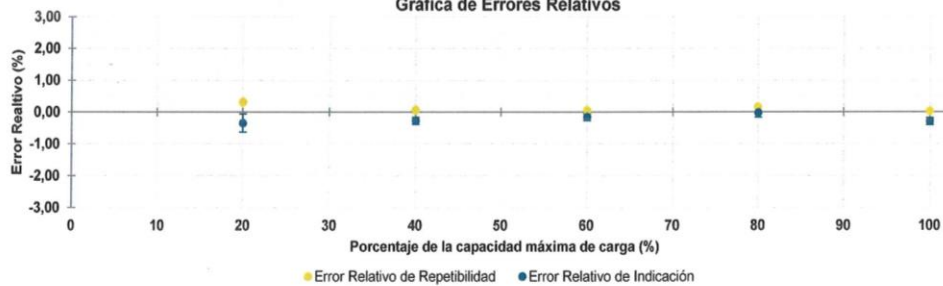
$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,010	0,020	----	0,010	----

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$ -----
%	kN	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	a	U		
		q	b	v		kN	%	
20	200,0	-0,35	0,31	----	0,050	0,56	0,28	2,65
40	400,0	-0,27	0,06	----	0,025	0,44	0,11	2,03
60	600,0	-0,16	0,05	----	0,017	0,66	0,11	2,03
80	800,0	-0,02	0,15	----	0,013	1,1	0,14	2,52
100	1 000,0	-0,29	0,03	----	0,010	1,1	0,11	2,02

Gráfica de Errores Relativos



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue **ÁREA DE CONCRETO** de la empresa **INGENIERIA GEOTECNICA AL MAXIMO S.A.C.** ubicada en **AYACUCHO**. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	25,2 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	24,6 °C
Humedad Relativa Máxima:	45 % HR	Humedad Relativa Mínima:	40 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.6

F-28531-002 R0

Pág. 4 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R², el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	—	R ²
-3,48160 E00	1,03248 E00	-6,77670 E-05	4,15937 E-08	0,00000 E00	1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 6.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0
200,0	200,64	210,74	220,83	230,91	240,99
250,0	251,05	261,11	271,17	281,21	291,25
300,0	301,29	311,31	321,34	331,35	341,36
350,0	351,37	361,37	371,37	381,36	391,35
400,0	401,33	411,31	421,29	431,26	441,23
450,0	451,20	461,17	471,13	481,10	491,06
500,0	501,02	510,97	520,93	530,89	540,85
550,0	550,80	560,76	570,72	580,68	590,63
600,0	600,59	610,56	620,52	630,48	640,45
650,0	650,42	660,39	670,37	680,35	690,33
700,0	700,32	710,30	720,30	730,30	740,30
750,0	750,31	760,32	770,34	780,36	790,39
800,0	800,43	810,47	820,52	830,57	840,64
850,0	850,71	860,79	870,87	880,97	891,07
900,0	901,18	911,30	921,43	931,57	941,72
950,0	951,88	962,04	972,22	982,41	992,61
1 000,0	1 002,8				

Tabla 7.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,0	200,69	200,64	- 0,1
400,0	401,10	401,33	0,2
600,0	600,94	600,59	- 0,3
800,0	800,19	800,43	0,2
1 000,0	1 002,9	1 002,8	- 0,1

LM-PC-05-F-01 R12.6

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

F-28531-002 RO

Pág. 6 de 6

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2,649$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.


Instrumento Patrón

Instrumento	Transductor de Fuerza de 1 MN.
Modelo	KAL-1MN.
Clase	1,0.
Número de Serie	017401.
Certificado de Calibración	5516 del INM.
Próxima Calibración	2023-12-09.

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-28531-002

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 037-2025-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL No 284-2025-FIMGC-D**, a los **doce días del mes de septiembre de 2025**, siendo las **10:00 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería civil**, bajo la presidencia del **Ing. Angel Hugo VILCHEZ PEÑA**, y los miembros: **Ing. Moisés Nico BARBARAN ORIUNDO**, **Ing. Víctor BELLIDO AEDO** y **Ing. Edward LEON PALACIOS**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, del bachiller:

LUIS ALDAIR LOPE RAMOS

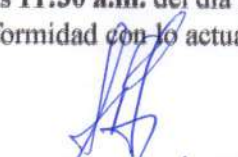
Quien presentó la tesis denominada:

Estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al mortero de cemento normal, Ayacucho-2024

Los señores miembros del jurado, luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

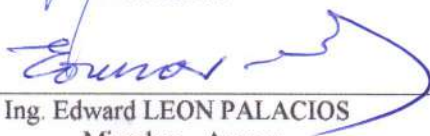
Aprobado con dieciséis (16)

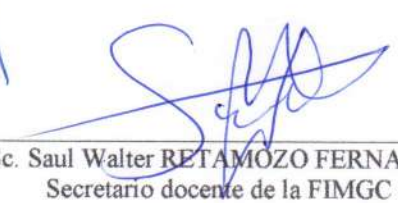
Siendo las **11:30 a.m.** del día **12 de septiembre de 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad con lo actuado, los miembros del jurado firman al pie del presente.


Ing. Angel Hugo VILCHEZ PEÑA
Presidente


Ing. Moisés Nico BARBARAN ORIUNDO
Miembro


Ing. Víctor BELLIDO AEDO
Miembro


Ing. Edward LEON PALACIOS
Miembro - Asesor


MSc. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 023-2025-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : Luis Aldair LOPE RAMOS
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al mortero de cemento normal, Ayacucho-2024
Evaluación de la Originalidad : 12 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2810075050

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 10 de noviembre del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Estudio de las propiedades
físico-mecánicas del mortero
de cemento adicionado con
diatomita en diferentes
porcentajes con respecto al
mortero de cemento normal,
Ayacucho-2024

por Luis Aldair LOPE RAMOS

Fecha de entrega: 10-nov-2025 01:23p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2810075050

Nombre del archivo: Te_Luis_Aldair_Lope_Ramos.pdf (7.9M)

Total de palabras: 25447

Total de caracteres: 142618

Estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al mortero de cemento normal, Ayacucho-2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	14%	5%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
5	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%

8	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	1library.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
16	Cubillos Bernal, Fabian Camilo. "Estudio de morteros adicionados con dióxido de titanio frente al ataque de sulfatos", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia), 2024 Publicación	<1 %

17 Submitted to Higher Education Commission Pakistan <1 %
Trabajo del estudiante

18 P. Shafigh, I. Asadi, A. R. Akhiani, N. B. Mahyuddin, M. Hashemi. "Thermal properties of cement mortar with different mix proportions", Materiales de Construcción, 2020 <1 %
Publicación

19 www.docstoc.com <1 %
Fuente de Internet

20 upc.aws.openrepository.com <1 %
Fuente de Internet

21 repositorio.uandina.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo