

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos
silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022**

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

Autores:

Bach. Barrantes Pinedo, Marco Junior

Bach. Llatas Diaz, Juan Marlon

ASESORA:

Dra. Ing. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío

DNI N° 33264434

Código ORCID: 0000-0003-3336-4786

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos
silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022**
**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores:

Bachiller Barrantes Pinedo, Marco Junior

Bachiller Llatas Diaz, Juan Marlon

Revisado y aprobado por:

Dra. Ing. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Asesora
DNI N° 33264434
Código ORCID: 0000-0003-3336-4786

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos
silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022**
**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores:

Bachiller Barrantes Pinedo, Marco Junior

Bachiller Llatas Diaz, Juan Marlon

Revisado y aprobado por:

Ing. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Presidente
DNI: 26673663
Cód. ORCID: 0000-0008-3500-2378

Ing. Atilio Rubén López Carranza
Secretario
DNI: 32965940
Cód. ORCID: 0000-0002-6331-4786

Ing. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Integrante
DNI: 322264434
Cód. ORCID: 0000-0003-3336-4786



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 27 días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 12:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 536-2025-UNS-CFI, con fecha 26.09.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 847-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA USANDO LADRILLOS SÍLICO CALCÁREOS PARA OPTIMIZAR LA CONSTRUCCIÓN EN NUEVO CHIMBOTE 2022", presentado por los Bachilleres BARRANTES PINEDO MARCO JUNIOR con cód. N° 0201213009 y LLATAS DÍAZ JUAN MARLON con cód. N° 0201213051, quienes fueron asesorados por la docente Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 009-2022-UNS-FI, de fecha 07.01.2022.

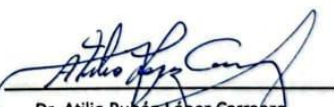
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
BARRANTES PINEDO MARCO JUNIOR	17	BUENO

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 27 de noviembre de 2025.


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Rectorado: Av. Pacífico N° 508 - Urb. Buenos Aires
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n - Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote - Ancash - Perú

www.uns.edu.pe



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 27 días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las 12:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 536-2025-UNS-CFI, con fecha 26.09.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 847-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA USANDO LADRILLOS SÍLICO CALCÁREOS PARA OPTIMIZAR LA CONSTRUCCIÓN EN NUEVO CHIMBOTE 2022", presentado por los Bachilleres BARRANTES PINEDO MARCO JUNIOR con cód. N° 0201213009 y LLATAS DÍAZ JUAN MARLON con cód. N° 0201213051, quienes fueron asesorados por la docente Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 009-2022-UNS-FI, de fecha 07.01.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
LLATAS DÍAZ JUAN MARLON	17	BUENO

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 27 de noviembre de 2025.


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Rectorado: Av. Pacífico N° 608 - Urb. Buenos Aires
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n - Urb. Bellamar
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote - Ancash - Perú

www.uns.edu.pe



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Juan Marlon Llatas Diaz
Título del ejercicio:	proyectos
Título de la entrega:	Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usa...
Nombre del archivo:	Tesis_Ing._Civil_-_Llatas_Barrantes.docx
Tamaño del archivo:	52.44M
Total páginas:	179
Total de palabras:	22,883
Total de caracteres:	128,480
Fecha de entrega:	28-nov-2025 11:29a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2745251927

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 **UNS**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos
silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote - 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

Autores:
Bachiller Barrantes Pinedo, Marco Junior
Bachiller Llatas Diaz, Juan Marlon

ASESORA:
Dra. Ing. Jenisse del Rocio Fernández Mamilla
DNI N° 33264434
Código ORCID: 0000-0003-3336-4786
NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2025

Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería
usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción
- Nuevo Chimbote – 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
2	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	2%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.upn.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	87832b50-43fa-4993-b88a-c840360f1e85.filesusr.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.continental.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	21155268.fs1.hubspotusercontent-na1.net	<1%
	Fuente de Internet	
9	tesis.usat.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	Submitted to Heriot-Watt University	<1%
	Trabajo del estudiante	
11	Submitted to Universidad Privada del Norte	<1%
	Trabajo del estudiante	
12	accedacris.ulpgc.es	

DEDICATORIA

El trabajo actual se dedica a Dios. Como guía
en mi vida, Dios ha demostrado en mi vida,
bendiciones y al darme el poder de continuar
con mi objetivo sin flaquear.

Gracias a mis padres por su amor, trabajo y
sacrificio a lo largo de los años, gracias a
ustedes pude estar aquí y ser quien soy ahora.
Es un orgullo y honor ser su hijo, son los
mejores padres.

Gracias a mis hermanos, por estar presentes en
esta etapa de mi vida, por brindarme su apoyo
espiritual.

A mi compañera de vida, por su apoyo
incondicional en este arduo camino, por
compartir conmigo momentos de alegrías,
fracasos y demostrarme que siempre podré
contar con ella.

Bachiller Barrantes Pinedo, Marco Junior

DEDICATORIA

A Dios, por darme la posibilidad de vivir y
guiarme en este largo camino lleno de retos, por
darme fuerzas para continuar durante
momentos de debilidad, fortaleciendo mi
corazón e iluminando mi mente.

A mis padres, por darme la vida, por el apoyo
constante que me brindaron en cada momento de
mi vida, por los valores inculcados, sus consejos,
la confianza, por hacer de mi un ser de bien, pero
más que nada, por su gran amor. Con admiración
y respeto.

A mis abuelos, por estar conmigo y apoyarme
siempre, además de ser la motivación para cada
día ser mejor persona.

A mi hermana, por su apoyo incondicional en
este arduo camino, por compartir conmigo
momentos de alegrías, fracasos y demostrarme
que siempre podré contar con ella.

Bachiller Llatas Diaz, Juan Marlon

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios,
quien nos llena siempre con su bendición, nos
acompaña y guía en el transcurso de nuestras
vidas, brindándonos sabiduría y paciencia para
culminar con éxito nuestras metas propuestas.

Gracias a nuestros padres y hermanas, y a
quienes participaron en este trabajo, nos han
brindado el apoyo suficiente para que no
fallemos en todas las situaciones
aparentemente complicadas e imposibles.

Gracias a nuestra Asesora por su asesoramiento
y apoyo, pudimos completar este trabajo.
Gracias a los ingenieros de la Facultad de
Ingeniería Civil, que con su guía nos inspiraron
a convertirnos en talentos y profesionales de la
Universidad Nacional Santa con su
conocimiento, sabiduría y apoyo.

Los autores

Índice general

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Descripción del problema	13
1.2. Formulación del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Formulación de la hipótesis	17
1.5. Justificación e Importancia	17
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación	23

2.2.	Marco Conceptual	33
2.2.1.	Ladrillo silico calcáreo.....	33
2.2.2.	Muro de albañilería	35
CAPITULO III: METODOLOGÍA		38
3.1.	Enfoque de la de investigación	39
3.2.	Método de la de investigación	40
3.3.	Diseño de investigación	41
3.4.	Población y muestra.....	42
3.5.	Operacionalización de Variables	44
3.5.1.	Variable independiente: Ladrillo silico calcáreo	44
3.5.2.	Variable dependiente: Muro de albañilería.....	44
3.6.	Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	45
3.6.1.	Técnica.....	45
3.6.2.	Instrumento	45
3.7.	Técnica de análisis de datos	47
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
4.1.	Propiedades físicas y mecánicas de unidades de arcillas producidas artesanalmente por 3 fabricantes en la ciudad de Nuevo Chimbote.	51
4.2.	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	57

4.3.	Propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	64
4.4.	Costo y calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	67
4.5.	Comprobación de la hipótesis	70
4.6.	Discusión.....	77
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		85
5.1.	Conclusiones	86
5.2.	Recomendaciones	89
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		91
CAPÍTULO VII: ANEXOS		97
Anexo 01- Matriz de operacionalización de variables		98
Anexo 02- Matriz de consistencia		99
Anexo 03- Ficha técnica de arena sílice		100
Anexo 04- Ensayos realizados a los ladrillos de arcilla		101
Anexo 05- Ensayos realizados a los ladrillos silico calcáreos		110
Anexo 06- Ensayos realizados al muro con ladrillos de arcilla		119
Anexo 07- Ensayos realizados al muro con ladrillos silico calcáreos.....		121
Anexo 08- Costo del muro de albañilería con ladrillo silico calcáreo		123
Anexo 09- Costo del muro de albañilería con ladrillo de arcilla		125
Anexo 10- Certificados de calibración de equipos.....		126

Anexo 11- Reporte SPSS	149
Anexo 12- Panel fotográfico	170
Anexo 13- Validación de instrumentos de investigacion	175

Índice de tablas

Tabla 1. Muestra de la investigacion	43
Tabla 2. Propiedades de las unidades de albañilería de las ladrilleras evaluadas.....	51
Tabla 3. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Vaper	53
Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Jaimito	54
Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Lopez	56
Tabla 6. Propiedades de las unidades silico calcáreas evaluadas	57
Tabla 7. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:3.....	59
Tabla 8. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:4.....	61
Tabla 9. Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:5.....	63
Tabla 10. Comparación de la calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silicos calcáreos y ladrillos de arcilla artesanales con la Norma E.070	67
Tabla 11. Indicadores técnicos -económicos	69
Tabla 12. Prueba de normalidad de la Resistencia de pilas de albañilería	71
Tabla 13. Análisis ANOVA de la Resistencia de pilas de albañilería	72
Tabla 14. Prueba de normalidad de la Resistencia diagonal de muretes	73
Tabla 15. Análisis ANOVA de la Resistencia diagonal de muretes.....	74

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del diseño de investigación – Cuasi experimental	42
Figura 2. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Vaper..	52
Figura 3. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Jaimito	53
Figura 4. Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Lopez .	55
Figura 5. Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:3.....	58
Figura 6. Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:4.....	60
Figura 7. Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:5.....	62
Figura 8. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería – ladrillera Lopez	64
Figura 9. Resistencia a la compresión diagonal de muretes– ladrillera Lopez	65
Figura 10. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería – Ladrillo silico calcáreo Dosificación 1: 4	65
Figura 11. Resistencia a la compresión diagonal de muretes– Ladrillo silico calcáreo Dosificación 1: 4	66
Figura 12. Comparación de costos de un m ² de muro con ladrillo silico calcáreo y ladrillo convencional	68

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar técnica y económicamente un muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción en Nuevo Chimbote en 2022. Se trató de un estudio aplicado, de nivel explicativo, con diseño cuasiexperimental y enfoque cuantitativo, que permitió comparar muros contruidos con ladrillos de arcilla y silico calcáreos mediante ensayos experimentales, análisis estadístico y económico. muestra de la investigación estuvo conformada por un total de 446 especímenes. Los resultados evidenciaron que los ladrillos de arcilla incumplieron la Norma Técnica E.070 al presentar variación dimensional, alabeo, alta absorción y baja resistencia, lo que reflejó deficiencia técnica. En cambio, los ladrillos silico calcáreos cumplieron con la normativa, mostraron menor variación dimensional y absorción, y alcanzaron resistencias superiores. Los muros contruidos con estos ladrillos silico calcáreos superaron significativamente a los de arcilla en prismas y muretes, cumpliendo con los requisitos normativos. El análisis económico mostró que, pese a un costo 9.84 % mayor, los ladrillos silico calcáreos reducen en más del 60 % el costo por unidad de resistencia y aumentan la eficiencia estructural hasta en 183.6 %, resultando más competitivos y rentables. En conclusión, los muros con ladrillos silico calcáreos cumplieron con los requisitos técnicos y económicos, ofreciendo mayor resistencia, menor absorción, mejor uniformidad y un costo más eficiente. De este modo, aseguran calidad, durabilidad y optimización de la construcción.

Palabras clave: Muro, ladrillos, silico, calcáreo.

ABSTRACT

The objective of this research was to technically and economically evaluate a masonry wall with silica-lime bricks to optimize construction in Nuevo Chimbote in 2022. This was an applied, explanatory study with a quasi-experimental design and a quantitative approach, which allowed comparing walls built with clay and silica-lime bricks through experimental tests and statistical and economic analysis. The research sample consisted of a total of 446 specimens. The results showed that the clay bricks failed to comply with Technical Standard E.070 by presenting dimensional variation, warping, high absorption, and low strength, reflecting technical deficiencies. In contrast, the silica-lime bricks complied with the regulations, showed less dimensional variation and absorption, and achieved higher strengths. The walls built with these silica-lime bricks significantly outperformed the clay bricks in prisms and low walls, meeting the regulatory requirements. The economic analysis showed that, despite a 9.84% higher cost, sand-lime bricks reduce the cost per unit of strength by more than 60% and increase structural efficiency by up to 183.6%, making them more competitive and cost-effective. In conclusion, walls made with sand-lime bricks met the technical and economic requirements, offering greater strength, lower absorption, better uniformity, and a more efficient cost. Thus, they ensure quality, durability, and construction optimization.

Keywords: Wall, bricks, silico, calcareous.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

A nivel internacional, la problemática asociada al uso de materiales tradicionales en la construcción de muros de albañilería ha sido ampliamente documentada, pues en China los muros edificados con agregados reciclados de ladrillo evidencian limitaciones como baja densidad, elevada absorción de agua y resistencia insuficiente, de modo que su desempeño estructural se ve comprometido además de dificultar su utilización masiva en edificaciones sostenibles (Ziming et al., 2022); en cambio, en Ecuador se ha señalado que los muros contruidos con ladrillos artesanales presentan alta porosidad y escasa capacidad resistente, lo cual ocasiona deficiencias en la durabilidad y conservación de las edificaciones y confirma la persistencia de una dificultad técnica relevante en distintos contextos internacionales (Aguirre et al., 2023).

Por otro lado, la preocupación global se acentúa al considerar que la industria de la construcción consume cerca del 40 % de la energía mundial y genera aproximadamente el 10 % de las emisiones de CO₂ (Fuchs et al., 2023), de modo que se refleja el impacto ambiental negativo de los materiales convencionales, especialmente cuando son empleados en la edificación de muros de albañilería (Da Costa et al., 2023); además, investigaciones en Argelia han señalado que los muros contruidos con ladrillos fabricados mediante métodos tradicionales presentan elevadas tasas de absorción de agua y deficiencias mecánicas, lo que repercute directamente en la calidad estructural y la durabilidad de las edificaciones en diversas regiones (Youcef et al., 2023).

Asimismo, en Bangladesh se ha evidenciado que los muros de albañilería contruidos con concreto celular curado en autoclave, elaborado bajo métodos convencionales, presentan deficiencias en cuanto a densidad y resistencia, por lo que se perpetúa la problemática

internacional sobre la disponibilidad de sistemas constructivos eficientes y duraderos (Islam et al., 2023); finalmente, esta tendencia se confirma en investigaciones recientes en la India, donde la producción de ladrillos convencionales, base para la construcción de muros, ha sido identificada como una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que genera una creciente preocupación internacional respecto al impacto ambiental negativo de estos sistemas sobre el desarrollo sostenible (Kamal y Saidulu, 2025).

En el contexto peruano, las deficiencias de calidad en los muros de albañilería han sido reiteradamente documentadas en distintas regiones, pues en 2022 se identificó en Huancayo que la producción nacional de ladrillos crudos de arcilla-sílice presenta limitaciones mecánicas y variaciones dimensionales, lo cual afecta directamente la resistencia y la estabilidad de los muros construidos (Cahuaya, 2022); mientras tanto, en 2023 investigaciones evidenciaron que la incorporación de escorias de aluminio y teja triturada en la elaboración de ladrillos artesanales genera variabilidad en resistencia y propiedades físicas, de modo que se dificulta la estandarización y con ello se compromete la calidad de los muros de albañilería en el ámbito nacional (Torres y Vásquez, 2023).

A partir de 2024, se profundizó en el análisis de los procesos artesanales en ciudades como Chiclayo, donde se evidenció que los muros construidos con ladrillos de producción local presentan limitaciones en resistencia a la compresión, absorción de agua y alabeo, lo cual reduce la vida útil y la calidad estructural de las edificaciones (Ludeña, 2024); de igual forma, investigaciones en la misma ciudad sobre unidades de albañilería sin cocción demostraron altos niveles de absorción y variabilidad en densidad y resistencia, de modo que se repercute negativamente en el desempeño de los muros de albañilería, confirmando la persistencia de deficiencias en el control de calidad artesanal (Briones, 2024).

Por otro lado, en Huancayo la gestión deficiente de residuos de construcción y demolición, junto con los problemas de absorción, resistencia y variación dimensional en los ladrillos ecológicos, ha puesto en evidencia falencias productivas que afectan el desempeño de los muros de albañilería a nivel nacional (Torres, 2024); finalmente, en 2025 se destacó que en el distrito de San Agustín – Huancayo los muros contruidos con ladrillos prensados continúan presentando limitaciones en resistencia, absorción de agua y variación dimensional, de modo que se impacta negativamente en su calidad estructural así como en la durabilidad de las edificaciones (Ticsihua, 2025).

En el ámbito local, la problemática vinculada a la calidad de los muros de albañilería es persistente y ha sido evidenciada en diversos estudios realizados en la región; en 2021, una investigación en Nuevo Chimbote demostró que muchas de las unidades de albañilería producidas por ladrilleras artesanales no cumplen con las normativas técnicas vigentes, lo cual repercute directamente en las propiedades físicas y mecánicas de los muros contruidos, de modo que se compromete su calidad estructural así como la seguridad de las edificaciones locales (Chávez y Gamarra, 2021). Posteriormente, en 2023 un estudio realizado en la ciudad de Huaraz evidenció que los muros contruidos con unidades provenientes de ladrilleras artesanales no cumplen con los requisitos mínimos de resistencia establecidos en la normativa E.070, lo que constituye un riesgo significativo para la seguridad estructural de las edificaciones en la localidad (Chinchay y Chinchay, 2023); del mismo modo, en ese mismo año otra investigación en Nuevo Chimbote determinó que los muros elaborados con ladrillos ecológicos a base de polipropileno reciclado presentaron propiedades físicas y mecánicas inferiores a lo exigido por la normativa nacional, de manera que se descartó su uso estructural en la zona y se evidenció la necesidad de mejorar la calidad de los materiales disponibles en el mercado local (Dávila y Llanto, 2023).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo la evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos permite optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote – 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla producidas artesanalmente por tres fabricantes en la ciudad de Nuevo Chimbote?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?
- ¿Cuál es el costo y la calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar técnicamente y económicamente un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla producidas artesanalmente por tres fabricantes, según los parámetros de la Norma Técnica E.070, en la ciudad de Nuevo Chimbote.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.
- Determinar las propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.
- Valorar el costo y calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.

1.4. Formulación de la hipótesis

H1: El muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos cumple con los requisitos técnicos establecidos en la Norma E.070 y con las condiciones económicas previstas para la optimización de la construcción en Nuevo Chimbote, 2022.

H0: El muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos no cumple con los requisitos técnicos establecidos en la Norma E.070 y no cumple con las condiciones económicas previstas para la optimización de la construcción en Nuevo Chimbote, 2022.

1.5. Justificación e Importancia

Con respecto a la justificación teórica, la investigación se sustentó en la teoría de la albañilería confinada. No obstante, para la evaluación de los muros se consideró únicamente la interacción entre la unidad de albañilería y el mortero. Bajo este enfoque, se verificó la resistencia a la compresión de la unidad, la resistencia de pilas y la resistencia diagonal de muretes ejecutados sin elementos de confinamiento. Estos parámetros permitieron inferir la capacidad global requerida por la Norma E.070 en términos de seguridad y serviciabilidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Desde la mecánica de materiales frágiles y la ciencia de materiales, se asumió que la microestructura del ladrillo silico-calcáreo (matriz C-S-H, porosidad y densificación) condicionó su resistencia a compresión y su módulo, lo que impactó la rigidez y la disipación de energía del sistema. En consecuencia, la caracterización física y mecánica de la unidad se consideró un prerequisite para proyectar el comportamiento del conjunto muro (Crespo et al., 2024).

En línea con el enfoque basado en desempeño, se entendió que los ensayos de pilas y muretes ofrecieron parámetros para la resistencia en plano y la capacidad cortante del panel, permitiendo contrastar el cumplimiento de umbrales normativos y la consistencia entre escalas (unidad–ensamble). Esta lógica de verificación posibilitó articular resultados de laboratorio con criterios de seguridad estructural exigidos por la E.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Complementariamente, desde la economía de la construcción y la ingeniería de valor, se consideró que la decisión técnica debía maximizar desempeño por unidad de costo. Por ello, el análisis de costos directos por partidas y rendimientos sirvió para discriminar alternativas que, además de cumplir con los estándares mecánicos, mostraron eficiencia económica en el contexto local (Briones Díaz, 2024; Chávez Minaya y Gamarra Abad, 2021).

Con respecto a la justificación social, en primer término, la investigación mejoró el bienestar de la población de Nuevo Chimbote al aportar evidencia local para seleccionar soluciones de albañilería seguras y accesibles. Al demostrar que los muros con ladrillos silico calcáreos alcanzaron las resistencias exigidas, se facilitó el acceso de hogares con limitaciones económicas a viviendas con mayor seguridad estructural.

Sobre esa base, en el plano de la innovación social, el estudio introdujo una evaluación comparativa en contexto real que articuló desempeño técnico y costo directo. Esta aproximación tradujo criterios normativos en métricas comprensibles para maestros de obra, técnicos y autoridades, acercando la decisión constructiva a un lenguaje práctico y verificable en obra.

De manera complementaria, el trabajo fortaleció la trazabilidad entre la elección de materiales y el desempeño esperado del muro, priorizando alternativas con desempeño verificado y costo competitivo. Además, ordenó la compra de insumos y la programación de partidas, y estableció criterios objetivos para la capacitación y la supervisión en construcciones de interés social.

Finalmente, en términos de impacto, la investigación aseguró que las soluciones priorizadas cumplieran la Norma E.070, redujo la incertidumbre técnica en proyectos de vivienda y mejoró la equidad al ampliar el acceso a materiales confiables para familias de bajos recursos. Con ello, fortaleció la seguridad habitacional, favoreció decisiones eficientes en la construcción local y aportó una base replicable para programas públicos y privados de mejoramiento de vivienda.

A nivel económico, el estudio estimó el costo directo de las partidas de albañilería (materiales, mano de obra y transporte) y construyó indicadores de costo por unidad de resistencia en pilas y en muretes a compresión diagonal. Con esta métrica, se contrastó el desempeño de muros

con ladrillos silico-calcáreos frente a muros con ladrillos de arcilla bajo un mismo nivel de exigencia estructural.

Los resultados mostraron que los muros con ladrillos silico-calcáreos ofrecieron mayor resistencia por unidad de costo y, por ende, un menor costo por MPa y por metro cuadrado de muro con desempeño equivalente. En consecuencia, la propuesta resultó más eficiente y competitiva para la construcción en la zona de estudio, al permitir optimizar el uso del presupuesto, reducir sobrecostos por sobredimensionamiento y favorecer la selección de insumos con mejor relación costo-desempeño.

En términos de gestión, la evidencia económica facilitó planificar compras y rendimientos con mayor previsibilidad y habilitó decisiones de edificación orientadas a la eficiencia sin comprometer la seguridad estructural, aportando una base sólida para intervenciones de vivienda de interés social y proyectos locales con restricciones presupuestarias.

En el plano académico, la investigación aportó un estudio experimental riguroso sobre muros de albañilería con ladrillos silico calcáreos y proporcionó datos precisos sobre sus propiedades físicas, mecánicas y desempeño estructural. El diseño comparativo con muros de ladrillos de arcilla, bajo criterios alineados a la Norma E.070, permitió generar evidencia objetiva y transferible.

Metodológicamente, el trabajo consolidó un protocolo replicable de ensayos en unidades, pilas y muretes, con métricas comparables que facilitaron la validación entre escalas y la discusión de resultados. Esta sistematización fortaleció la formación investigativa, promovió buenas prácticas de laboratorio y ofreció insumos para seminarios, talleres y tesis de pregrado.

Académicamente, los hallazgos enriquecieron el conocimiento regional sobre soluciones de albañilería y estimularon nuevas líneas de investigación en materiales alternativos, desempeño

en plano y evaluación costo/calidad. Asimismo, la difusión de resultados impulsó la actualización de contenidos curriculares y contribuyó a formar profesionales mejor preparados para los retos de la construcción contemporánea en la región.

Esta investigación destacó por ofrecer una base técnica y económica para la adopción de muros de albañilería con ladrillos silico-calcáreos en la construcción, aportando herramientas prácticas para la toma de decisiones en proyectos locales, y su enfoque innovador incentivó la búsqueda de soluciones constructivas más eficientes de modo que contribuyó al avance y diversificación del sector en Nuevo Chimbote; además, la generación de evidencia objetiva sirvió como referencia para futuras investigaciones y para el desarrollo de normativas y políticas de edificación más actualizadas.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el ámbito internacional, Kamal y Saidulu (2025), en su investigación titulada: Exploratory Study of Calcium Silicate Bricks as a Potential Material for Building Construction, desarrollaron un estudio experimental y exploratorio con enfoque cuantitativo, y aplicaron un diseño de carácter comparativo orientado a evaluar la viabilidad técnica de los ladrillos de silicato de calcio frente a los ladrillos de arcilla tradicionales, mientras que la muestra estuvo conformada por lotes de ladrillos de silicato de calcio elaborados en laboratorio. Los resultados evidenciaron que los ladrillos de silicato de calcio alcanzaron una resistencia a la compresión entre 7,5 y 30 MPa (75–300 kgf/cm²), con un promedio de ≈ 10 MPa, suficiente para aplicaciones en edificios de varios pisos. En flexión, registraron 1,6–4 MPa en ladrillos macizos y 0,8–2,4 MPa en ladrillos huecos. La densidad aparente se ubicó en 1300–1900 kg/m³, clasificándose en gamas porosas y densas, con mayor uniformidad dimensional que los de arcilla. En absorción de agua, presentaron valores de 6–16 %, dentro de los límites normativos. La conductividad térmica osciló entre 0,38–0,87 W/mK, y el aislamiento acústico superó los 64 dB, mejorando el confort respecto a los ladrillos tradicionales. En términos ambientales, su producción generó 200–300 kg de CO₂/ton, lo que implica una reducción del 60–70 % frente a los ladrillos de arcilla (800–1000 kg/ton). Finalmente, en costos, se estimaron en ≈ 20 rupias por unidad, posicionándose entre los de arcilla (Rs. 4–10) y los bloques AAC (Rs. 40–75). Finalmente, se concluyó que los ladrillos de silicato de calcio son una alternativa viable y sostenible frente a los de arcilla, al ofrecer resistencias adecuadas (7–30 MPa en compresión, 1,6–4 MPa en flexión), baja absorción (6–16 %) y mayor uniformidad dimensional. Su producción reduce hasta 70 % las emisiones de CO₂ y permite ahorros de construcción cercanos al 40 %, además de mejorar el aislamiento térmico y acústico.

Youcef et al.(2023), en el estudio titulado: Comparative Study on the Impact of Sand and Lime on the Physical and Mechanical Characteristics of Unfired and Fired Earth Bricks, realizaron una investigación experimental y comparativa, de carácter descriptivo y analítico. El diseño contempló la fabricación de ladrillos de tierra comprimida, tanto crudos como cocidos, a los que se incorporó un 25 % de arena de duna y proporciones variables de cal (0, 6, 8, 10 y 12 %). Las propiedades físicas y mecánicas evaluadas incluyeron densidad aparente, contracción longitudinal, resistencia a compresión y flexión. La muestra consistió en ladrillos preparados con arcilla de Balidat Ameer, arena de duna de El Oued y cal hidratada, fabricados en dimensiones estándar ($22 \times 10,5 \times 6$ cm). En cuanto a los resultados, la adición de arena redujo la densidad en 4,9 % (crudos) y 4,8 % (cocidos), al mismo tiempo que disminuyó la contracción en 3,13 % y 7,05 %, respectivamente. Además, elevó la resistencia a compresión en 48,53 % (crudos) y 60,59 % (cocidos), y la resistencia a flexión en valores significativos, sobre todo cuando se combinó con cocción (+149,26 % respecto a la arcilla pura). La cal, en dosis ≤ 10 %, aumentó la resistencia de los ladrillos crudos en un rango de 4,25–32,94 % en compresión y hasta +156,29 % en flexión, pero porcentajes superiores redujeron el desempeño mecánico, especialmente en los ladrillos cocidos donde la resistencia decreció. Por su parte, la cocción sola potenció de manera drástica la resistencia mecánica: +182,18 % en compresión para arcilla pura y +205 % cuando se combinó con arena, además de un incremento de +51,62 % en flexión (arcilla pura) y hasta +149,26 % (arcilla con arena). En conclusión, la arena mejoró de forma consistente la resistencia de los ladrillos ($\approx +50$ % en crudos y +60 % en cocidos), mientras que la cal solo fue beneficiosa hasta un 10 %. La cocción triplicó la resistencia, consolidándose como el factor más determinante.

Da Costa et al. (2023), en la investigación titulada: Evaluación de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de ladrillos ecológicos modulares activados con suelo-álcali sin cemento Portland, llevaron a cabo un estudio experimental y analítico, de diseño comparativo y alcance innovador. La investigación consistió en la fabricación de ladrillos modulares empleando suelo local del Valle Sur del Río Paraíba (Brasil), metacaolín o escoria de alto horno como precursores y diferentes activadores alcalinos (NaOH y $\text{NaOH}+\text{Ca}(\text{OH})_2$), sin emplear cemento Portland ni procesos de cocción. La muestra estuvo conformada por ladrillos modulares de $250 \times 125 \times 69$ mm en cuatro variaciones, sometidos a ensayos de absorción de agua, resistencia a compresión y análisis microestructurales, de acuerdo con los estándares de laboratorio. Los resultados demostraron que los ladrillos ecológicos alcanzaron 14,2 MPa de resistencia a la compresión a 28 días, duplicando el valor mínimo exigido por la NTP 399.613 (≥ 7 MPa) para unidades portantes, lo que representa una mejora cercana al 100 % respecto al estándar. En absorción de agua, se registraron valores de 8–12 %, cumpliendo con la norma (≤ 20 %) y siendo 30–40 % menores que los ladrillos de arcilla tradicionales, lo que otorga mayor durabilidad. La densidad aparente promedió $1,8 \text{ g/cm}^3$, superando en ≈ 20 % la de bloques de adobe ($\approx 1,5 \text{ g/cm}^3$), lo que evidencia mejor compacidad. En cuanto a durabilidad, los ensayos químicos confirmaron alta resistencia frente a sulfatos y sales, debido a las reacciones puzolánicas suelo-álcali. Finalmente, el comportamiento térmico alcanzó una conductividad de $0,35 \text{ W/mK}$, un 20 % menor que la de ladrillos cerámicos convencionales, aportando un mejor desempeño en aislamiento. En conclusión, la fabricación de ladrillos modulares ecológicos sin cemento Portland ni cocción es viable para muros no estructurales, aportando sostenibilidad. Los activados con suelo-álcali duplican la resistencia mínima, reducen la absorción de agua, incrementan la densidad y mejoran el aislamiento térmico, consolidándose como alternativa eficiente y ambientalmente favorable frente a los ladrillos de arcilla tradicionales.

Aguirre et al. (2022), en su estudio titulado: El ladrillo artesanal de Cuenca (Ecuador): una caracterización inicial en el marco patrimonial, llevaron a cabo una investigación descriptiva y experimental, con enfoque cuantitativo y alcance exploratorio, orientada a la caracterización físico-química, mineralógica y mecánica de ladrillos artesanales siguiendo normas ecuatorianas e internacionales. La muestra consistió en tres grupos de ladrillos macizos (panelón) y materia prima, recolectados de El Tejar, Racar y Sinincay, zonas históricas de producción en Cuenca, ya que se analizaron cinco muestras por grupo para ensayos de compresión, seis para flexión y material de materia prima de cada zona. En cuanto a los resultados, se reportaron diferencias significativas en la resistencia a la compresión: El Tejar alcanzó entre 3,10 y 7,14 MPa ($\bar{x}$ = 5,38 MPa), Racar entre 4,32 y 7,35 MPa ($\bar{x}$ = 5,84 MPa) y Sinincay entre 3,41 y 9,50 MPa ($\bar{x}$ = 6,37 MPa), evidenciando que los ladrillos de Sinincay superaron en 10–20 % a los de las otras zonas. En resistencia a flexión, los valores oscilaron entre 0,04 y 0,45 MPa, con promedios de 0,171 MPa (Tejar), 0,114 MPa (Sinincay) y 0,113 MPa (Racar), todos muy por debajo de los ≥ 2 MPa exigidos por la norma ecuatoriana. Respecto a absorción de agua y porosidad abierta, se obtuvieron valores de 17–20 % y 36–37 %, respectivamente, cumpliendo marginalmente con la NTE INEN 297 (máx. 25 %), pero reflejando alta vulnerabilidad frente a fisuración y cristalización de sales. La densidad aparente varió entre 1,46 g/cm³ (Racar) y 1,65 g/cm³ (El Tejar), mientras que los ensayos de durabilidad evidenciaron pérdida de material y microfisuración en ciclos de heladicidad y sales. En conclusión, los ladrillos de Sinincay presentaron un desempeño mecánico superior, alcanzando hasta un 20 % más de resistencia a compresión respecto a otros, aunque en general no cumplen los estándares exigidos para ladrillos tipo A en Ecuador. Esta limitación restringe su uso a fines patrimoniales, resaltando la necesidad de conservar sus características históricas y de establecer criterios científicos que orienten la restauración de bienes culturales.

Zhang y Biswas (2021), en su investigación titulada: Development of eco-efficient bricks – A life cycle assessment approach, llevaron a cabo un estudio de tipo experimental y analítico con enfoque cuantitativo. El diseño fue comparativo y el alcance aplicado, orientado a evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de los ladrillos interlocking frente a los convencionales, bajo un marco de eco-eficiencia sustentado en ensayos estructurales y en el análisis de ciclo de vida. La muestra estuvo conformada por cinco tipos de ladrillos interlocking y dos tipos de ladrillos convencionales. Los resultados mostraron que los ladrillos interlocking alcanzaron una resistencia a compresión de $\approx 5,5$ MPa, comparable a los convencionales (4–8 MPa), y superando el mínimo normativo de 3 MPa. En tracción, los ladrillos convencionales registraron valores de 0,2 MPa (mortero simple) y hasta 0,723 MPa (refuerzo con acero $\Phi 6$ mm), mientras que los interlocking variaron entre 0 MPa (sin refuerzo) y 0,646 MPa (método rebar + mortero), lo que evidencia la necesidad de refuerzo para alcanzar niveles adecuados. Desde el punto de vista económico, el costo de los ladrillos interlocking osciló entre 23,66 y 28,4 AUD/m³·MPa, mientras que en los convencionales fue de 52,01 AUD/m³·MPa, mostrando una reducción de hasta 55 % en costo-eficiencia. En términos de eco-eficiencia global, todos los interlocking fueron competitivos en compresión, mientras que solo los modelos IL2 e IL3 destacaron por equilibrar desempeño mecánico, bajo impacto ambiental y costos reducidos. En conclusión, Los ladrillos interlocking demostraron igual o mayor resistencia a compresión que los convencionales, con 28–73 % menos impacto ambiental y ≈ 50 % menor costo por MPa. Aunque requieren refuerzo en tracción, reducen mano de obra y tiempos de construcción, mejoran la ecoeficiencia y destacan como opción más sostenible y competitiva, siendo IL2 e IL3 los de mejor desempeño.

En el ámbito nacional: Torres (2024), en la tesis: Fabricación de ladrillos ecológicos con residuos de construcción y demolición para su empleo en la mampostería ordinaria, desarrolló una investigación experimental de tipo aplicada y nivel explicativo. El diseño implicó manipular residuos de construcción y demolición (RCD) mediante segregación, trituración, mezclado y moldeo, siguiendo normas técnicas peruanas para evaluar resistencia a compresión, absorción y variación dimensional. La muestra se conformó por RCD recolectados en el río Shullcas (Huancayo), que tras su procesamiento y mezclado con cemento, yeso, cal y agua, permitieron fabricar ladrillos ecológicos a escala laboratorio. El diseño contempló segregación, trituración, mezclado, moldeo y curado, fabricando tres diseños experimentales (D1, D2 y D3) que fueron ensayados según la NTP 399.604 y NTP 399.613, evaluando dimensiones, absorción y resistencia a la compresión. Los resultados evidenciaron que en dimensiones, el largo y ancho se mantuvieron estables en los tres diseños ($\approx 23 \times 13$ cm), mientras que la altura presentó variaciones de 20–29 %, superando lo permitido por la Norma E.070 de Albañilería. En absorción de agua, el D2 destacó con 3,6 %, muy inferior al D1 (13,6 %) y D3 (15,3 %), garantizando mayor durabilidad y cumpliendo con los límites normativos para ladrillo tipo IV. En resistencia a la compresión, el D2 alcanzó 155,98 kg/cm², superando el mínimo exigido para ladrillo tipo IV (≥ 140 kg/cm²), y casi duplicando el valor obtenido en D1 (90,91 kg/cm²) y triplicando el de D3 (49,76 kg/cm²). En conclusión, la investigación confirmó la viabilidad de fabricar ladrillos ecológicos a partir de RCD, cumpliendo requisitos técnicos y contribuyendo a la gestión sostenible de residuos. El diseño 2 (D2) fue el más óptimo, con 71 % y 213 % más resistencia que D1 y D3 respectivamente, además de reducir la absorción en más de 70 %. Pese a variaciones dimensionales, D2 se consolidó como alternativa adecuada para mampostería no portante según la NTP 399.613.

Briones (2024), en la tesis: Propuesta de unidades de albañilería sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I, desarrolló una investigación experimental con diseño cuantitativo y nivel correlacional. El estudio manipuló como variables la fibra de cabuya y el cemento tipo I, con el objetivo de evaluar su efecto en las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería sin cocción. La muestra consistió en ladrillos elaborados con arcilla, adicionando 10 %, 15 % y 20 % de fibra de cabuya, más 25 % de cemento tipo I. En las propiedades físicas, las dimensiones promedio fueron estables ($\approx 240 \times 119 \times 89$ mm), con variación dimensional inferior al 2 %, cumpliendo la norma E.070. El alabeo se mantuvo en rangos aceptables. La densidad osciló entre 1,37 y 1,41 g/cm³, similar al ladrillo convencional (1,38 g/cm³) aunque por debajo del mínimo para ladrillos estructurales. La absorción de agua disminuyó respecto al patrón (20,2 %), registrando 19,31 % con 10 % de fibra, 17,67 % con 15 % y 18,65 % con 20 %, todos dentro del límite normativo de 22 %. En las propiedades mecánicas, la resistencia a compresión mostró incrementos significativos frente al patrón (26 kg/cm²): 33 kg/cm² con 10 % de fibra, 41 kg/cm² con 15 % y 54 kg/cm² con 20 %. En pilas de albañilería, los resultados también superaron al convencional (26 kg/cm²), alcanzando entre 29 y 36 kg/cm². En muretes, la resistencia diagonal se elevó de 0,14 MPa en el patrón a 0,32 MPa (10 %), 0,44 MPa (15 %) y 0,50 MPa (20 %), con un aumento de hasta 257 %. Económicamente, el costo unitario de los ladrillos experimentales resultó menor al convencional (S/. 0,82): S/. 0,68 con 10 %, S/. 0,73 con 15 % y S/. 0,78 con 20 %, logrando ahorros de hasta 17 %. En conclusión, el diseño con 20 % de fibra y 25 % de cemento tipo I presentó el mejor desempeño integral, combinando resistencia elevada, absorción controlada, mayor estabilidad y costo competitivo, consolidándose como alternativa viable y sostenible frente al ladrillo convencional.

Ludeña (2024), en la tesis: Propuesta para el mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal adicionando viruta de acero en la ciudad de Chiclayo”, desarrolló una investigación aplicada, de nivel explicativo y diseño experimental, realizada en ambiente artesanal. Se emplearon métodos descriptivo y experimental para analizar el efecto de la viruta de acero reciclada en la calidad estructural del ladrillo artesanal. La muestra incluyó 10 unidades, 5 pilas y 3 muretes por cada condición experimental (0 %, 8 %, 10 % y 12 % de viruta), elaborados artesanalmente y ensayados bajo la Norma E.070 y las NTP. El procedimiento contempló mezclas tradicionales y modificadas, fabricación artesanal, secado y quemado en horno. En las propiedades físicas, la variación dimensional se mantuvo controlada con 10 % de viruta (CV: 0,44–1,13 %), frente a valores más altos en 8 % (≈ 2 –4,5 %) y similares al patrón (0,41–1,41 %). La absorción de agua varió entre 14,66 % y 15,22 %, dentro del límite normativo, mientras que el alabeo fue estable (1,08 mm en el patrón y 1,44 mm con 10 % de viruta). En las propiedades mecánicas, la resistencia a la compresión de unidades (F'_{b}) se incrementó de 106,48 kg/cm² en el patrón a 127,12 kg/cm² con 10 % de viruta (+19 %). En pilas (F'_{m}), pasó de 56,24 a 73,85 kg/cm² (+31 %), y en muretes la resistencia diagonal aumentó de 5,01 a 10,98 kg/cm² (+119 %). Con 12 % de viruta se alcanzaron valores similares en pilas (73,33 kg/cm²), pero con ligera disminución en unidades (125,08 kg/cm²) y muretes (9,41 kg/cm²). Económicamente, el ladrillo artesanal tradicional tuvo un costo de S/. 0,420 en obra, mientras que con 10 % de viruta alcanzó S/. 0,452, un aumento marginal de 7,6 % frente a la notable mejora estructural. En conclusión, la adición de 10 % de viruta optimizó la calidad del ladrillo artesanal, cumpliendo la clasificación de Tipo IV del RNE, con propiedades físicas dentro de norma, mayor resistencia y costo competitivo. La propuesta resulta viable, económica y sostenible, al promover el aprovechamiento de residuos industriales en la construcción local.

Torres y Vásquez (2023) en la investigación titulada: Caracterización física y mecánica de ladrillos artesanales de arcilla usando escorias de aluminio y teja triturada, desarrollaron una investigación aplicada con enfoque cuantitativo, diseño experimental y alcance descriptivo, orientada a la caracterización física y mecánica de ladrillos artesanales de arcilla modificados con residuos de escoria de aluminio y teja triturada. Se elaboraron muestras con adiciones de 5 %, 10 %, 15 % y 20 % en relación a la masa de un ladrillo seco no cocido, ensayadas bajo la Norma Técnica Peruana E.070. En la muestra patrón, los ladrillos presentaron una resistencia a compresión de 37,67 kg/cm², resistencia axial en pilas de 15,39 kg/cm² y resistencia diagonal en muretes de 2,91 kg/cm², además de una absorción de 15,22 % y un alabeo promedio de 1,088 mm. En la muestra experimental con escoria de aluminio, la dosificación óptima fue 10 %, alcanzando 94,67 kg/cm² en compresión promedio y 86,30 kg/cm² en el valor final, lo que representó un incremento de 129 % respecto al patrón. En pilas, se registraron 26,95 / 25,27 kg/cm² (+64 %) y en muretes 3,69 / 3,60 kg/cm² (+24 %). Dosificaciones mayores (15 % y 20 %) redujeron la resistencia, aunque mantuvieron mejoras frente al patrón. En la muestra experimental con teja triturada, el mejor desempeño se obtuvo con 20 % de adición, logrando 96,49 / 75,84 kg/cm² en compresión ($\approx$ 101 % más que el patrón), 34,00 / 30,56 kg/cm² en pilas ($\approx$ 100 % de mejora) y 5,73 kg/cm² en muretes, duplicando la resistencia respecto al convencional (+97 %). En conclusión, la escoria de aluminio al 10 % y la teja triturada al 20 % se consolidaron como las adiciones más eficientes, permitiendo cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Peruana E.070 y validando la viabilidad técnica, ambiental y sostenible del uso de residuos industriales y de construcción en la producción de ladrillos artesanales.

Cahuaya (2022), en la tesis titulada: Ladrillos crudos de arcilla-sílice y la mejora de propiedades mecánicas de la albañilería en el distrito de Huancayo, desarrolló un estudio tecnológico de nivel descriptivo-explicativo con diseño cuasi-experimental, conformado por un grupo control y seis experimentales. El objetivo fue verificar la mejora de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos crudos mediante la combinación de arcilla y arena de sílice. La muestra estuvo compuesta por 38 ladrillos crudos ($24 \times 12 \times 8$ cm) elaborados con distintas proporciones de ambos materiales, evaluados conforme a la Norma Técnica Peruana E.070. En la muestra patrón (LCAS-01), los ladrillos fueron clasificados como Tipo V, con variaciones dimensionales mínimas (largo 0,05 %, ancho 0,19 %, espesor 0,12 %) y alabeo de 1,0 mm, dentro de lo permitido por la norma. La erosión por agua no generó pérdida de peso ni profundidad de ataque (0 mm, 0 %), confirmando buena resistencia a agentes naturales. En cuanto a las propiedades mecánicas, la adición de 50 % de arena de sílice permitió alcanzar una resistencia a compresión unitaria (f'_{b}) de 50,18 kg/cm² ($\approx$ 4,92 MPa), clasificando a los ladrillos como Tipo I según la NTP E.070, superando ampliamente al patrón artesanal. En pilas, se obtuvo un promedio de 35,81 kg/cm² (final: 35,28 kg/cm²), equivalente a la categoría King Kong artesanal, lo que representó un aumento considerable frente a los valores convencionales de ladrillos crudos. Para muretes no se reportaron ensayos directos, pero se estimó un rango de 0,5–1,1 MPa (5–11 kg/cm²), de acuerdo con las referencias normativas de la categoría mencionada. En conclusión, la proporción 50 % arcilla – 50 % sílice mejoró de manera significativa las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos crudos, al incrementar la resistencia unitaria más del 30 % respecto a un ladrillo patrón artesanal, reducir el peso, mantener baja absorción y garantizar estabilidad frente a agentes naturales, constituyéndose en una alternativa sostenible, económica y ecológica para la construcción en Huancayo sin necesidad de cocción ni aditivos químicos.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. *Ladrillo silico calcáreo*

Es una unidad de albañilería fabricada con cal y arena de sílice, sometida a presión y curado en autoclave, caracterizada por su alta resistencia, baja absorción y estabilidad dimensional, utilizada en la construcción de muros estructurales y no estructurales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

El ladrillo silico-calcáreo se ha consolidado en los últimos años como un material alternativo de construcción gracias a su composición basada en arena, cal y agua, sometida a procesos de prensado y curado en autoclave, lo que le confiere resistencia mecánica, estabilidad dimensional y capacidad aislante, atributos que lo distinguen de los ladrillos convencionales (Islam et al., 2023); además, en estudios recientes se ha destacado que estos ladrillos, conformados por materias primas naturales, ofrecen beneficios adicionales como aislamiento acústico, regulación de la humedad y resistencia al fuego, características que fortalecen su viabilidad como opción sostenible en la edificación contemporánea (Kamal y Saidulu, 2025).

Se ha demostrado que la incorporación de residuos industriales, como tierras usadas para filtrar aceites y minerales sobrantes de otros procesos, en la elaboración de ladrillos sílico-calcáreos permite que estos sean más resistentes al peso y al doblarse. Asimismo, se ha comprobado que absorben menos agua y que facilitan la reutilización de materiales que normalmente serían desechados. Con ello, la construcción se vuelve más responsable con el ambiente y contribuye al uso inteligente de los recursos disponibles (Yang et al., 2024).

a) Propiedades físicas del ladrillo silico calcáreo

- **Variación dimensional:** La variación dimensional se entiende como la diferencia entre las medidas nominales y las reales de los ladrillos, lo que refleja la precisión del proceso de fabricación y la uniformidad de las unidades producidas; además, este indicador es clave para garantizar la correcta modulación en obra y la estabilidad del aparejo (Cahuaya, 2022).

- **Alabeo:** El alabeo corresponde a la deformación o curvatura que presenta la superficie del ladrillo respecto a un plano ideal, y constituye una medida de la regularidad geométrica, de modo que su control asegura un adecuado asentamiento y una distribución homogénea de cargas en los muros (Briones, 2024).

- **Densidad:** La densidad del ladrillo es la relación entre la masa y el volumen de la unidad en estado seco, parámetro que influye directamente en su resistencia mecánica, en la capacidad aislante y en el peso estructural que transmite a la edificación (Torres y Vásquez, 2023).

- **Absorción de agua:** La absorción mide la cantidad de agua que puede retener un ladrillo tras su inmersión, expresada en porcentaje respecto a su masa seca, y un nivel de absorción controlado es fundamental para evitar el deterioro por humedad de modo que se asegure la durabilidad del material (Torres, 2024).

- **Succión:** La succión se refiere a la rapidez con que un ladrillo absorbe agua desde el mortero en los primeros segundos de contacto, y este indicador incide directamente en la adherencia del mortero de modo que influye en la resistencia de la junta, siendo determinante para la estabilidad de la mampostería (Ticsihua, 2025).

a) Propiedades mecánicas del ladrillo silico calcáreo

Las propiedades mecánicas de los ladrillos se definen como el conjunto de características que determinan su comportamiento frente a cargas externas, lo que refleja su resistencia, rigidez y

capacidad de deformación; además, estas propiedades permiten evaluar la idoneidad del material en estructuras portantes y no portantes, de modo que se garantice la seguridad y la durabilidad en la construcción (Amin y Abadir, 2025).

- **Resistencia a la compresión:** La resistencia a la compresión es la capacidad del ladrillo para soportar cargas axiales sin sufrir falla estructural, y constituye el indicador mecánico más relevante en la clasificación de unidades de albañilería, ya que define su uso en muros portantes o no portantes (Ludeña, 2024).

2.2.2. Muro de albañilería

El muro de albañilería se concibe como un elemento estructural conformado por unidades modulares como ladrillos o bloques, dispuestos en hiladas y unidos con mortero, cuya función principal es soportar cargas verticales y laterales y servir como cerramiento en edificaciones (Bubalo et al., 2025); en términos constructivos, puede ser portante o no portante dependiendo de su resistencia y del diseño estructural que lo acompañe, siendo su desempeño evaluado mediante ensayos de compresión, corte y flexión (Detho et al., 2025); además, recientes estudios señalan que la calidad de los muros depende no solo de las propiedades de las unidades empleadas, sino también de la correcta adherencia del mortero, la geometría de las piezas y el control de la variación dimensional, factores que inciden directamente en su capacidad de carga y durabilidad (Ticsihua, 2025).

a) Calidad técnica del muro

La calidad técnica de un muro de albañilería se define como el cumplimiento de parámetros físicos, mecánicos y constructivos que garantizan su desempeño estructural y funcional en obra, y depende de factores como la regularidad geométrica de los ladrillos, la resistencia a la compresión de las unidades y el adecuado asentamiento con mortero, de modo que se asegure

la estabilidad y la seguridad en la edificación (Torres, 2024); además, desde un enfoque experimental, la calidad técnica se evalúa mediante indicadores como variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia, los cuales determinan si los muros cumplen con los estándares establecidos en normas técnicas y con los requerimientos de diseño estructural (Cahuaya, 2022).

Asimismo, investigaciones recientes resaltan que la incorporación de adiciones como fibras, residuos reciclados o subproductos industriales en los ladrillos mejora notablemente la calidad técnica de los muros, al incrementar la resistencia mecánica, disminuir defectos de fabricación y optimizar la durabilidad frente a condiciones ambientales adversas (Ludeña, 2024)

Para evaluar la calidad técnica del muro, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Propiedades físicas del muro:** Las propiedades físicas de los ladrillos se refieren a los aspectos geométricos y de comportamiento frente al agua que garantizan la uniformidad y durabilidad del material (Stepien, 2023). Según la Norma E.070, estas incluyen la variación dimensional, el alabeo, la absorción, la succión y la densidad, parámetros que permiten verificar la regularidad de las unidades antes de su uso en muros estructurales. Dichas propiedades aseguran una correcta modulación, evitan defectos en el asentamiento y reducen el riesgo de deterioro por humedad (Crespo et al., 2024).

- **Propiedades mecánicas del muro:** Las propiedades mecánicas del muro de albañilería se relacionan directamente con su capacidad de soportar cargas y garantizar estabilidad estructural (Stepien et al., 2020). De acuerdo con la Norma E.070, se evalúan principalmente mediante ensayos de resistencia a la compresión en pilas y resistencia diagonal en muretes, que permiten determinar la capacidad portante y el comportamiento frente a esfuerzos de corte. Estas pruebas

reflejan la interacción entre unidades y mortero, siendo esenciales para clasificar el desempeño del muro como portante o no portante (Flores et al., 2024).

b) Costo del muro de albañilería

El costo de un muro de albañilería depende de múltiples factores, entre ellos la calidad de los materiales empleados, la eficiencia del proceso constructivo y la mano de obra calificada (Kostrzewa et al. 2023), ya que según Díaz et al. (2025), la utilización de ladrillos silico-calcáreos industrializados puede reducir el gasto en materiales y acelerar la construcción, debido a su mayor regularidad dimensional y facilidad de colocación, lo que impacta directamente en la disminución de desperdicios y tiempos de ejecución.

Por otro lado, Li et al. (2022) indican que la selección de sistemas modulares y la integración de materiales alternativos o reciclados no solo permiten disminuir los costos iniciales, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del proyecto, ya que esta estrategia reduce el consumo de mortero y de recursos en transporte, favoreciendo además el cumplimiento de normativas ambientales y técnicas.

Asimismo, la Propuesta de Norma Técnica E.070 (2019) subraya que el control de calidad obligatorio en la selección de materiales y en la ejecución del muro puede elevar ligeramente los costos directos por requerir ensayos y verificaciones adicionales, sin embargo esta inversión inicial garantiza mayor durabilidad y menores costos de mantenimiento en el ciclo de vida de la edificación, logrando una optimización global de los recursos económicos.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la de investigación

El enfoque cuantitativo implica la obtención y revisión de datos cuantificables, orientado a describir, esclarecer y pronosticar situaciones, ya que utiliza herramientas estadísticas y enfoques objetivos para asegurar la validez y la consistencia en los hallazgos (Arias y Covinos, 2021), por lo que se eligió el enfoque cuantitativo porque permitió abordar la evaluación técnica y económica del muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos a través de procedimientos experimentales y mediciones objetivas, en concordancia con los objetivos de la investigación, en una primera etapa se recopilaron y analizaron datos provenientes de ensayos de laboratorio, aplicados tanto a las unidades artesanales de arcilla como a los ladrillos silico calcáreos, con el propósito de establecer comparaciones claras y fundamentadas sobre su desempeño.

Posteriormente, el análisis cuantitativo facilitó la valoración precisa de los costos y la calidad técnica del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, permitiendo identificar el impacto real de su implementación sobre la optimización de la construcción en Nuevo Chimbote, ya que la integración de procedimientos experimentales y registros económicos posibilitó fundamentar conclusiones y recomendaciones en evidencia estadística, asegurando la rigurosidad, validez y aplicabilidad de los resultados para la toma de decisiones en el sector construcción, especialmente en contextos que demandan eficiencia, calidad y sostenibilidad.

3.2. Método de la de investigación

El estudio aplicado emplea fundamentos científicos previos con el objetivo de solucionar dificultades prácticas, dirigiendo los resultados hacia el perfeccionamiento de métodos o alternativas específicas en situaciones concretas (Arias y Covinos, 2021).

El presente estudio se enmarcó en la investigación aplicada, ya que estuvo orientado a resolver un problema específico del sector construcción en Nuevo Chimbote, optimizando la edificación mediante el uso de muros de albañilería con ladrillos silico calcáreos, por lo que la investigación no solo generó conocimientos teóricos, sino que empleó estos saberes para evaluar, en condiciones reales y con procedimientos experimentales y económicos, la viabilidad y el impacto de una solución constructiva innovadora, de esta manera los resultados obtenidos contribuyeron directamente a mejorar la toma de decisiones técnicas y económicas en proyectos de edificación local, evidenciando la utilidad y relevancia social de la investigación realizada.

El nivel explicativo en la investigación tiene como propósito descubrir tanto las causas como los efectos de ciertos eventos, identificando conexiones de causa y efecto entre las variables, de modo que este tipo de estudio permite esclarecer el motivo y la dinámica de las situaciones analizadas, proporcionando justificaciones rigurosas y estructuradas (Arias y Covinos, 2021), ya que el estudio se desarrolló a un nivel explicativo, no solo describiendo o comparando características de los muros de albañilería con ladrillos silico calcáreos, sino que analizó las causas que permitieron su optimización técnica y económica en la construcción de Nuevo Chimbote, por lo que la investigación permitió identificar y fundamentar cómo la utilización de estos materiales influyó en los resultados estructurales y económicos, explicando los factores que incidieron en la mejora de la eficiencia constructiva, así el enfoque explicativo

facilitó la comprensión integral del fenómeno, sustentando las recomendaciones y aportes prácticos para el sector construcción.

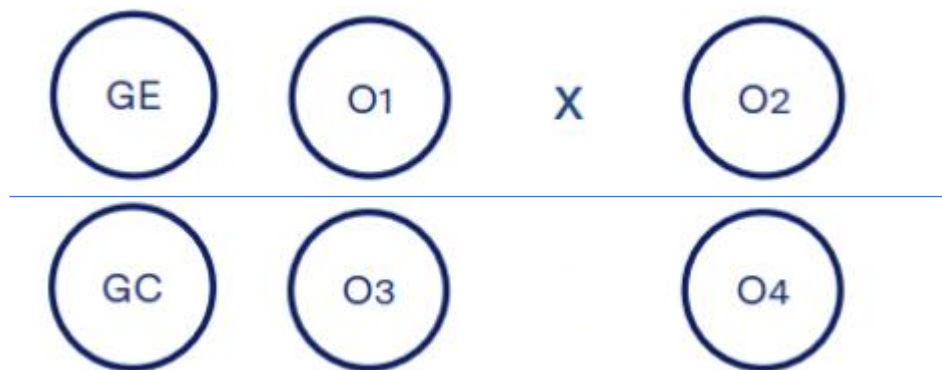
3.3. Diseño de investigación

El diseño cuasiexperimental constituye una modalidad investigativa en la que se interviene intencionalmente sobre una variable independiente para evaluar su impacto en una variable dependiente, aunque sin la estricta aleatorización de los participantes o unidades en los grupos, lo que posibilita examinar vínculos causales en situaciones donde no se puede ejercer control absoluto (Arias y Covinos, 2021), ya que el presente estudio se enmarcó en un diseño cuasiexperimental, manipulando deliberadamente las condiciones experimentales mediante la construcción y evaluación de muros de albañilería con diferentes tipos de ladrillos (silico calcáreos y artesanales), sin recurrir a la asignación aleatoria de las unidades experimentales.

Los materiales utilizados fueron seleccionados de fabricantes específicos, lo que imposibilitó la conformación de grupos al azar, pero permitió mantener el control de las variables relevantes en condiciones de laboratorio, ya que este diseño facilitó la comparación objetiva del desempeño técnico y económico de los sistemas constructivos, brindando evidencia válida para analizar el impacto de la variable manipulada sobre la optimización de la construcción en Nuevo Chimbote, en línea con lo expuesto por Arias y Covinos (2021), el diseño cuasiexperimental resultó el más adecuado para investigaciones donde el control total y la aleatorización no son factibles, pero se requiere rigurosidad en la comparación de resultados.

Figura 1

Esquema del diseño de investigación – Cuasi experimental



Donde:

GE: Grupo experimental (muro con ladrillo silico calcáreo)

GC: Grupo control (muro con ladrillo de arcilla artesanal)

X: Empleo de ladrillo silico calcáreo como innovación técnica

O1/O3: Mediciones de referencia previas

O2/O4: Mediciones posteriores

3.4. Población y muestra

El muestreo censal fue la técnica de recolección en la que no se seleccionó una muestra, sino que se estudió la totalidad de la población de interés; es decir, se incluyeron todos los elementos que conformaron el universo del estudio, sin exclusiones (Hadi et al., 2023). Para el desarrollo de la presente investigación se empleó muestreo censal, dado que se consideró a la totalidad de la población como muestra; por lo tanto, población y muestra coincidieron. En este caso, la población se definió como el conjunto finito de especímenes elaborados y disponibles bajo todas las condiciones de estudio (unidades y ensambles). Esta elección metodológica permitió abarcar todos los elementos del universo definido, eliminando el error muestral de selección y

umentando la precisión de las estimaciones, aunque implicó mayor inversión de tiempo y recursos.

Conforme a la Norma E.070 (cap. 3, art. 5, ítem 5.4), que exigió un mínimo de cinco unidades por propiedad, se amplió deliberadamente el tamaño para reforzar la precisión. En propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, absorción y densidad) se trabajó con 10 unidades por condición, superando el umbral normativo. En propiedades mecánicas (resistencia a la compresión de unidades) se incluyeron 30 unidades por condición para reducir la variabilidad y mejorar la potencia estadística.

Para los elementos compuestos, se priorizó construir ensambles (pilas y muretes) únicamente con las dos condiciones de mejor desempeño: (i) la ladrillera artesanal de arcilla con mejores resultados y (ii) la dosificación silico-calcárea más eficiente. Sobre esa base, se ejecutaron 10 pilas por cada condición (20 en total) y 3 muretes por cada condición (6 en total), garantizando replicación suficiente y control de la variabilidad. A continuación, se presenta la tabla con las unidades conformadas.

Tabla 1

Muestra de la investigación

Propiedad	Ladrillera Vaper	Ladrillera Jaimito	Ladrillera Lopez	D 1:3	D 1:4	D 1:5	Total
Variación dimensional	10	10	10	10	10	10	60
Alabeo	10	10	10	10	10	10	60
Absorción	10	10	10	10	10	10	60
Densidad	10	10	10	10	10	10	60
Resistencia a la compresión	30	30	30	30	30	30	180
Resistencia de pilas		10			10		20
Resistencia diagonal de muretes		3			3		6
Total de Especímenes							446

Nota. Elaboración propia (2025)

3.5. Operacionalización de Variables

3.5.1. *Variable independiente:* Ladrillo silico calcáreo

Definición conceptual:

Es una unidad de albañilería fabricada con cal y arena de sílice, sometida a presión y curado en autoclave, caracterizada por su alta resistencia, baja absorción y estabilidad dimensional, utilizada en la construcción de muros estructurales y no estructurales (Briones, 2024).

Definición operacional:

Se evaluarán las propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, succión, absorción y densidad) y mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos silico calcáreos mediante ensayos normalizados, comparándolos con ladrillos de arcilla.

3.5.2. *Variable dependiente:* Muro de albañilería

Definición conceptual:

El muro de albañilería se concibe como un elemento estructural conformado por unidades modulares como ladrillos o bloques, dispuestos en hiladas y unidos con mortero, cuya función principal es soportar cargas verticales y laterales y servir como cerramiento en edificaciones (Lewo et al., 2025)

Definición operacional:

Se analizará la calidad técnica (propiedades del ladrillo y resistencia del muro) y económico (costo unitario y relación costo/resistencia) de muros contruidos con ladrillos silico calcáreos, contrastándolos con muros de ladrillos de arcilla.

3.6. Técnica e Instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Observación

La observación se define como una estrategia utilizada para anotar de manera ordenada, verídica y consistente los hechos y actuaciones pertinentes al fenómeno investigado, haciendo uso de los sentidos o de recursos técnicos de apoyo (Arias y Covinos, 2021).

La técnica de investigación empleada fue la observación estructurada, la cual permitió registrar de manera sistemática y objetiva los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y las evaluaciones económicas, ya que esta técnica se aplicó mediante el uso de fichas de observación elaboradas conforme a las normas técnicas peruanas correspondientes, asegurando la recolección precisa y confiable de la información necesaria para el análisis comparativo de los muros de albañilería contruidos con ladrillos silico calcáreos y artesanales.

3.6.2. Instrumento

Ficha de observación

La ficha de observación constituye una herramienta estructurada que facilita el registro ordenado y sistemático de los datos obtenidos a través de la observación, garantizando así la integridad y la confiabilidad de la información (Arias y Covinos, 2021).

El instrumento de investigación utilizado fue la ficha de observación, diseñada en función de los requisitos establecidos por las normas técnicas peruanas NTP 399.613, NTP 399.614, NTP 331.018, NTP 399.605, NTP 399.621 y la norma E.070, ya que esta ficha permitió registrar de forma detallada los resultados obtenidos en los ensayos físicos, mecánicos y económicos

realizados a los muros de albañilería con ladrillos silico calcáreos y artesanales, facilitando la sistematización, comparación y análisis numérico de los datos.

Para garantizar la consistencia y validez de los instrumentos aplicados en la investigación, se cumplieron estrictamente los lineamientos y procedimientos definidos en la normativa E.070 y las NTP, brindando una base técnica y profesional consistente para la realización de las pruebas y la obtención de información, asimismo cada ensayo efectuado en el laboratorio fue revisado y validado por el ingeniero especialista encargado del área, quien certificó el proceso con su firma, respaldando la aprobación técnica en cada etapa, por lo tanto este método aseguró la confiabilidad y excelencia de los datos obtenidos.

Los equipos utilizados en el desarrollo de los ensayos poseían certificados de calibración vigentes, debido a que se les practicaron revisiones y ajustes regulares para asegurar su precisión y exactitud, además se fortaleció la credibilidad de la información mediante la elaboración de un panel fotográfico correspondiente a cada etapa experimental, ofreciendo prueba visual y clara de la correcta realización de los ensayos.

Las fichas de observación, estructuradas según las normas técnicas y la normativa nacional vigente, constituyeron los instrumentos principales para la recopilación de datos, ya que estas fichas se adaptaron a los siguientes estándares nacionales:

1. **Variación Dimensional:** Ficha de observación – NTP 399.613
2. **Alabeo:** Ficha de observación – NTP 399.614
3. **Succión:** Ficha de observación – NTP 331.018
4. **Absorción:** Ficha de observación – NTP 331.018
5. **Densidad:** Ficha de observación – NTP 331.018
6. **Resistencia a la Compresión:** Ficha de observación – NTP 331.018 y NTP 399.613

7. **Resistencia a la compresión en primas de albañilería:** Ficha de observación – NTP
399.605
8. **Resistencia de diagonal de murete de albañilería:** Ficha de observación – NTP
399.621
9. **Propiedades del ladrillo silico calcáreo:** Ficha de observación
10. **Propiedades mecánicas del muro:** Ficha de observación
11. **Costo:** Ficha de observación

La validación de los instrumentos se efectuó a través de la evaluación de expertos, donde ingenieros especializados en tecnología de concreto y ensayos de laboratorio analizaron la adecuación, el formato y la congruencia de cada ficha empleada, asegurando así su aptitud para captar información precisa y significativa alineada con los objetivos del estudio.

3.7. Técnica de análisis de datos

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva incluye las técnicas que permiten estructurar, condensar y exponer mediante gráficos o cifras la información recopilada en un estudio, facilitando así el análisis preliminar de los datos reunidos (Arias y Covinos, 2021), por lo que para el análisis de los resultados se empleó la estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar, rango) para resumir y caracterizar los datos obtenidos en los ensayos físicos, mecánicos y económicos, ya que esta técnica permitió organizar, interpretar y comparar los resultados de manera objetiva, facilitando la identificación de patrones, diferencias y comportamientos relevantes en los muros de albañilería construidos con ladrillos silico calcáreos y artesanales.

Estadística inferencial

La estadística inferencial engloba una serie de métodos destinados a examinar, contrastar y deducir conclusiones sobre una población, tomando como base los datos obtenidos en una muestra mediante técnicas probabilísticas y pruebas estadísticas (Hadi et al., 2023), por lo que para el análisis inferencial de los resultados se aplicó la prueba estadística ANOVA, con el objetivo de identificar si existían diferencias significativas entre las propiedades físicas, mecánicas y económicas de los muros de albañilería contruidos con ladrillos silico calcáreos y artesanales, ya que el uso de ANOVA permitió comparar más de dos grupos y validar, con base estadística, la influencia del tipo de material sobre la optimización de la construcción, aportando solidez y rigor científico a las conclusiones de la investigación.

Análisis económico

Dentro de los proyectos de ingeniería, el análisis económico se basa en el uso organizado de métodos para definir, estimar y analizar las consecuencias monetarias de alternativas en la planificación y realización, considerando ingresos y egresos, comparaciones de costos y beneficios, así como la viabilidad financiera (Elmardi y Muki, 2021), por lo que el análisis económico se realizó mediante la cuantificación y comparación de los costos directos involucrados en la construcción de muros de albañilería utilizando ladrillos silico calcáreos y ladrillos de arcilla artesanal, para ello se consideraron los gastos en materiales, mano de obra y transporte, así como el rendimiento y la eficiencia constructiva de cada sistema, ya que los resultados económicos se registraron en fichas de observación y se expresaron en valores monetarios, permitiendo evaluar la viabilidad y la competitividad de cada alternativa desde el punto de vista financiero, de modo que esta comparación proporcionó información objetiva

para la toma de decisiones sobre la optimización de recursos en proyectos de edificación en Nuevo Chimbote.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas y mecánicas de unidades de arcillas producidas artesanalmente por 3 fabricantes en la ciudad de Nuevo Chimbote.

En la Tabla 2 se presentaron las propiedades de las unidades de albañilería correspondientes a las tres ladrilleras evaluadas.

Tabla 2

Propiedades de las unidades de albañilería de las ladrilleras evaluadas

Propiedades		Ladrillera Vaper	Ladrillera Jaimito	Ladrillera Lopez
Variación Dimensional (mm)	Largo	9.00%	9.75%	6.50%
	Ancho	6.15%	6.62%	5.54%
	Altura	4.55%	3.55%	2.59%
Alabeo (mm)	Cóncavo	14.20	12	9
	Convexo	10.00	9.60	9.40
Absorción (%)		29.03	25.43	24.41
Densidad (gr/cm ³)		1.80	1.84	1.88
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)		53.09	58.55	60.04

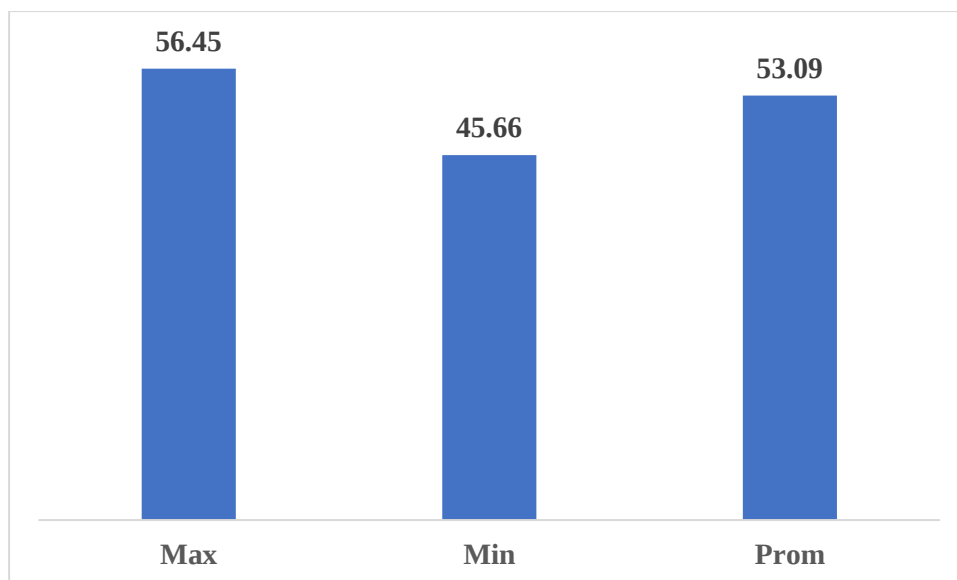
En base a las propiedades evaluadas, se identificaron diferencias notorias entre las tres ladrilleras. La ladrillera 1 (Vaper) mostró mayores deficiencias en variación dimensional y alabeo, además de registrar el valor más alto de absorción (29.03 %), lo que refleja una menor calidad en sus unidades. Por su parte, la ladrillera 2 (Jaimito) evidenció un desempeño intermedio, con una densidad adecuada (1.84 gr/cm³) y una resistencia a la compresión de 58.55 kg/cm², aunque con absorción aún superior al límite normativo. Finalmente, la ladrillera 3 (Lopez) presentó los resultados más favorables, destacando por la menor variación dimensional (2.59 % en altura), el alabeo más reducido (9 mm cóncavo y 9.40 mm convexo), una absorción menor que las demás (24.41 %), además de alcanzar la mayor resistencia a la compresión (60.04

kg/cm²). Por lo tanto, la ladrillera 3 presento un mejor comportamiento global, tanto en sus propiedades físicas como mecánicas, en comparación con las otras dos ladrilleras.

Con el fin de obtener un análisis más profundo, se efectuó el control estadístico de las unidades de arcilla en relación con su resistencia a la compresión. En la figura 2 se representó la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Vaper, mostrando la variación de los valores obtenidos a lo largo de los diferentes ensayos realizados.

Figura 2

Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Vaper



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería alcanzó un valor máximo de 56.45 kg/cm² y un mínimo de 45.66 kg/cm², registrando un promedio de 53.09 kg/cm². Estos resultados reflejaron una variación moderada entre los valores extremos y evidenciaron que, en general, las piezas presentaron un nivel aceptable de resistencia. No obstante, la dispersión observada indicó que existió cierta irregularidad en la calidad del producto, atribuible a su proceso de fabricación artesanal.

En la Tabla 3 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Vaper, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 3

Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión

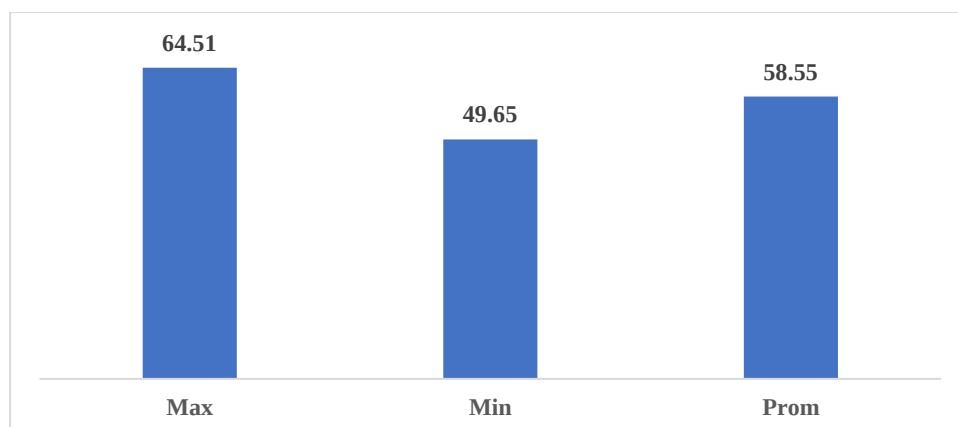
PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	50.41	56.09
95.10%	47.57	58.93
99.70%	44.73	61.77

El análisis mostró que, al 99.7 % de confianza, el intervalo de resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Vaper se ubicó entre 44.73 y 61.77 kg/cm². El valor mínimo del intervalo fue 10.54 % inferior al parámetro establecido en la Norma E.070 (50 kg/cm²). Sin embargo, el valor normativo se encontró comprendido dentro del rango de confianza, por lo que el resultado se consideró aceptable en términos de cumplimiento normativo.

En la figura 3 se ilustró la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Jaimito, reflejando la evolución de los valores obtenidos a lo largo de los diferentes ensayos realizados.

Figura 3

Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Jaimito



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Jaimito presentó una variación entre un valor mínimo de 49.65 kg/cm² y un máximo de 64.51 kg/cm², alcanzando un promedio de 58.55 kg/cm². Esta dispersión reflejó una moderada heterogeneidad en la calidad de las piezas, propia de la producción artesanal, aunque el comportamiento general evidenció una tendencia hacia valores consistentes en la mayoría de las muestras evaluadas.

En la Tabla 4 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Jaimito, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 4

Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Jaimito

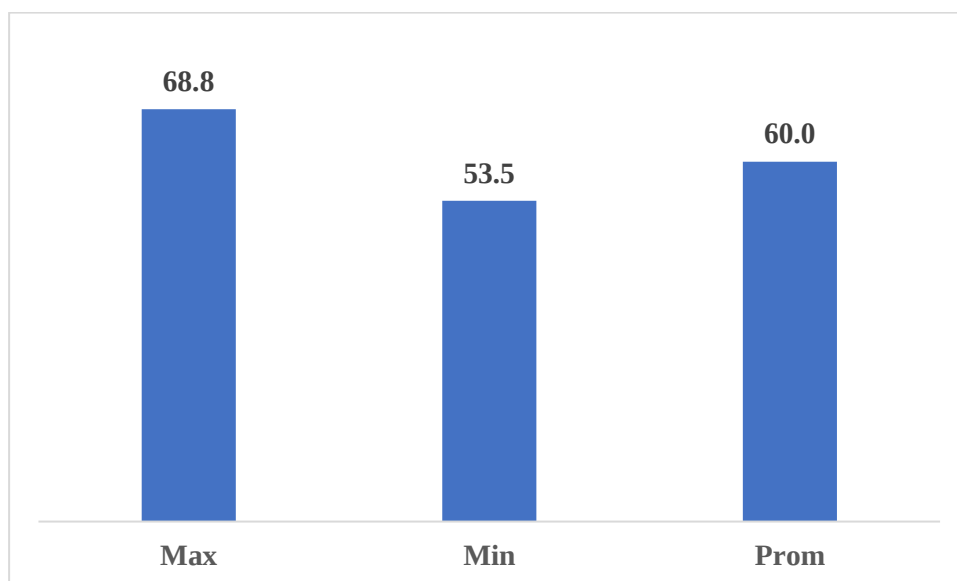
PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	54.32	62.79
95.10%	50.09	67.02
99.70%	45.86	71.25

El análisis evidenció que, al 99.7 % de confianza, el intervalo de resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Jaimito fue de 45.86 a 71.25 kg/cm². El valor mínimo de dicho rango se situó 8.28 % por debajo del parámetro normativo de la Norma E.070 (50 kg/cm²). No obstante, lo relevante fue que el valor exigido por la normativa se encontró incluido dentro del intervalo de confianza, por lo cual el resultado se consideró aceptable en términos estadísticos.

En la figura se presentó la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Lopez, evidenciando el comportamiento de los valores obtenidos en cada uno de los ensayos realizados.

Figura 4

Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la ladrillera Lopez



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Lopez presentó un valor máximo de 68.8 kg/cm² y un mínimo de 53.5 kg/cm², alcanzando un promedio de 60.0 kg/cm². Estos resultados reflejaron una dispersión moderada entre los valores extremos, lo que indicó cierta variabilidad en la calidad del material. No obstante, el promedio obtenido evidenció un comportamiento consistente en la mayoría de las muestras ensayadas, lo que permitió inferir que la producción mantuvo un nivel aceptable de resistencia a pesar de las diferencias propias del proceso artesanal.

En la Tabla 5 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Lopez, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 5

Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de las unidades de la ladrillera Lopez

PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	56.23	63.86
95.10%	52.42	67.67
99.70%	48.61	71.48

El análisis mostró que, al 99.7 % de confianza, el valor mínimo del intervalo fue 48.61 kg/cm², es decir, aproximadamente 2.8 % por debajo del umbral de la Norma E.070 (50 kg/cm²). Sin embargo, el valor normativo se encontró dentro del rango de confianza (48.61–71.48 kg/cm²); por ello, se aceptó el resultado en términos estadísticos, dejando constancia de que el límite inferior se ubicó levemente por debajo del requisito.

4.2. Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.

En la Tabla 6 se presentaron las propiedades de las unidades silico calcáreas con las distintas dosificaciones empleadas.

Tabla 6

Propiedades de las unidades silico calcáreas evaluadas

Propiedades		Dosificación		
		1:3	1:4	1:5
Variación Dimensional (mm)	Largo	1.37%	0.88%	0.12%
	Ancho	1.38%	0.69%	0.92%
	Altura	0.68%	0.77%	0.95%
Alabeo (mm)	Cóncavo	7	0	0
	Convexo	4.80	0.00	0.00
Absorción (%)		15.06	12.39	13.19
Densidad (gr/cm ³)		1.81	1.81	1.80
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)		106.43	130.73	111.79

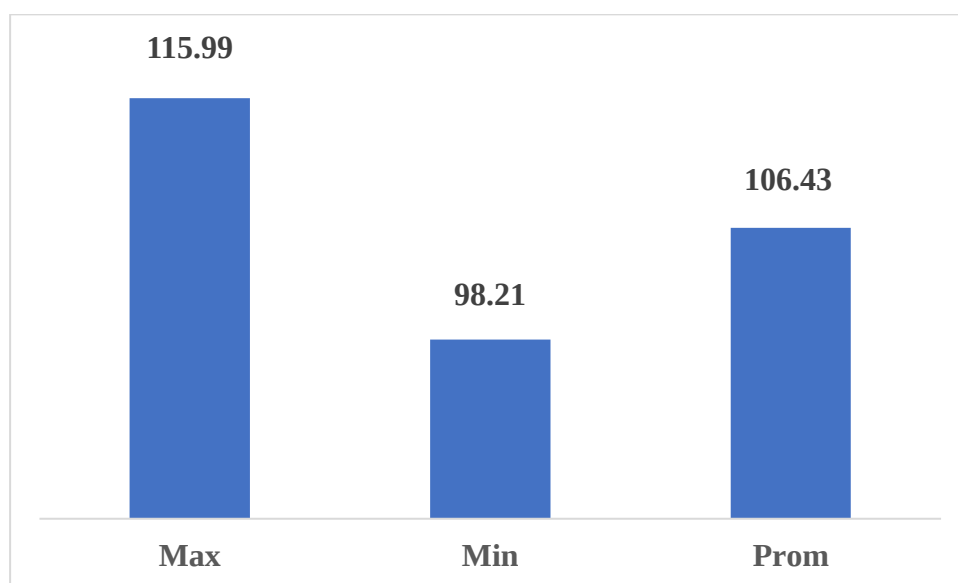
Los resultados mostraron que la dosificación 1:4 presentó un desempeño superior en términos generales. Este comportamiento se evidenció en la menor variación dimensional, tanto en largo (0.88 %) como en ancho (0.69 %), lo que indicó una mayor estabilidad en sus medidas. Asimismo, en esta dosificación no se registró alabeo, lo que representó una ventaja significativa frente a la dosificación 1:3, que alcanzó valores de 7 mm en cóncavo y 4.8 mm en convexo. En cuanto a la absorción, la dosificación 1:4 alcanzó 12.39 %, un valor más bajo respecto al 15.06 % de la dosificación 1:3 y al 13.19 % de la dosificación 1:5, lo que reflejó un mejor comportamiento frente a la porosidad y a la durabilidad. En términos de densidad, las tres dosificaciones se mantuvieron similares, alrededor de 1.80–1.81 gr/cm³, por lo que este

parámetro no fue determinante. Sin embargo, el aspecto más relevante se observó en la resistencia a la compresión promedio, donde la dosificación 1:4 alcanzó 130.73 kg/cm², superando de manera significativa a la dosificación 1:3 (106.43 kg/cm²) y a la dosificación 1:5 (111.79 kg/cm²).

Con el fin de obtener un análisis más profundo, se efectuó el control estadístico de las unidades de arcilla en relación con su resistencia a la compresión. En la figura 5 se representó la resistencia a la compresión de las unidades silico calcáreas de Dosificación 1:3, mostrando la variación de los valores obtenidos a lo largo de los diferentes ensayos realizados.

Figura 5

Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:3



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con dosificación 1:3 alcanzó un valor máximo de 115.99 kg/cm² y un mínimo de 98.21 kg/cm², registrando un promedio de 106.43 kg/cm². Estos resultados reflejaron un nivel de resistencia elevado y relativamente uniforme, ya que la diferencia entre los valores extremos no fue significativa en comparación con el promedio. El comportamiento observado evidenció la

efectividad de la dosificación aplicada, que permitió obtener un material con desempeño mecánico consistente y con buena capacidad portante.

En la Tabla 7 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con una dosificación 1:3, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 7

Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos - Dosificación 1:3

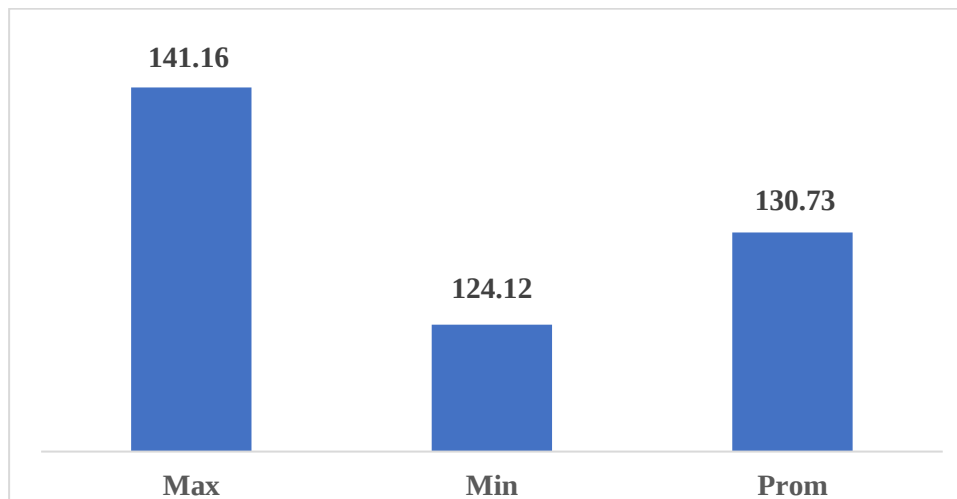
PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	102.19	110.66
95.10%	97.95	114.90
99.70%	93.72	119.13

El análisis mostró que, al 99.7 % de confianza, el intervalo de resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con dosificación 1:3 se ubicó entre 93.72 y 119.13 kg/cm². El valor mínimo resultó 27.4 % inferior al parámetro normativo de 129 kg/cm² establecido por la Norma Técnica E.070 de Albañilería. Además, en este caso el valor normativo no se encontró dentro del rango de confianza, lo que indicó que la producción con esta dosificación no alcanzó el nivel exigido en condiciones de máxima confiabilidad estadística.

En la figura 6 se representó la resistencia a la compresión de las unidades silico calcáreas de Dosificación 1:4, mostrando la variación de los valores obtenidos a lo largo de los diferentes ensayos realizados.

Figura 6

Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:4



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con dosificación 1:4 alcanzó un valor máximo de 141.16 kg/cm² y un mínimo de 124.12 kg/cm², registrando un promedio de 130.73 kg/cm². Estos resultados reflejaron un nivel de resistencia alto y con menor dispersión respecto a la dosificación 1:3, lo que indicó una mayor estabilidad en el comportamiento del material. El promedio alcanzado evidenció que esta dosificación permitió obtener un desempeño más uniforme, lo cual mejoró la confiabilidad de las piezas en cuanto a su capacidad portante.

En la Tabla 8 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con una dosificación 1:4, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 8

*Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -
Dosificación 1:4*

PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	125.99	135.47
95.10%	121.26	140.21
99.70%	116.52	144.94

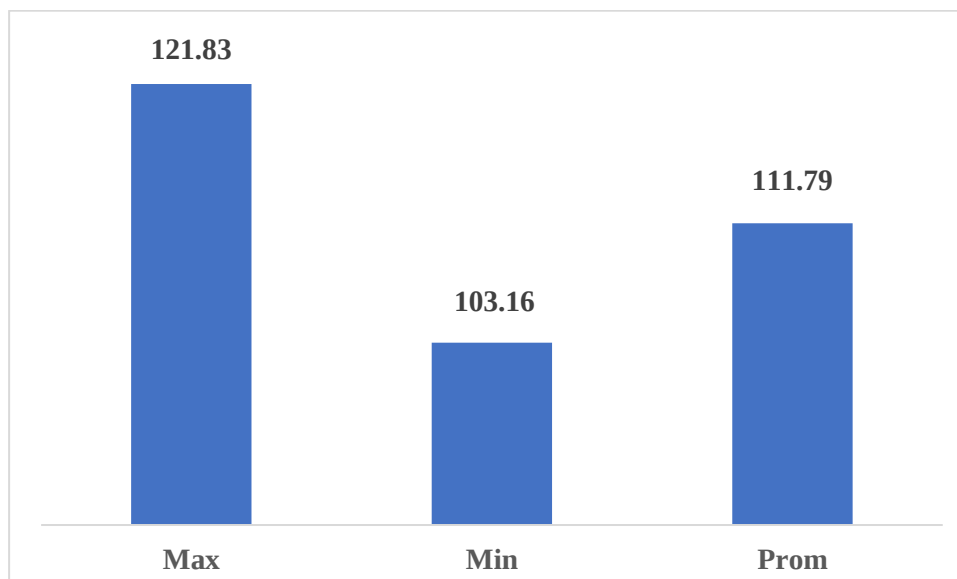
El análisis mostró que, al considerar el nivel de confianza del 99.7 %, el intervalo de resistencia a la compresión de los ladrillos silico–calcáreos con dosificación 1:4 se ubicó entre 116.52 y 144.94 kg/cm². El valor mínimo de este rango representó una diferencia de aproximadamente 9.7 % por debajo del parámetro normativo de la Norma Técnica E.070 de Albañilería (129 kg/cm²).

Sin embargo, al encontrarse dicho valor normativo dentro del intervalo definido, se determinó que los resultados sí lograron abarcar el nivel exigido por la normativa. Esto indicó que, aunque existió cierta dispersión en los valores más bajos, la dosificación 1:4 presentó un desempeño capaz de cumplir con lo requerido en la E.070 dentro de los márgenes estadísticos de máxima confiabilidad.

En la figura 7 se representó la resistencia a la compresión de las unidades silico calcáreas de Dosificación 1:5, mostrando la variación de los valores obtenidos a lo largo de los diferentes ensayos realizados.

Figura 7

Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -Dosificación 1:5



El análisis mostró que la resistencia a la compresión de los ladrillos silico-calcáreos con dosificación 1:5 alcanzó un valor máximo de 121.83 kg/cm² y un mínimo de 103.16 kg/cm², con un promedio de 111.79 kg/cm². La diferencia entre los valores extremos evidenció una dispersión moderada, mientras que el promedio indicó un desempeño mecánico menor respecto de las dosificaciones 1:3 y 1:4. En conjunto, los resultados reflejaron que el ajuste hacia 1:5 redujo la resistencia y mostró una variabilidad apreciable en las muestras ensayadas.

En la Tabla 9 se mostraron los intervalos de resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con una dosificación 1:5, asociados a diferentes probabilidades de ocurrencia.

Tabla 9

*Probabilidad de ocurrencia – Resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos -
Dosificación 1:5*

PORCENTAJE	INTERVALO	
	A	B
68.00%	107.34	116.24
95.10%	102.89	120.68
99.70%	98.44	125.13

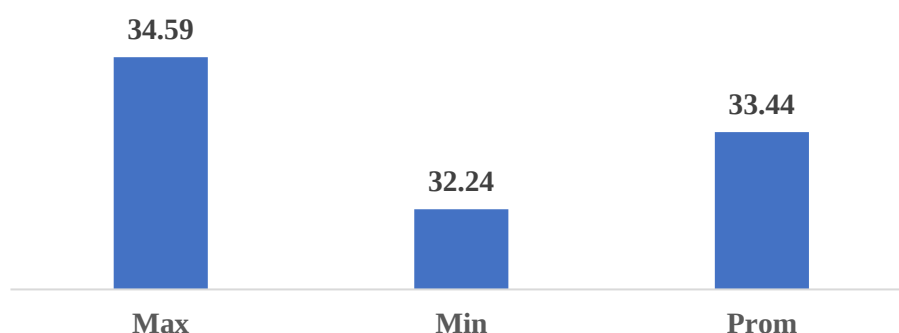
El análisis mostró que, al considerar los intervalos de resistencia a la compresión de los ladrillos silico calcáreos con dosificación 1:5, en todos los niveles de confianza estadística los valores mínimos estuvieron por debajo del parámetro normativo de la E.070 (129 kg/cm²). En el caso del 99.7 % de confianza, el valor mínimo fue de 98.44 kg/cm², lo que representó un déficit cercano al 23.7 % respecto al estándar exigido. Además, el intervalo máximo alcanzado en este nivel (125.13 kg/cm²) tampoco llegó a cubrir el valor de referencia, lo que evidenció que la totalidad del rango de confianza quedó por debajo de lo normado. Esto indicó que la dosificación 1:5 no tuvo la capacidad de cumplir con los requerimientos de resistencia establecidos por la normativa, incluso bajo el escenario estadístico más amplio.

4.3. Propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.

Como se expuso en la fase de unidades, la ladrillera López presentó las mejores características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción y densidad dentro de los rangos de la Norma E.070) y el mayor promedio de resistencia con menor dispersión respecto de Vaper y Jaimito. Por ello, se adoptó como referencia de arcilla para la etapa de ensambles. En la Figura 8 se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas construidas con unidades de la ladrillera López.

Figura 8

Resistencia a la compresión de pilas de albañilería – ladrillera Lopez

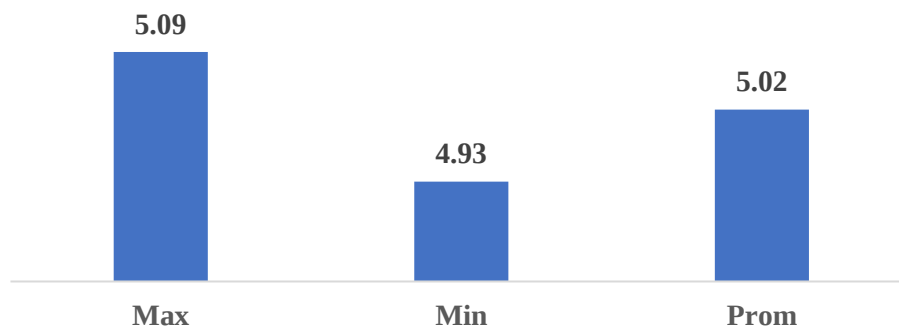


La resistencia osciló entre 32.24 kg/cm² y 34.59 kg/cm², y alcanzó un promedio de 33.44 kg/cm². Este comportamiento evidenció una dispersión reducida entre los valores obtenidos, lo que reflejó una homogeneidad adecuada en el desempeño de las pilas elaboradas con estas unidades.

En la Figura 9 se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes elaborados con unidades de la ladrillera Lopez.

Figura 9

Resistencia a la compresión diagonal de muretes– ladrillera Lopez

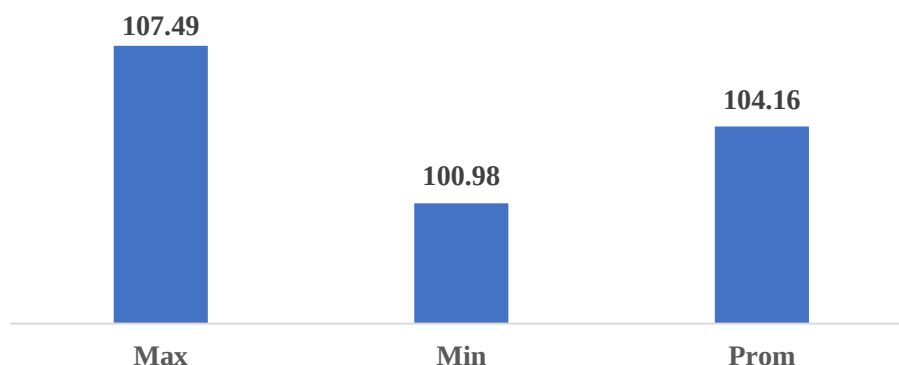


Los valores oscilaron entre 4.93 kg/cm² y 5.09 kg/cm², obteniéndose un promedio de 5.02 kg/cm². Este comportamiento reflejó una variación mínima entre los resultados, lo que indicó una adecuada consistencia en el desempeño de los muretes ensayados.

En la Figura 10 se mostraron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas de albañilería elaboradas con ladrillo silico calcáreo en la dosificación 1:4.

Figura 10

Resistencia a la compresión de pilas de albañilería – Ladrillo silico calcáreo Dosificación 1:4

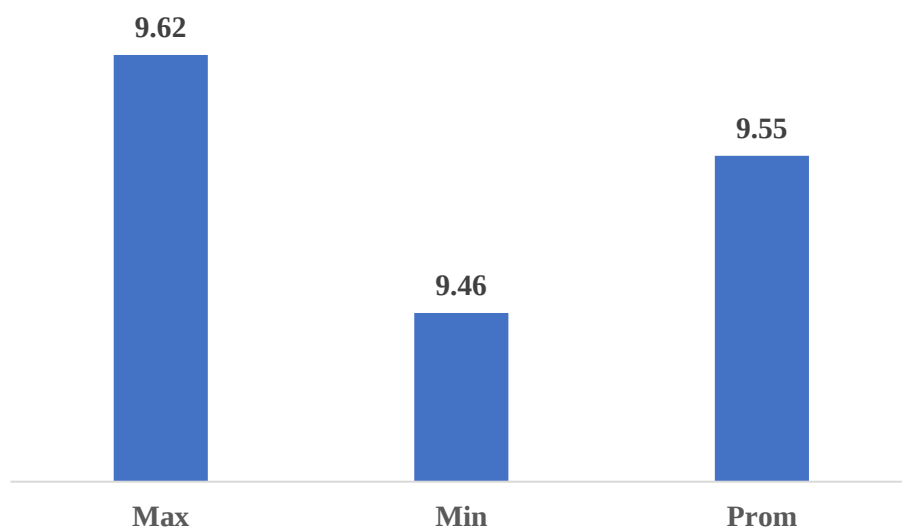


Los valores oscilaron entre 100.98 kg/cm² y 107.49 kg/cm², alcanzando un promedio de 104.16 kg/cm². Estos resultados reflejaron una adecuada consistencia en el comportamiento de las pilas, evidenciando que la resistencia mínima obtenida se mantuvo dentro de un rango elevado y con una variación reducida, lo que indicó un buen desempeño mecánico de la dosificación aplicada.

En la Figura 11 se presentaron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes elaborados con Ladrillo silico calcáreo Dosificación 1: 4.

Figura 11

Resistencia a la compresión diagonal de muretes– Ladrillo silico calcáreo Dosificación 1: 4



El valor máximo registrado fue de 9.62 kg/cm², mientras que el mínimo alcanzó los 9.46 kg/cm², obteniéndose un promedio de 9.55 kg/cm². Estos resultados reflejaron un comportamiento bastante uniforme, con una diferencia mínima entre los valores extremos. En términos generales, se evidenció que la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de esta ladrillera mostró estabilidad en sus resultados, lo que otorgó confiabilidad al desempeño mecánico alcanzado.

4.4. Costo y calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.

En la Tabla 10 se presentó la comparación de la calidad técnica de muros de albañilería contruidos con unidades de la ladrillera Lopez y con ladrillos silico calcáreos en dosificación 1:4, frente a los valores de referencia establecidos en la Norma Técnica E.070.

Tabla 10

Comparación de la calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silicos calcáreos y ladrillos de arcilla artesanales con la Norma E.070

Muestra	Condición	Pilas (kg/cm ²)	Muretes (kg/cm ²)
Ladrillera Lopez	Valor	33.44	5.02
	Norma E.070	35.00	5.10
Ladrillos silico calcáreos D 1:4	Valor	104.16	9.55
	Norma E.070	103.00	9.50

En la Tabla se mostró la evaluación de la calidad técnica, entendida como la capacidad de las unidades para cumplir con las propiedades mecánicas establecidas por la Norma E.070. En este caso, la dimensión considerada fue la resistencia a la compresión, cuyos sub-indicadores correspondieron a las pruebas en pilas y muretes.

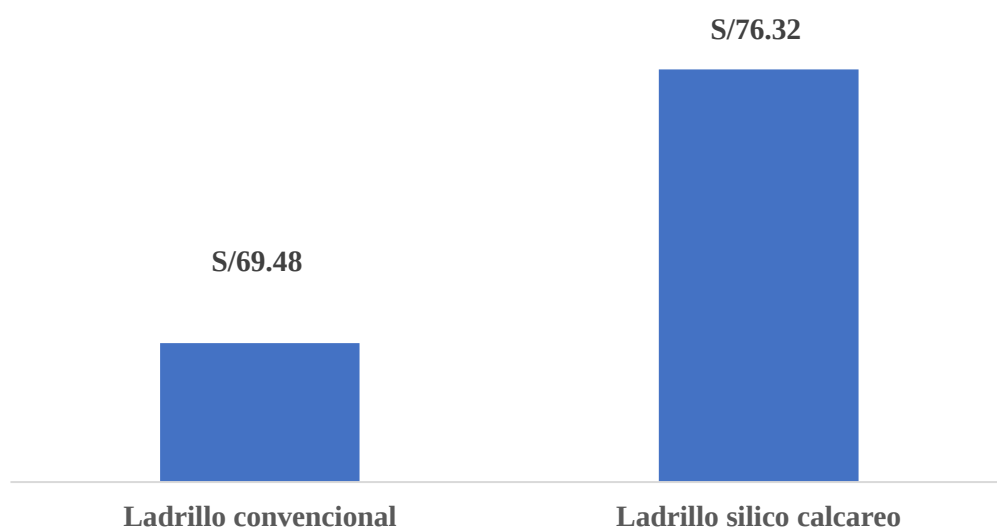
Los resultados de la ladrillera Lopez evidenciaron valores por debajo del umbral normativo: las pilas alcanzaron 33.44 kg/cm², es decir, un déficit del 4.45 % respecto al valor mínimo de 35.00 kg/cm², mientras que los muretes obtuvieron 5.02 kg/cm², con una diferencia negativa del 1.57 % frente a los 5.10 kg/cm² exigidos.

En contraste, los ladrillos silico calcáreos con dosificación 1:4 reflejaron una calidad técnica conforme a lo normado. Las pilas alcanzaron 104.16 kg/cm^2 , superando el valor de referencia (103.00 kg/cm^2) en un 1.13 %, y los muretes registraron 9.55 kg/cm^2 , por encima del límite (9.50 kg/cm^2) en un 0.53 %.

En la Figura 12 se presentó la comparación de costos por metro cuadrado de muro construido con ladrillo silico calcáreo y con ladrillo de arcilla.

Figura 12

Comparación de costos de un m2 de muro con ladrillo silico calcáreo y ladrillo de arcilla.



El análisis mostró que el costo con ladrillo de arcilla fue de S/ 69.48 por m², mientras que con ladrillo silico calcáreo alcanzó S/ 76.32 por m², reflejando una diferencia de S/ 6.84 adicionales en el segundo caso. Se determinó que el ladrillo silico calcáreo presentó un incremento del 9.8 % respecto al costo del ladrillo de arcilla. Este mayor costo se explicó principalmente por el proceso de fabricación y secado más controlado, lo que garantizó una menor variación dimensional y mejores propiedades mecánicas. Si bien el ladrillo de arcilla resultó más económico, el silico calcáreo ofreció una mayor calidad y durabilidad, justificando la diferencia en inversión.

En la Tabla 11 se mostraron los indicadores técnicos–económicos obtenidos de la comparación entre el muro de ladrillo de arcilla y el muro elaborado con ladrillos silico calcáreos.

Tabla 11

Indicadores técnicos -económicos

Indicador	Arcilla	Silico- calcáreo	Diferencia
Costo (S/·m ²)	69.48	76.32	+9.84 %
Resistencia de pilas (kg/cm ²)	33.44	104.16	×3.115
Resistencia diagonal (kg/cm ²)	5.02	9.55	×1.902
CPD_pila = Costo / Resistencia (S por kg/cm ²)	2.078	0.733	–64.7 %
CPD_diag = Costo / Resistencia (S por kg/cm ²)	13.841	7.992	–42.3 %
IES_pila = Resistencia / Costo (kg/cm ² por S/)	0.481	1.365	+183.6 % (×2.84)
IES_diag = Resistencia / Costo (kg/cm ² por S/)	0.0723	0.1251	+73.2 % (×1.73)

Se observó que el costo por metro cuadrado de muro con ladrillo silico calcáreo fue de S/ 76.32, lo que representó un incremento del 9.84 % en relación con el muro de ladrillos de arcilla (S/ 69.48). Sin embargo, dicho incremento se justificó por el notable aumento en la resistencia a la compresión de pilas, que alcanzó 104.16 kg/cm² frente a 33.44 kg/cm², es decir, un valor 3.115 veces mayor. De igual modo, la resistencia diagonal pasó de 5.02 kg/cm² a 9.55 kg/cm², representando un incremento de 1.902 veces. Respecto al costo por durabilidad (CPD), los resultados evidenciaron que el muro silico calcáreo presentó un menor costo por unidad de resistencia. En pilas, el CPD disminuyó en 64.7 %, al pasar de 2.078 a 0.733 S/kg·cm², mientras que en muretes la reducción fue del 42.3 %, pasando de 13.841 a 7.992 S/kg·cm². Esto indicó que, pese a tener un costo inicial más elevado, el desempeño mecánico de los muros silico calcáreos generó una mayor eficiencia económica. Finalmente, el índice de eficiencia estructural (IES) corroboró dicha ventaja. En pilas, el IES aumentó de 0.481 a 1.365 kg/cm² por sol, lo que representó un incremento del 183.6 % (2.84 veces más), mientras que en muretes pasó de 0.0723 a 0.1251 kg/cm² por sol, es decir, un aumento del 73.2 % (1.73 veces más).

Estos resultados confirmaron que los muros elaborados con ladrillos silico calcáreos, a pesar de su mayor costo unitario, ofrecieron un mejor equilibrio técnico–económico al proporcionar mayor resistencia por cada sol invertido.

4.5. Comprobación de la hipótesis

Para demostrar la hipótesis se consideran dos conjuntos de criterios: los requisitos técnicos, que incluyen la resistencia de pilas y la resistencia diagonal de muretes, y las condiciones económicas derivadas del análisis de costo/calidad. La validación exige el cumplimiento simultáneo de ambos, de modo que el muro alcance los estándares mecánicos establecidos en la Norma E.070 y resulte viable para la optimización de la construcción. Con este criterio, la contrastación de resultados permitirá determinar si los ladrillos silico calcáreos satisfacen las dos condiciones planteadas para Nuevo Chimbote, 2022.

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de normalidad aplicada a la resistencia de pilas del muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos, utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk; dicha prueba fue seleccionada debido a que resulta especialmente adecuada para muestras de tamaño menor a 50, lo que garantiza una evaluación precisa de la adecuación de los datos a una distribución normal.

En la Tabla 12 se mostraron los resultados de la prueba de normalidad aplicada a la resistencia de pilas de albañilería.

Tabla 12

Prueba de normalidad de la Resistencia de pilas de albañilería

Propiedad	Muro	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	,144	10	,200*	,947	10	0,628
	Muro con ladrillo silico calcáreo	,197	10	,200*	,894	10	0,186

Dado que el tamaño de la muestra fue menor a 50 ($n = 10$), correspondió aplicar la prueba de Shapiro-Wilk. Para el muro con ladrillos de arcilla se obtuvo un estadístico de 0.947 con un valor de significancia de 0.628, mientras que para el muro elaborado con ladrillo silico calcáreo se registró un estadístico de 0.894 y un valor de significancia de 0.186. En ambos casos, los valores de significancia fueron superiores a 0.05, por lo que se concluyó que los datos siguieron una distribución normal. Esta condición permitió la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas en el análisis comparativo, asegurando que las diferencias observadas entre los muros fueran interpretadas con mayor precisión y confiabilidad.

Con base en los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, se verificó que los datos presentaron una distribución normal, por lo tanto, se procedió a aplicar el análisis de varianza (ANOVA), ya que este método estadístico requiere que los datos cumplan con el supuesto de normalidad, de modo que se garantice la validez de los resultados.

Hipótesis 01

H₀: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos no presenta una mayor resistencia en pilas en comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

H1: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos presenta una mayor resistencia en pilas en comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

En la Tabla 13 se presentaron los resultados del análisis ANOVA aplicado a la resistencia de pilas de albañilería.

Tabla 13

Análisis ANOVA de la Resistencia de pilas de albañilería

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	24851,250	1	24851,250	7458,224	,000
Intra-grupos	59,977	18	3,332		
Total	24911,227	19			

El estadístico obtenido fue $F = 7458.224$, acompañado de un nivel de significancia de $p = 0.000$, el cual se encontró muy por debajo del umbral de 0.05. Este valor elevado de F indicó que la variabilidad entre los grupos superó ampliamente a la variabilidad interna, lo que evidenció diferencias significativas en la resistencia de los muros analizados.

En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alternativa (H_1), determinándose que el muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos presentó una mayor resistencia en pilas respecto al muro elaborado con ladrillos de arcilla. Este hallazgo no solo confirmó la superioridad técnica del material, sino que además se respaldó estadísticamente con un nivel de confianza del 95 %, validando que los resultados no se debieron al azar, sino a una diferencia real entre ambos tipos de muros.

En la Tabla 14 se mostraron los resultados de la prueba de normalidad aplicada a la resistencia diagonal de muretes.

Tabla 14

Prueba de normalidad de la Resistencia diagonal de muretes

Propiedad	Muro	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	,263	3	.	,263	3	,593
	Muro con ladrillo silico calcáreo	,319	3	.	,319	3	,339

Dado que el tamaño muestral fue menor a 50, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk como criterio principal, obteniéndose un valor de significancia de 0.593 para el muro con ladrillos de arcilla y 0.339 para el muro elaborado con ladrillo silico calcáreo. En ambos casos, los valores p fueron superiores al umbral de 0.05, lo que indicó que los datos siguieron una distribución normal. Este resultado permitió validar el uso de pruebas estadísticas paramétricas en el análisis comparativo, asegurando que las diferencias observadas entre ambos tipos de muretes se analizaran con mayor precisión y confiabilidad.

Con base en los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, se verificó que los datos presentaron una distribución normal, por lo tanto, se procedió a aplicar el análisis de varianza (ANOVA), ya que este método estadístico requiere que los datos cumplan con el supuesto de normalidad, de modo que se garantice la validez de los resultados.

Hipótesis 02

H0: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos no presenta una mayor resistencia diagonal de muretes comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

H1: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos presenta una mayor resistencia diagonal de muretes comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

En la Tabla 15 se presentaron los resultados del análisis ANOVA aplicado a la resistencia diagonal de muretes.

Tabla 15

Análisis ANOVA

Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30.872	1	30.872	4431.390	.000
Intra-grupos	.028	4	.007		
Total	30.900	5			

El estadístico F alcanzó un valor de 4431.390 con un nivel de significancia de 0.000, lo que fue inferior al umbral de 0.05. Este resultado indicó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, descartándose la hipótesis nula de igualdad de medias.

El elevado valor del estadístico F reflejó que la variabilidad entre grupos fue considerablemente mayor que la variabilidad dentro de los grupos, lo cual confirmó que el tipo de material empleado en la elaboración de los muretes influyó de manera significativa en su resistencia a la compresión diagonal. Por lo tanto, se concluyó que el uso de ladrillos silico calcáreos produjo un efecto diferenciado respecto a los ladrillos de arcilla, aportando un respaldo estadístico sólido para la hipótesis alternativa planteada en la investigación.

Hipótesis 03

H0: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos no presenta un menor costo/calidad técnica en comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

H1: El muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos presenta un menor costo/calidad técnica en comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

El sistema con ladrillo silico-calcáreo optimizó el costo/calidad técnica si y solo si se cumplieron ambas condiciones:

$$\mathbf{A:} \left. \frac{C}{RP} \right|_{\text{silico}} < \left. \frac{C}{RP} \right|_{\text{conv}} \quad \mathbf{Y} \quad \mathbf{B:} \left. \frac{C}{RM} \right|_{\text{silico}} < \left. \frac{C}{RM} \right|_{\text{conv}}$$

Donde C es el costo por m², RP la resistencia de pilas y RM la resistencia diagonal de muretes.

Condición A (pilas):

$$\frac{76.32}{104.16} = 0.7327 < \frac{69.48}{33.44} = 2.0778 \rightarrow \textit{Verdadero}$$

Condición B (Muretes):

$$\frac{76.32}{9.55} = 7.9916 < \frac{69.48}{5.02} = 13.8406 \rightarrow \textit{Verdadero}$$

Como A fue verdadera y B fue verdadera, se rechazó H₀ y se aceptó H₁. En consecuencia: El muro de albañilería construido con ladrillos silico-calcáreos presentó un menor costo por

calidad técnica que el muro con ladrillos de arcilla, contribuyendo a la optimización técnica y económica de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.

En base a los resultados obtenidos y a la aceptación de las hipótesis específicas H1, H2 y H3, se valida la hipótesis general, quedando evidenciado que el muro de albañilería construido con ladrillos sílico-calcáreos optimiza técnica y económicamente la construcción en comparación con el muro elaborado con ladrillos de arcilla en Nuevo Chimbote – 2022.

4.6. Discusión

Discusión 01: Los resultados mostraron que las tres ladrilleras presentaron deficiencias frente a los parámetros normativos. En variación dimensional, las tres muestras superaron los límites establecidos, con valores máximos de 9.75 % en la Ladrillera Jaimito. El alabeo cóncavo alcanzó 14.20 mm en la Ladrillera Vaper, sobrepasando el máximo de 10 mm, aunque en condición convexa algunos valores estuvieron dentro del rango permitido. En absorción, los resultados fueron críticos, ya que todas las muestras superaron el límite de 22 %, registrándose 29.03 % en la Ladrillera Vaper, 25.43 % en la Ladrillera Jaimito y 24.41 % en la Ladrillera Lopez. La densidad, en cambio, se mantuvo entre 1.80 y 1.88 gr/cm³, cumpliendo con el valor mínimo de 1.5 gr/cm³. Finalmente, en la resistencia a la compresión, se obtuvieron valores entre 53.09 y 60.04 kg/cm², cumpliendo el requisito mínimo de 50 kg/cm² según la Norma E.070. Cabe destacar que la Ladrillera Lopez presentó el mejor desempeño global, al registrar la menor variación dimensional (6.50 % en largo, 5.54 % en ancho y 2.59 % en altura), menor alabeo cóncavo (9 mm), la absorción más baja (24.41 %) y la resistencia más alta (60.04 kg/cm²).

Los resultados concuerdan con Briones (2024), quien en sus ladrillos patrón reportó una densidad de 1.38 g/cm³ y resistencia unitaria de 33 kg/cm², ambas por debajo de lo exigido normativamente, coincidiendo en la baja calidad técnica de las unidades artesanales. También guardan relación con Torres y Torres (2023), cuyos ladrillos presentaron resistencias unitarias de apenas 37.67 kg/cm² y absorción del 15.22 %, reflejando deficiencias comunes en la producción artesanal. Cahuaya (2022) obtuvo una resistencia de 50.18 kg/cm², muy cercana al límite normado, lo que coincide con el comportamiento observado en las ladrilleras locales, donde los valores apenas cumplen el mínimo establecido.

En contraste, los resultados difieren de lo señalado por Ludeña (2024), quien alcanzó resistencias unitarias de 106.48 kg/cm² y absorción de 15.22 %, valores muy superiores a los

obtenidos en Nuevo Chimbote. Estos resultados sugieren que, con un proceso de cocción controlado y la adición de viruta metálica, es posible mejorar notablemente el desempeño de los ladrillos artesanales. Asimismo, Torres (2024) reportó resistencias de hasta 155.98 kg/cm² y absorciones tan bajas como 3.6 % en diseños experimentales, cifras muy alejadas de la realidad artesanal local, ya que corresponden a procesos tecnificados y no comparables al método tradicional empleado en las ladrilleras estudiadas.

Las limitaciones encontradas se relacionan con la variabilidad de las dimensiones, los altos niveles de absorción y el exceso de alabeo, lo cual compromete la calidad física del ladrillo artesanal. Estas deficiencias coinciden con lo evidenciado por Briones (2024) y Torres y Torres (2023), quienes también identificaron altos índices de absorción y resistencias limitadas en sus muestras patrón. Tales limitaciones son atribuibles a la falta de control en la selección de la materia prima, el moldeo y la cocción, lo que afecta directamente la capacidad de los ladrillos para cumplir con la normativa vigente.

Los resultados confirman que, aunque las ladrilleras analizadas cumplen con el requisito de densidad y resistencia mínima, fallan en aspectos críticos como la variación dimensional, el alabeo y la absorción. Esto implica que, en condiciones reales de uso, las edificaciones construidas con estas unidades enfrentarán problemas de durabilidad y estabilidad. La Ladrillera Lopez, con el mejor comportamiento, evidencia que con mejoras en el control del proceso artesanal es posible acercarse más a los parámetros normativos. En la práctica, resulta urgente capacitar a los productores locales en técnicas de control de calidad y evaluar la incorporación de aditivos accesibles que permitan reducir la porosidad y mejorar la resistencia. Futuras investigaciones deben enfocarse en perfeccionar el proceso artesanal con innovaciones de bajo costo, orientadas a garantizar la seguridad estructural y la sostenibilidad de las construcciones

Discusión 02: Los resultados experimentales mostraron un comportamiento altamente favorable. En variación dimensional, las tres dosificaciones registraron valores muy bajos, con un máximo de 1.38 % en el ancho (dosificación 1:3), ampliamente por debajo de los límites normativos que fluctúan entre ± 4 % y ± 8 %. El alabeo se redujo a 7 mm en la dosificación 1:3 y se eliminó en las dosificaciones 1:4 y 1:5, cumpliendo con el máximo establecido de 10 mm. La absorción osciló entre 12.39 % y 15.06 %, lo que evidencia baja porosidad y se encuentra dentro del rango permitido (≤ 22 %). En densidad, los valores fueron estables, entre 1.80 y 1.81 gr/cm³, superando el mínimo exigido de 1.5 gr/cm³. Finalmente, la resistencia a la compresión alcanzó valores de 106.43 kg/cm² (1:3), 130.73 kg/cm² (1:4) y 111.79 kg/cm² (1:5). Estos resultados no solo cumplen el mínimo normativo de 50 kg/cm², sino que se ubican en niveles comparables con los ladrillos sílico-calc industriales de clase portante, los cuales presentan un promedio de 129 kg/cm² según la tabla de resistencias de la albañilería.

En contraste con la literatura, los resultados concuerdan con los hallazgos de Ludeña (2024), quien al adicionar viruta de acero reportó resistencias unitarias de 106.48 a 127.12 kg/cm² y absorciones cercanas a 15 %, muy similares a los obtenidos en las dosificaciones 1:3 y 1:4. Asimismo, se coincide con Torres (2024), que en su diseño D2 alcanzó una resistencia de 155.98 kg/cm² con una absorción mínima de 3.6 %, demostrando que el empleo de aditivos alternativos potencia las propiedades mecánicas. De igual forma, se concuerda parcialmente con Torres y Torres (2023), quienes, al utilizar escorias de aluminio y teja triturada, registraron resistencias superiores a 90 kg/cm² en ciertas proporciones, lo que evidencia la efectividad de innovaciones en el proceso productivo.

Por otro lado, los resultados discrepan de lo planteado por Briones (2024), cuyos ladrillos experimentales con fibra de cabuya alcanzaron resistencias de apenas 33 a 54 kg/cm² y densidades de 1.37 a 1.41 g/cm³, inferiores a lo registrado en los ladrillos sílico calcáreos.

También difieren de Cahuaya (2022), quien en sus ladrillos de arcilla-sílice reportó una resistencia de 50.18 kg/cm^2 , apenas en el umbral normativo y significativamente menor a las obtenidas en la presente investigación.

Las limitaciones evidenciadas se vinculan a la dependencia del resultado respecto a la dosificación. Aunque las tres proporciones evaluadas cumplieron la norma, la dosificación 1:4 mostró un desempeño sobresaliente, mientras que pequeñas variaciones en la mezcla podrían modificar las propiedades. Estas restricciones coinciden con lo señalado por Torres y Torres (2023) y Briones (2024), quienes subrayan la necesidad de un estricto control de calidad en ladrillos experimentales para garantizar reproducibilidad y consistencia.

En términos prácticos, los resultados confirman que los ladrillos sílico calcáreos constituyen una alternativa de alta calidad frente a los artesanales tradicionales. No solo cumplen todos los parámetros de la Norma E.070, sino que además se aproximan a la categoría industrial portante de la tabla de resistencias, lo que los convierte en una opción segura y eficiente para edificaciones con mayores exigencias estructurales. Se recomienda impulsar la producción a escala local y realizar investigaciones futuras que evalúen su desempeño frente a ciclos de humedad, cargas sostenidas y condiciones climáticas variables, con el fin de consolidar su incorporación en proyectos de construcción sostenible.

Discusión 03: La comparación de los resultados evidencia diferencias significativas entre la muestra con ladrillos de arcilla y la con ladrillos sílico calcáreos. En la Ladrillera Lopez (muestra con ladrillos de arcilla), la resistencia de pilas alcanzó 33.44 kg/cm^2 y la resistencia diagonal de muretes fue de 5.02 kg/cm^2 , ambas ligeramente por debajo de los valores normativos mínimos establecidos en la Norma E.070 (35.00 kg/cm^2 y 5.10 kg/cm^2 , respectivamente). Esto confirma que la producción artesanal no logra cumplir los requisitos técnicos. Por el contrario, los ladrillos sílico calcáreos con dosificación 1:4 (muestra

experimental) presentaron una resistencia de pilas de 104.16 kg/cm² y una resistencia de muretes de 9.55 kg/cm², superando los límites normativos (103.00 y 9.50 kg/cm²). Este desempeño demuestra que los ladrillos sílico calcáreos no solo cumplen la norma, sino que se posicionan como una alternativa mecánicamente superior a los ladrillos de arcilla.

Los resultados coinciden con lo reportado por Ludeña (2024), quien al adicionar viruta de acero en ladrillos artesanales obtuvo resistencias en pilas de 56.24 kg/cm² y en muretes de 5.01 kg/cm², confirmando que el uso de materiales alternativos puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas. Asimismo, se concuerda con Briones (2024), que en sus ladrillos experimentales con fibras de cabuya registró resistencias en pilas de 29–36 kg/cm² y en muretes de 0.32–0.50 MPa, valores menores que los de este estudio, pero que refuerzan la idea de que los aditivos inciden directamente en el incremento de las propiedades mecánicas. También se coincide con Cahuaya (2022), quien en ladrillos crudos de arcilla-sílice reportó resistencias en pilas de 35.81 kg/cm² y en muretes dentro del rango de 5–11 kg/cm², lo cual guarda relación con los valores obtenidos en la muestra experimental.

Los hallazgos difieren de lo indicado por Torres (2024), cuyos diseños experimentales no alcanzaron resultados estables en pilas y muretes, ya que, aunque algunos diseños mostraron resistencias a la compresión elevadas (155.98 kg/cm² en unidad), no presentaron valores consistentes en elementos de mampostería. De igual forma, los resultados discrepan con Torres y Torres (2023), quienes, al emplear escoria de aluminio y teja triturada, obtuvieron resistencias en pilas de apenas 14.74 a 26.95 kg/cm² y en muretes de 2.94 a 5.73 kg/cm², inferiores a las de los ladrillos sílico calcáreos de este estudio, lo cual demuestra que la eficiencia de los aditivos depende del tipo y del control del proceso productivo.

Las limitaciones se relacionan con la dificultad de extrapolar los resultados experimentales a una producción masiva, ya que la calidad del curado y la precisión de la dosificación en los

ladrillos silico calcáreos influyen directamente en las resistencias obtenidas. Asimismo, al comparar con la literatura, se evidencia que diferentes aditivos y condiciones de cocción generan variabilidad en pilas y muretes, lo que sugiere que los resultados deben interpretarse con cautela.

Los resultados obtenidos confirman que los ladrillos silico calcáreos constituyen una alternativa confiable para mejorar las propiedades mecánicas de la albañilería. A diferencia de los ladrillos de arcilla, que no lograron cumplir los parámetros normativos en pilas y muretes, los sílico calcáreos superaron los límites exigidos, garantizando mayor seguridad estructural y durabilidad. Desde la práctica, esto implica la posibilidad de sustituir progresivamente a los ladrillos artesanales en proyectos de vivienda y edificaciones de mediana altura en Nuevo Chimbote. Futuras investigaciones deberán orientarse a validar estos resultados en estructuras a escala real y a explorar nuevas combinaciones de aditivos que permitan optimizar aún más la resistencia de pilas y muretes, sin comprometer la viabilidad económica de la producción.

Discusión 04: Los resultados evidenciaron que el costo por metro cuadrado de muro con ladrillo de arcilla fue de S/ 69.48, mientras que el de los ladrillos silico calcáreos ascendió a S/ 76.32, es decir, un incremento del 9.84 %. No obstante, este aumento quedó ampliamente compensado por el mejor desempeño mecánico. En pilas, la resistencia pasó de 33.44 kg/cm² a 104.16 kg/cm², representando un incremento de 3.115 veces, y en muretes de 5.02 kg/cm² a 9.55 kg/cm², lo que supuso un aumento de 1.902 veces. Al relacionar costo y resistencia, el CPD en pilas se redujo en 64.7 % (2.078 a 0.733 S/kg·cm²) y en muretes en 42.3 % (13.841 a 7.992 S/kg·cm²). A su vez, el IES en pilas pasó de 0.481 a 1.365 kg/cm² por sol (+183.6 %) y en muretes de 0.0723 a 0.1251 (+73.2 %). Estos resultados confirman que, aunque los ladrillos sílico calcáreos presentan un costo inicial superior, ofrecen un mejor equilibrio técnico–económico al brindar mayor resistencia por cada sol invertido.

Los resultados guardan similitud con lo expuesto por Ludeña (2024), quien al adicionar viruta de acero en ladrillos artesanales observó un incremento de costos de fabricación (de S/ 0.278 a S/ 0.316 por unidad) y de costo en obra (de S/ 0.420 a S/ 0.458), pero acompañado de un aumento en la resistencia de pilas hasta 73.85 kg/cm² y en muretes hasta 10.98 kg/cm². Este comportamiento evidencia que, pese al incremento en el costo, la ganancia en resistencia mejora la eficiencia técnico–económica, situación que coincide con lo hallado en los muros sílico calcáreos. Asimismo, se coincide con Torres (2024), quien en su diseño D2 obtuvo una resistencia de 155.98 kg/cm², lo que demuestra que los materiales alternativos pueden elevar la calidad técnica, aunque impliquen un mayor costo inicial. Finalmente, se concuerda con Briones (2024) en la relación costo–beneficio, al observar que sus ladrillos experimentales tuvieron un precio inferior al ladrillo de arcilla (S/ 0.68–0.78 frente a S/ 0.82), y aunque sus resistencias de pilas y muretes fueron bajas (29–36 kg/cm² y 0.32–0.50 MPa, respectivamente), se confirma la importancia de relacionar el costo con el desempeño mecánico, pues no siempre un menor precio implica eficiencia estructural.

Los resultados difieren de lo reportado por Torres y Torres (2023), quien empleando escoria de aluminio y teja triturada obtuvo resistencias en pilas de apenas 14.74 a 26.95 kg/cm² y en muretes de 2.94 a 5.73 kg/cm². Aunque sus unidades pudieron tener costos relativamente bajos, los valores mecánicos alcanzados limitan cualquier ventaja técnico–económica. De igual forma, se discrepa con Cahuaya (2022), que en ladrillos crudos de arcilla–sílice alcanzó resistencias en pilas de 35.81 kg/cm² y en muretes cercanas a 5–11 kg/cm², sin reportar costos, lo que refleja un rendimiento insuficiente frente a los resultados de los ladrillos sílico calcáreos, tanto en calidad técnica como en relación costo–resistencia.

Entre las limitaciones se destaca la dependencia de la valoración costo–calidad técnica respecto a la estabilidad de los procesos de fabricación. Factores como el control de curado, la

dosificación y la mano de obra influyen directamente en la resistencia y, por ende, en la eficiencia económica. Además, aunque los resultados experimentales son alentadores, su generalización a producciones masivas requiere estudios de factibilidad industrial que evalúen el comportamiento de los costos en escalas mayores.

La investigación confirma que los ladrillos silico calcáreos constituyen una alternativa más eficiente que los ladrillos de arcilla en términos de costo–calidad técnica. Aunque implican un mayor costo inicial por metro cuadrado de muro, el triple de resistencia en pilas y casi el doble en muretes aseguran una mejor relación costo–beneficio, reduciendo el gasto estructural por cada sol invertido. En la práctica, su empleo representa una inversión estratégica en edificaciones que demandan durabilidad y seguridad estructural, con menores riesgos de fallas y menores costos de mantenimiento a largo plazo. Futuras investigaciones deberán comparar estos resultados con otras innovaciones en ladrillos experimentales que incluyan fibras, escorias y residuos, para ampliar las alternativas de optimización técnico–económica disponibles en la construcción.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla producidas artesanalmente por tres fabricantes, según los parámetros de la Norma Técnica E.070, en la ciudad de Nuevo Chimbote, se concluye lo siguiente:

Los ladrillos artesanales producidos en las tres ladrilleras de Nuevo Chimbote presentaron deficiencias en sus propiedades físicas, ya que la variación dimensional (6,5–9,7 %) superó los límites de la Norma Técnica E.070, que establece ± 4 % para el largo, ± 6 % para el ancho y ± 8 % para la altura. De igual manera, el alabeo alcanzó hasta 14,2 mm, por encima del máximo permitido de 10 mm, y la absorción de agua se ubicó entre 24,4 % y 29 %, excediendo el límite normativo de 22 %. En contraste, la densidad (1,80–1,88 g/cm³) superó el mínimo de 1,5 g/cm³ y la resistencia a la compresión (53,09–60,04 kg/cm²) cumplió con el requisito de al menos 50 kg/cm². La Ladrillera López registró el mejor desempeño global, alcanzando la mayor resistencia (60,04 kg/cm²) y los valores más bajos de variación dimensional y absorción; sin embargo, sus resultados tampoco satisfacen plenamente los parámetros normativos.

- Al determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote, se concluye lo siguiente:

Los ladrillos sílico calcáreos elaborados en tres dosificaciones (1:3, 1:4 y 1:5) cumplieron satisfactoriamente con los parámetros normativos de variación dimensional, registrando valores entre 0,12 % y 1,37 %, dentro de los límites de ± 4 % para el largo, ± 6 % para el ancho y ± 8 % para la altura. El alabeo alcanzó como máximo 7 mm, por debajo del límite de 10 mm establecido en la Norma Técnica E.070, mientras que la absorción de agua se ubicó entre 12,39 % y 15,06 %, inferior al máximo permitido de 22 %. La densidad se mantuvo en un rango de 1,80 a 1,81 g/cm³, superando el mínimo normativo de 1,5 g/cm³.

Respecto a la resistencia a la compresión, únicamente la dosificación 1:4 superó el valor mínimo exigido de 129 kg/cm², alcanzando 130,73 kg/cm², mientras que las dosificaciones 1:3 (106,43 kg/cm²) y 1:5 (111,79 kg/cm²) no lograron cumplir con este requisito. Por lo tanto, todas las dosificaciones presentan un desempeño físico adecuado; sin embargo, únicamente la dosificación 1:4 cumple de manera integral con las propiedades físicas y mecánicas exigidas por la normativa vigente.

- Determinar las propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote, se concluye lo siguiente:

Los muros de albañilería construidos con ladrillos de arcilla no alcanzaron los valores normativos mínimos, registrando 33,44 kg/cm² en la resistencia de pilas frente a 35 kg/cm² exigidos y 5,02 kg/cm² en la resistencia diagonal de muretes frente a 5,1 kg/cm². En contraste, los muros elaborados con ladrillos silico calcáreos en dosificación 1:4 superaron los parámetros de la Norma E.070, alcanzando 104,16 kg/cm² en pilas y 9,55 kg/cm² en muretes, cumpliendo así con los requisitos establecidos para aplicaciones estructurales. Esto demuestra que los ladrillos silico calcáreos constituyen una alternativa técnica superior frente a los de arcilla, garantizando mayor seguridad y confiabilidad estructural en la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.

- Valorar el costo y calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote, se concluye lo siguiente:

El costo de los muros con ladrillos sílico–calcáreos (S/ 76,32 por m²) fue 9,84 % mayor que el de arcilla (S/ 69,48 por m²). Sin embargo, la resistencia de pilas mostró un incremento de 211,5 % (104,16 frente a 33,44 kg/cm²) y la resistencia diagonal aumentó en 90,2 % (9,55 frente a 5,02 kg/cm²). En los indicadores técnicos, el costo/resistencia se

redujo en 64,7 % y 42,3 %, mientras que la resistencia/costo se incrementó en 183,6 % y 73,2 % en comparación con la arcilla. Estos resultados confirman que, pese a su mayor costo, los muros sílico–calcáreos presentan un desempeño técnico–económico claramente superior.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los productores artesanales de ladrillos en Nuevo Chimbote implementar procesos de control de calidad en la elaboración de las unidades, debido a que la variación dimensional, el alabeo y la absorción no cumplen con la Norma E.070. Asimismo, se recomienda a las autoridades locales de vivienda y construcción promover programas de capacitación técnica orientados a la mejora del moldeo, la selección de materia prima y la cocción, de modo que los ladrillos de arcilla puedan alcanzar los parámetros mínimos establecidos y asegurar un desempeño estructural más confiable en las edificaciones.
- Se recomienda a los fabricantes de ladrillos en la ciudad de Nuevo Chimbote priorizar la producción de ladrillos silico calcáreos en dosificación 1:4, dado que esta mezcla es la única que cumple íntegramente con los parámetros normativos de la Norma E.070, alcanzando una resistencia a la compresión de 130.73 kg/cm². Asimismo, se recomienda a los constructores y empresas ejecutoras incorporar esta alternativa en proyectos de edificación que demanden mayor seguridad estructural, ya que garantiza un mejor desempeño técnico en comparación con los ladrillos de arcilla.
- Se recomienda a los ingenieros y proyectistas estructurales optar por el uso de ladrillos silico calcáreos en la construcción de muros de albañilería, debido a que alcanzan valores de resistencia en pilas (104.16 kg/cm²) y en muretes (9.55 kg/cm²) superiores a lo establecido en la Norma E.070, garantizando mayor seguridad y confiabilidad estructural frente a los ladrillos de arcilla. Asimismo, se recomienda a los responsables de la gestión de proyectos de vivienda en Nuevo Chimbote fomentar la incorporación de esta alternativa en edificaciones de mediana altura, donde la resistencia de los elementos es determinante para la estabilidad global.

-
- Se recomienda a las autoridades regionales y programas de vivienda social incentivar el uso de esta alternativa mediante políticas de difusión y capacitación técnica, con el objetivo de optimizar los recursos económicos y garantizar edificaciones más seguras y sostenibles en la ciudad de Nuevo Chimbote.

**CAPITULO VI:
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

- Aguirre Ullaui, M. C., Romero Bastidas, M., Ramírez Bustamante, J., y Castillo Carchipulla, E. (2022). El ladrillo artesanal de Cuenca (Ecuador): una caracterización inicial en el marco patrimonial. *Conservar Património*, 41, 68-94. <https://doi.org/10.14568/cp26915>
- Amin, S. K., y Abadir, M. F. (2025). Uso innovador de pañales reciclados en la fabricación de ladrillos. *Construction and Building Materials*, 492, 142847. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.142847>
- Arias Gonzáles, J. L., y Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (1.^a ed.). Enfoques Consulting EIRL. <https://www.tesisconjosearias.com/>
- Briones Diaz, A. T. (2024). *Propuesta de unidades de albañilería sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
- Bubalo, A., Vouk, D., Rogošić, M., y Nakić, D. (2025). Secado de lodos de depuradora por microondas: un aditivo sostenible para mejorar la fabricación de ladrillos de arcilla. *Journal of Environmental Management*, 385, 125557. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125557>
- Cahuaya Choque, J. C. (2022). *Ladrillos crudos de arcilla – sílice y la mejora de propiedades mecánicas de la albañilería en el distrito de Huancayo* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Los Andes].
- Chávez Minaya, D. M., y Gamarra Abad, J. D. (2021). *Utilización de cáscaras de huevo calcinado como adición en la elaboración de unidades de albañilería en Nuevo Chimbote* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa].

Chinchay Córdova, R. J., y Chinchay Córdova, Y. G. (2023). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de uso en la albañilería confinada, Huaraz 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].

Crespo-López, L., Coletti, C., Arizzi, A., y Cultrone, G. (2024). Effects of using tea waste as an additive in the production of solid bricks in terms of their porosity, thermal conductivity, strength and durability. *Sustainable Materials and Technologies*, 39, e00859. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00859>

Da Costa, L. F., Balestra, C. E. T., y Ramírez Gil, M. Á. (2023). Evaluación de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de ladrillos ecológicos modulares activados con suelo-álcali sin cemento Portland. *Environmental Development*, 48, 100932. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100932>

Detho, A., y Abdul Kadir, A. (2024). Evaluación de las propiedades técnicas de la producción de ladrillos de arcilla cocida con lodos de mosaico: un estudio exhaustivo sobre la lixiviabilidad de metales pesados para obtener beneficios ambientales y económicos sostenibles. *Journal of Building Engineering*, 94, 110072. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110072>

Díaz, A. E., Di Lalla, N., y Hernández, A. (2025). Analysis of a new brick design using plastic waste. *Cleaner Waste Systems*, 12, 100339. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100339>

Flores Nicolás, M., Chávez, M. M., Vlasova, M., y Pi Puig, T. (2024). Low-temperature sintering of ceramic bricks from clay, waste glass and sand. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 63, 377–388. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2024.06.003>

- Fuchs, K., Gaikwad, A. D., Prokein, M., Schieferstein, E., Nühlen, J., Mölders, N., y Renner, M. (2023). Curado con CO₂ de ladrillos de mampostería a base de escoria reductora de carbono a presiones elevadas a escala preindustrial. *The Journal of Supercritical Fluids*, 203, 106064. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2023.106064>
- Hadi, M. M., Martel Carranza, C. P., Huayta Meza, F. T., Rojas León, C. R., y Arias Gonzáles, J. L. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* (1.^a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Islam, M. M., Rashid, M. H., y Muntasir, M. A. (2023). Effect of sand and lime on physical and mechanical properties of autoclaved aerated concrete. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2713, p. 020003). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0129829>
- Kamal, M. A., y Saidulu, H. C. (2025). Exploratory study of calcium silicate bricks as a potential material for building construction. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 13(1), 13–18. <https://doi.org/10.12691/ajcea-13-1-3>
- Kostrzewa-Demczuk, P., Stepień, A., Dachowski, R., y da Silva, R. B. (2023). Influence of waste basalt powder addition on the microstructure and mechanical properties of autoclave brick. *Materials*, 16(2), 870. <https://doi.org/10.3390/ma16020870>
- Lewo Nkondi, B., Azama, N., Blaysat, B., de Baynast, H., y Moutou Pitti, R. (2025). Fired clay bricks made by incorporating organic additives: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 23, e05037. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05037>
- Li, Z., Shen, A., Wu, H., Wang, W., Wang, L., y Guo, Y. C. (2022). Propiedades y mecanismos del agregado reciclado de ladrillo y hormigón reforzado mediante tratamiento de

modificación de compuestos. *Construction and Building Materials*, 315, 125678.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125678>

Ludeña Bazan, P. R. (2024). *Propuesta para el mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal adicionando viruta de acero en la ciudad de Chiclayo* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Propuesta de Norma Técnica E.070: Albañilería*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).

Orostegui Melendrez, N. B., Godos Malca, I. T., y Chahuare Paucar, L. (2025). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos elaborados con lodos residuales de plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales. *Gaceta Técnica*, 26(1), 18–34. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica261.2>

Stepien, A. (2023). Recycling in building materials: Analysis of the possibilities and results of using recycled glass sand in autoclaved materials. *Energies*, 16(8), 3529. <https://doi.org/10.3390/en16083529>

Stepien, A., Potrzeszcz-Sut, B., Prentice, D. P., Oey, T., y Balonis, M. (2020). The role of glass compounds in autoclaved bricks. *Buildings*, 10(3), 41. <https://doi.org/10.3390/buildings10030041>

Ticsihua Taipe, R. M. (2025). *Ladrillos prensados a partir de la combinación de cemento endurecido y arcilla procedentes de las canteras del distrito de San Agustín – Huancayo – Junín* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].

-
- Torres Baldeón, A. M. (2024). *Fabricación de ladrillos ecológicos con residuos de construcción y demolición para su empleo en la mampostería ordinaria* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].
- Torres Vásquez, M., y Vásquez Torres, E. J. (2023). *Caracterización física y mecánica de ladrillos artesanales de arcilla usando escorias de aluminio y teja triturada* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán].
- Yang, C., Wang, L., Zhang, Z., Wang, H., Wu, D., Wang, Y., Liang, L., y Liu, W. (2024). Experimental study on the physical properties of autoclaved bricks made from desert sand and their resistance to sulfate attacks. *Sustainability*, 16(16), 6855. <https://doi.org/10.3390/su16166855>
- Youcef, A., Youcef, B., y Kriker, A. (2023). Comparative study on the impact of sand and lime on the physical and mechanical characteristics of unfired and fired earth bricks. *International Journal of Membrane Science and Technology*, 10(3), 1257–1264. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i3.1698>
-

CAPÍTULO VII:

ANEXOS

Anexo 01- Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Ladrillo silico calcáreo (Variable Independiente)	Es una unidad de albañilería fabricada con cal y arena de sílice, sometida a presión y curado en autoclave, caracterizada por su alta resistencia, baja absorción y estabilidad dimensional, utilizada en la construcción de muros estructurales y no estructurales (Orostegui et al, 2025).	Se evaluarán las propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, succión, absorción y densidad) y mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos silico calcáreos mediante ensayos normalizados, comparándolos con ladrillos de arcilla.	Propiedades físicas	Variación Dimensional	Ficha de observación- NTP 399.613	Razón numérica
				Alabeo	Ficha de observación- NTP 399.614	Razón numérica
				Succión	Ficha de observación- NTP 331.018	Razón numérica
				Absorción	Ficha de observación- NTP 331.018	Razón numérica
				Densidad	Ficha de observación- NTP 331.017	Razón numérica
Muro de albañilería (Variable Dependiente)	Es una estructura conformada por la unión de unidades de albañilería y mortero, diseñada para resistir cargas verticales y laterales, garantizar estabilidad y cumplir funciones técnicas y económicas dentro del proceso constructivo, según la Norma E.070 Albañilería.	Se analizará la calidad técnica (propiedades del ladrillo y resistencia del muro) y económico (costo unitario y relación costo/resistencia) de muros contruidos con ladrillos silico calcáreos, contrastándolos con muros con ladrillos de arcilla.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la Compresión	NTP 331.018- NTP 399.613	Razón numérica
				Propiedades del ladrillo	Ficha de observación	Razón numérica
			Calidad técnica	Resistencia de pilas	Ficha de observación	Razón numérica
				Resistencia		
				Diagonal de muretes		
			Costo	Costo unitario del muro	Ficha de observación	Razón numérica
				Relación costo / Resistencia	Ficha de observación	Razón numérica

Anexo 02- Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES
Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022	Problema General: ¿Cómo la evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos permite optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote – 2022?		Objetivo General: Evaluar técnicamente y económicamente un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022	INDEPENDIENTE Ladrillo silico calcáreo
	Problemas Específicos: ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla producidas artesanalmente por tres fabricantes en la ciudad de Nuevo Chimbote?	El muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos cumple con los requisitos técnicos y económicos establecidos para la optimización de la construcción en Nuevo Chimbote – 2022.	Objetivos Específicos: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de arcilla producidas artesanalmente por tres fabricantes, según los parámetros de la Norma Técnica E.070, en la ciudad de Nuevo Chimbote	
	¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?		Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	DEPENDIENTE Muro de albañilería
	¿Cuáles son las propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?		Determinar las propiedades mecánicas del muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	
	¿Cuál es el costo y la calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote?		Valorar el costo y calidad técnica de un muro de albañilería construido con ladrillos silico calcáreos, según los parámetros establecidos en la norma E.070, para optimizar la construcción en la ciudad de Nuevo Chimbote.	

Anexo 03- Ficha técnica de arena sílice



MINERALES SILICE Y AGREGADOS PERU S.A.C

RUC:20603642393

DIRECCION: Mz-J-lte-2B Urb Tulipanes-Carapongo

LURIGANCHO-LIMA-LIMA

ARENA SILICE #40

Especificaciones y ficha técnica

Características: La arena sílice está constituida por granos duros, semiredondos y densos de material cuarzo en un 98% de pureza, resistente a la degradación durante su manipulación y uso. Se encuentra visiblemente libre de arcilla, polvo materiales orgánicos y micáceos.

GRANULOMETRIA:

TAMIS (MALLA)	PESO RETENIDO %	PASANTE%
N°20	0%	9.5%
N°30	9.5%	59.1%
N°50	59.1%	27.9%
N°70	27.9%	2.65%
N°200	2.65%	0.85%
N°325	0.85%	0%

MINERAL: "ARENA SILICE"

USOS: MEDIOS FILTRANTES

INFORME TECNICO

UNIDADES DE MEDIDA

UNIDAD	KILOS	SACOS
TN	1,000	20
M3	1,500	37

PRESENTACION:

Su presentación es en sacos de polipropileno de 50Kg

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO %
Dióxido de silicio, SiO ₂	98.9
Trióxido de aluminio, Al ₂ O ₃	0.2
Trióxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.46
Óxido de calcio, CaO	0.0
Óxido de magnesio, MgO	0.00
Trióxido de azufre, SO ₃	0.00
Óxido de sodio, Na ₂ O	0.00
Óxido de potasio, K ₂ O	0.01
Dióxido de titanio, TiO ₂	0.0
Pentóxido de fósforo, P ₂ O ₅	0.0
Óxido de manganeso, MnO	0.0
Óxido de estroncio, SrO	0.0
Pérdida por calcinación	0.1
TOTAL	98.8

MINERALES SILICE Y AGREGADOS PERU S.A.C.

RICHARD QUISPE BEATO
GERENTE GENERAL



Mz-J-lte-2B Urb.TULIPANES-CARAPONGO
LURIGANCHO-LIMA-LIMA
969995447 / 982209185
Ventas@mineralessiliceyagregadosperu.com

Anexo 04- Ensayos realizados a los ladrillos de arcilla



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Díaz
Muestras de Ladrillera N° 01 - Vaper

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- LADRILLERA VAPER

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	LADRILLERA 1		
	L	A	H
1	235	136	88
2	230	138	87
3	229	140	88
4	227	137	89
5	233	138	90
6	227	139	81
7	229	137	89
8	230	137	87
9	229	140	85
10	231	138	88
PROMEDIO	230	138	87.2
Molde	220	130	80
V (%)	4.55%	6.15%	9.00%

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV
M - 1	13	0
M - 2	0	11
M - 3	0	10
M - 4	15	0
M - 5	0	10
M - 6	14	0
M - 7	0	9
M - 8	0	10
M - 9	15	0
M - 10	14	0
PROMEDIO	14	10

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-SANTA-NUEVO CHIMBOTE



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 01 - Vaper

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.083	5.988	4.558	31.37
L-2	5.108	5.982	4.598	30.10
L-3	5.027	5.938	4.572	29.88
L-4	5.055	5.984	4.715	26.91
L-5	5.002	5.972	4.706	26.90
ABSORCIÓN PROMEDIO	29.03			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	23.5	13.6	8.8	2812.48	5083	1.81
L-2	23	13.8	8.7	2761.38	5108	1.85
L-3	22.9	14	8.8	2821.28	5027	1.78
L-4	22.7	13.7	8.9	2767.81	5055	1.83
L-5	23.3	13.8	9	2893.86	5002	1.73
DENSIDAD PROMEDIO	1.80					

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
Reg. CIP. 242580 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Díaz
Muestras de Ladrillera N° 02 - Jaimito

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- LADRILLERA JAIMITO

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	LADRILLERA 2		
	L	A	H
1	230	137	86
2	229	139	87
3	228	141	89
4	226	138	90
5	227	139	91
6	226	140	82
7	228	138	90
8	229	138	88
9	228	137	86
10	227	139	89
PROMEDIO	227.8	138.6	87.8
Molde	220	130	80
V (%)	3.55%	6.62%	9.75%

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV
M - 1	13	0
M - 2	0	10
M - 3	0	9
M - 4	12	0
M - 5	0	8
M - 6	15	0
M - 7	0	11
M - 8	0	10
M - 9	10	0
M - 10	12	0
PROMEDIO	12	10

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
May. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
Reg. CIP. 242560 - C117880

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 02 - Jaimito

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.063	5.778	4.658	24.04
L-2	5.168	5.862	4.580	27.99
L-3	5.147	5.838	4.672	24.96
L-4	5.213	5.884	4.645	26.67
L-5	5.187	5.872	4.756	23.47
ABSORCIÓN PROMEDIO	25.43			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	23.0	13.7	8.6	2709.9	5063.0	1.9
L-2	22.9	13.9	8.7	2769.3	5168.0	1.9
L-3	22.8	14.1	8.9	2861.2	5147.0	1.8
L-4	22.6	13.8	9.0	2806.9	5213.0	1.9
L-5	22.7	13.9	9.1	2871.3	5187.0	1.8
DENSIDAD PROMEDIO					1.84	

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Consultoría
Geotécnica
DEL
Norte S.A.C.

INDECOPI EXP. No 972951-2022

Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz
Muestras de Ladrillera N° 03 - Lopez

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico
calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- LADRILLERA LOPEZ

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	LADRILLERA 3		
	L	A	H
1	228	139	88
2	227	135	83
3	225	137	88
4	225	137	84
5	224	136	85
6	229	135	82
7	224	139	88
8	223	137	87
9	224	139	84
10	228	138	83
PROMEDIO	225.7	137.2	85.2
Molde	220	130	80
V (%)	2.59%	5.54%	6.50%

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 03 - Lopez

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV
M - 1	10	0
M - 2	0	12
M - 3	0	10
M - 4	10	0
M - 5	0	8
M - 6	8	0
M - 7	0	9
M - 8	0	8
M - 9	10	0
M - 10	8	0
PROMEDIO	9	9

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.063	5.918	4.6580	27.05
L-2	5.168	5.842	4.6050	26.86
L-3	5.147	5.81	4.7100	23.35
L-4	5.213	5.855	4.8050	21.85
L-5	5.187	5.845	4.7550	22.92
ABSORCIÓN PROMEDIO	24.41			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	22.80	13.90	8.80	2788.90	5063.00	1.82
L-2	23.00	13.90	8.30	2653.51	5050.00	1.90
L-3	22.50	13.90	8.80	2752.20	4980.00	1.81
L-4	22.50	13.70	8.40	2589.30	5001.00	1.93
L-5	22.40	13.60	8.50	2589.44	5000.00	1.93
DENSIDAD PROMEDIO					1.88	

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 01

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 17/03/2025

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	23.50	13.60	319.60	15473.24	48.41
2	23.00	13.80	317.40	15134.39	47.68
3	22.90	14.00	320.60	14803.00	46.17
4	22.70	13.70	310.99	17048.72	54.82
5	23.30	13.80	321.54	14682.55	45.66
6	22.70	13.90	315.53	16149.33	51.18
7	22.90	13.70	313.73	17666.51	56.31
8	23.00	13.70	315.10	17743.66	56.31
9	22.90	14.00	320.60	17265.93	53.86
10	23.10	13.80	318.78	16323.12	51.20
11	23.50	13.60	319.60	16421.02	51.38
12	23.00	13.80	317.40	16345.01	51.50
13	22.90	14.00	320.60	16752.86	52.25
14	22.70	13.70	310.99	16305.11	52.43
15	23.30	13.80	321.54	17027.01	52.95
16	22.70	13.90	315.53	16763.96	53.13
17	22.90	13.70	313.73	16686.62	53.19
18	23.00	13.70	315.10	16814.62	53.36
19	22.90	14.00	320.60	17257.69	53.83
20	23.10	13.80	318.78	17271.27	54.18
21	23.50	13.60	319.60	17446.17	54.59
22	23.00	13.80	317.40	17437.14	54.94
23	22.90	14.00	320.60	17856.01	55.70
24	22.70	13.70	310.99	17375.19	55.87
25	23.30	13.80	321.54	18020.88	56.05
26	22.70	13.90	315.53	17812.85	56.45
27	22.90	13.70	313.73	17198.93	54.82
28	23.00	13.70	315.10	17572.65	55.77
29	22.90	14.00	320.60	17622.29	54.97
30	23.10	13.80	318.78	17103.95	53.65
Promedio					53.09

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
Reg. CIP. 242960 - C117866

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-SANTA-NUEVO CHIMBOTE



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBANILERIA

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 02

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 18/03/2025

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)
1	22.90	13.70	313.73	15577.08	49.65
2	23.00	13.70	315.10	16253.21	51.58
3	22.90	14.00	320.60	17080.64	53.28
4	23.10	13.80	318.78	17058.25	53.51
5	23.50	13.60	319.60	17102.13	53.51
6	23.00	13.80	317.40	17002.96	53.57
7	22.90	14.00	320.60	17174.39	53.57
8	22.70	13.70	310.99	16841.46	54.15
9	23.30	13.80	321.54	17450.39	54.27
10	22.70	13.90	315.53	19061.77	60.41
11	22.90	13.70	313.73	18989.72	60.53
12	23.00	13.70	315.10	19385.92	61.52
13	22.90	14.00	320.60	20380.52	63.57
14	23.10	13.80	318.78	20451.25	64.15
15	23.30	13.80	321.54	20741.15	64.51
16	22.70	13.90	315.53	18641.02	59.08
17	22.90	13.70	313.73	18127.39	57.78
18	23.00	13.70	315.10	18243.40	57.90
19	22.90	14.00	320.60	18561.84	57.90
20	23.10	13.80	318.78	18568.32	58.25
21	23.50	13.60	319.60	18859.06	59.01
22	23.00	13.80	317.40	18970.55	59.77
23	22.90	14.00	320.60	19274.31	60.12
24	22.70	13.70	310.99	18769.31	60.35
25	23.30	13.80	321.54	19424.84	60.41
26	22.70	13.90	315.53	19098.67	60.53
27	22.90	13.70	313.73	19301.63	61.52
28	23.00	13.70	315.10	20030.89	63.57
29	22.90	14.00	320.60	20568.01	64.15
30	23.10	13.80	318.78	20563.11	64.51
Promedio					58.55

GEOTECNIA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
Reg. CIP. 242500 - C117886

pág. 2

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Díaz
Muestras de Ladrillera N° 03

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico
calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 19/03/2025

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm²)
1	23.30	13.80	321.54	17200.30	53.49
2	22.70	13.90	315.53	17164.89	54.40
3	22.90	13.70	313.73	17104.36	54.52
4	23.00	13.70	315.10	17423.12	55.29
5	22.90	14.00	320.60	18013.78	56.19
6	23.10	13.80	318.78	18139.45	56.90
7	23.30	13.80	321.54	18545.56	57.68
8	22.70	13.90	315.53	18198.92	57.68
9	22.90	13.70	313.73	18113.80	57.74
10	23.00	13.70	315.10	18192.90	57.74
11	22.90	14.00	320.60	18663.27	58.21
12	23.10	13.80	318.78	18576.32	58.27
13	23.50	13.60	319.60	18719.31	58.57
14	23.00	13.80	317.40	18949.79	59.70
15	22.90	14.00	320.60	19198.14	59.88
16	22.70	13.90	315.53	19026.15	60.30
17	22.90	13.70	313.73	18917.61	60.30
18	23.00	13.70	315.10	19018.99	60.36
19	22.90	14.00	320.60	19389.17	60.48
20	23.10	13.80	318.78	19393.07	60.84
21	23.50	13.60	319.60	19576.25	61.25
22	23.00	13.80	317.40	19554.97	61.61
23	22.90	14.00	320.60	20000.45	62.38
24	22.70	13.70	310.99	19512.12	62.74
25	23.30	13.80	321.54	20212.36	62.86
26	22.70	13.90	315.53	20229.38	64.11
27	22.90	13.70	313.73	20693.47	65.96
28	23.00	13.70	315.10	20877.71	66.26
29	22.90	14.00	320.60	21433.15	66.85
30	23.10	13.80	318.78	21919.29	68.76
Promedio					60.04

GEOTECNIA DEL NORTE S.A.C.
Mg. Ing. Miguel A. Herrera Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117808

pág. 3

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-

Anexo 05- Ensayos realizados a los ladrillos silico calcáreos

DOSIFICACIÓN 1:3



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- DOSIFICACIÓN 1:3

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	DOSIFICACIÓN 1:3		
	L	A	H
1	235	136	88
2	230	138	87
3	229	140	88
4	227	137	89
5	233	138	90
6	227	139	81
7	229	137	89
8	230	137	87
9	229	140	85
10	231	138	88
PROMEDIO	230	138	87.2
Molde	220	130	80
V (%)	4.55%	6.15%	9.00%

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV
M - 1	13	0
M - 2	0	11
M - 3	0	10
M - 4	15	0
M - 5	0	10
M - 6	14	0
M - 7	0	9
M - 8	0	10
M - 9	15	0
M - 10	14	0
PROMEDIO	14	10

GEOTECNIA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-SANTA-NUEVO CHIMBOTE


Contactos: 962073554
RUC: 20601253365
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz
Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.083	5.988	4.558	31.37
L-2	5.108	5.982	4.598	30.10
L-3	5.027	5.938	4.572	29.88
L-4	5.055	5.984	4.715	26.91
L-5	5.002	5.972	4.706	26.90
ABSORCIÓN PROMEDIO	29.03			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	23.5	13.6	8.8	2812.48	5083	1.81
L-2	23	13.8	8.7	2761.38	5108	1.85
L-3	22.9	14	8.8	2821.28	5027	1.78
L-4	22.7	13.7	8.9	2767.81	5055	1.83
L-5	23.3	13.8	9	2893.86	5002	1.73
DENSIDAD PROMEDIO	1.80					

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

 Mag. Ing. Miguel A. Herreya Dominguez
 Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES SILICO CALCÁREAS

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras – Dosificación 1:3

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 20/03/2025

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	22.10	13.10	289.51	28432.34	98.21
2	22.10	13.20	291.72	29257.36	100.29
3	22.20	13.20	293.04	29427.92	100.42
4	22.10	13.30	293.93	29766.16	101.27
5	22.00	13.10	288.20	29467.44	102.25
6	22.30	13.00	289.90	29867.83	103.03
7	22.30	13.30	296.59	30808.20	103.87
8	22.20	13.10	290.82	30208.84	103.87
9	22.10	13.30	293.93	30551.04	103.94
10	22.10	13.20	291.72	30321.33	103.94
11	22.10	13.10	289.51	30242.47	104.46
12	22.10	13.20	291.72	30492.33	104.53
13	22.10	13.10	289.51	30355.60	104.85
14	22.10	13.00	287.30	30479.40	106.09
15	22.20	13.10	290.82	30909.66	106.28
16	22.00	13.00	286.00	30527.75	106.74
17	22.00	13.10	288.20	30762.58	106.74
18	22.10	13.10	289.51	30921.27	106.81
19	22.10	13.20	291.72	31195.31	106.94
20	22.10	13.00	287.30	30834.92	107.33
21	22.10	13.10	289.51	31204.10	107.78
22	22.10	13.20	291.72	31556.30	108.17
23	22.10	13.10	289.51	31562.35	109.02
24	22.10	13.00	287.30	31433.69	109.41
25	22.20	13.10	290.82	31856.70	109.54
26	22.00	13.00	286.00	31719.87	110.91
27	22.00	13.10	288.20	32545.75	112.93
28	22.10	13.10	289.51	32787.96	113.25
29	22.10	13.20	291.72	33228.25	113.90
30	22.10	13.00	287.30	33323.56	115.99
Promedio					106.43

Mag. Ing. Miguel A. Herreño Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-SANTA-NUEVO CHIMBOTE

DOSIFICACIÓN 1:4



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- DOSIFICACIÓN 1:4

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	D 1: 4		
	L	A	H
1	230	137	86
2	229	139	87
3	228	141	89
4	226	138	90
5	227	139	91
6	226	140	82
7	228	138	90
8	229	138	88
9	228	137	86
10	227	139	89
PROMEDIO	227.8	138.6	87.8
Molde	220	130	80
V (%)	3.55%	6.62%	9.75%

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV
M - 1	13	0
M - 2	0	10
M - 3	0	9
M - 4	12	0
M - 5	0	8
M - 6	15	0
M - 7	0	11
M - 8	0	10
M - 9	10	0
M - 10	12	0
PROMEDIO	12	10

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117889

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.063	5.778	4.658	24.04
L-2	5.168	5.862	4.580	27.99
L-3	5.147	5.838	4.672	24.96
L-4	5.213	5.884	4.645	26.67
L-5	5.187	5.872	4.756	23.47
ABSORCIÓN PROMEDIO	25.43			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm3)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	23.0	13.7	8.6	2709.9	5063.0	1.9
L-2	22.9	13.9	8.7	2769.3	5168.0	1.9
L-3	22.8	14.1	8.9	2861.2	5147.0	1.8
L-4	22.6	13.8	9.0	2806.9	5213.0	1.9
L-5	22.7	13.9	9.1	2871.3	5187.0	1.8
DENSIDAD PROMEDIO					1.84	

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

 Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
 Reg. CIP. 242560 - C117888

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES SILICO CALCÁREAS

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras – Dosificación 1:4

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción – Nuevo Chimbote – 2022

Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117889

Fecha de rotura: 21/03/2025

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	22.10	13.10	289.51	36275.60	125.30
2	22.10	13.20	291.72	36260.80	124.30
3	22.10	13.10	289.51	36217.70	125.10
4	22.10	13.00	287.30	35660.20	124.12
5	22.20	13.10	290.82	36445.33	125.32
6	22.30	13.00	289.90	36607.74	126.28
7	22.50	13.10	294.75	37526.06	127.31
8	22.10	13.10	289.51	36858.93	127.31
9	22.10	13.20	291.72	37163.58	127.39
10	22.10	13.00	287.30	36600.49	127.39
11	22.10	13.10	289.51	37066.92	128.03
12	22.10	13.20	291.72	37373.16	128.11
13	22.10	13.10	289.51	37205.58	128.51
14	22.10	13.00	287.30	37357.32	130.03
15	22.20	13.10	290.82	37884.66	130.27
16	22.00	13.00	286.00	37416.58	130.83
17	22.00	13.10	288.20	37704.40	130.83
18	22.10	13.10	289.51	37898.89	130.91
19	22.10	13.20	291.72	38234.77	131.07
20	22.10	13.00	287.30	37793.06	131.55
21	22.10	13.10	289.51	38245.55	132.10
22	22.10	13.20	291.72	38677.22	132.58
23	22.10	13.10	289.51	38684.65	133.62
24	22.10	13.00	287.30	38526.95	134.10
25	22.20	13.10	290.82	39289.78	135.10
26	22.00	13.00	286.00	39039.00	136.50
27	22.00	13.10	288.20	39889.95	138.41
28	22.10	13.10	289.51	40186.82	138.81
29	22.10	13.20	291.72	40726.46	139.61
30	22.10	13.00	287.30	40555.98	141.16
Promedio					130.73

pág. 2

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-

DOSIFICACIÓN 1:5



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

- DOSIFICACIÓN 1:5

Variación dimensional - NTP 399.613

Muestra	D 1:5		
	L	A	H
1	228	139	88
2	227	135	83
3	225	137	88
4	225	137	84
5	224	136	85
6	229	135	82
7	224	139	88
8	223	137	87
9	224	139	84
10	228	138	83
PROMEDIO	225.7	137.2	85.2
Molde	220	130	80
V (%)	2.59%	5.54%	6.50%

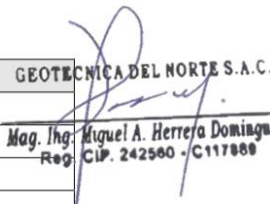
GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117889

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-


Contactos: 962073554
RUC: 20601253365
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz
Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Concavidad- NTP 399.613

UNIDAD	C	CV	GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
M - 1	10	0	 Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez Reg. CIP. 242960 - C117888
M - 2	0	12	
M - 3	0	10	
M - 4	10	0	
M - 5	0	8	
M - 6	8	0	
M - 7	0	9	
M - 8	0	8	
M - 9	10	0	
M - 10	8	0	
PROMEDIO	9	9	

Absorción- NTP 399.613

MUESTRA	PESO INICIAL (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	PESO SECO AL HORNO (Kg)	% ABSORCIÓN
L-1	5.063	5.918	4.6580	27.05
L-2	5.168	5.842	4.6050	26.86
L-3	5.147	5.81	4.7100	23.35
L-4	5.213	5.855	4.8050	21.85
L-5	5.187	5.845	4.7550	22.92
ABSORCIÓN PROMEDIO	24.41			

Densidad- NTP 399.613

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)	DENSIDAD
L-1	22.80	13.90	8.80	2788.90	5063.00	1.82
L-2	23.00	13.90	8.30	2653.51	5050.00	1.90
L-3	22.50	13.90	8.80	2752.20	4980.00	1.81
L-4	22.50	13.70	8.40	2589.30	5001.00	1.93
L-5	22.40	13.60	8.50	2589.44	5000.00	1.93
DENSIDAD PROMEDIO					1.88	

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES SILICO CALCÁREAS
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Díaz

Muestras – Dosificación 1:5

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 22/03/2025

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
 Reg. CIP. 242560 - C117889

TESTIGO	L (Cm)	A (Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	22.10	13.10	289.51	29864.70	103.16
2	22.10	13.20	291.72	30731.29	105.35
3	22.20	13.20	293.04	30910.44	105.48
4	22.10	13.30	293.93	31265.72	106.37
5	22.00	13.10	288.20	30951.95	107.40
6	22.30	13.00	289.90	31372.51	108.22
7	22.30	13.30	296.59	32360.26	109.11
8	22.20	13.10	290.82	31730.71	109.11
9	22.10	13.30	293.93	32090.14	109.18
10	22.10	13.20	291.72	31848.86	109.18
11	22.10	13.10	289.51	31766.02	109.72
12	22.10	13.20	291.72	32028.47	109.79
13	22.10	13.10	289.51	31884.86	110.13
14	22.10	13.00	287.30	32014.89	111.43
15	22.20	13.10	290.82	32466.82	111.64
16	22.00	13.00	286.00	32065.68	112.12
17	22.00	13.10	288.20	32312.34	112.12
18	22.10	13.10	289.51	32479.02	112.19
19	22.10	13.20	291.72	32766.86	112.32
20	22.10	13.00	287.30	32388.32	112.73
21	22.10	13.10	289.51	32776.10	113.21
22	22.10	13.20	291.72	33146.04	113.62
23	22.10	13.10	289.51	33152.40	114.51
24	22.10	13.00	287.30	33017.26	114.92
25	22.20	13.10	290.82	33461.57	115.06
26	22.00	13.00	286.00	33317.86	116.50
27	22.00	13.10	288.20	34185.34	118.62
28	22.10	13.10	289.51	34439.75	118.96
29	22.10	13.20	291.72	34902.22	119.64
30	22.10	13.00	287.30	35002.33	121.83
Promedio					111.79

pág. 3

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-

Anexo 06- Ensayos realizados al muro con ladrillos de arcilla





**Consultoría
Geotécnica
DEL
Norte S.A.C.**

INDECOPI EXP. No 972951-2022

Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS

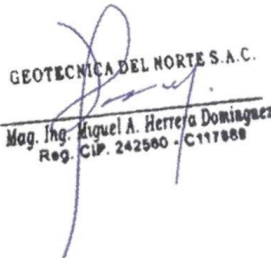
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 03

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 07/07/2025

Pila	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Esbeltez	P _{máx} (kg)	Área (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Factor Corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
Pila 1	224	131	263	2.0	13905.12	293.44	47.39	0.73	34.59
Pila 2	229	131	266	2.0	13250.15	299.99	44.17	0.73	32.24
Pila 3	224	131	266	2.0	13232.32	293.44	45.09	0.73	32.92
Pila 4	223	132	266	2.0	13523.14	294.36	45.94	0.73	33.54
Pila 5	224	133	266	2.0	13422.33	297.92	45.05	0.73	32.89
Pila 6	228	131	263	2.0	13850.36	298.68	46.37	0.73	33.85
Pila 7	226	131	266	2.0	13698.21	295.67	46.33	0.73	33.82
Pila 8	220	131	266	2.0	13654.22	288.20	47.38	0.73	34.59
Pila 9	224	132	266	2.0	13254.25	295.68	44.83	0.73	32.72
Pila 10	229	133	266	2.0	13852.28	304.57	45.48	0.73	33.20
Promedio									33.44


 GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
 Mag. Ing. Miguel A. Herrera Domínguez
 Reg. CIP. 242500 - C117888

pág. 4

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



Contactos: 962073554

RUC: 20601253365

RESISTENCIA A LA DIAGONAL DE MURETES

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 03

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico
calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 11/07/2025

Murete	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Diagonal (cm)	Área (cm ²)	Carga de rotura (Kg/cm ²)	vm (kg/cm ²)
Murete 1	61.2	62.7	13.1	87.62	1147.78	5655.72	4.93
Murete 2	61.3	62.8	13.1	87.73	1149.26	5789.08	5.04
Murete 3	61.2	62.7	13.1	87.62	1147.78	5845.35	5.09
Promedio							5.02

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117889

pág. 5

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-

Anexo 07- Ensayos realizados al muro con ladrillos silico calcáreos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS
SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz
Muestras – Dosificación 1:4
Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 08/07/2025

Pila	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Esbeltez	P _{máx} (kg)	Área (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Factor Corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
Pila 1	221	131	263	2.0	40305.12	289.51	139.22	0.73	101.63
Pila 2	221	132	266	2.0	41150.21	291.72	141.06	0.73	102.97
Pila 3	221	131	260	2.0	42258.83	289.51	145.97	0.73	106.56
Pila 4	221	130	263	2.0	42305.69	287.30	147.25	0.73	107.49
Pila 5	222	131	263	2.0	42222.65	290.82	145.18	0.73	105.98
Pila 6	223	130	263	2.0	40232.41	289.90	138.78	0.73	101.31
Pila 7	225	131	263	2.0	42852.25	294.75	145.39	0.73	106.13
Pila 8	221	131	266	2.0	41380.23	289.51	142.93	0.73	104.34
Pila 9	221	132	260	2.0	40355.25	291.72	138.34	0.73	100.98
Pila 10	221	130	263	2.0	40132.26	287.30	139.69	0.73	101.97
Promedio									103.938

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.

Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
 Reg. CIP. 242560 - C117888

pág. 4

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-



RESISTENCIA A LA DIAGONAL DE MURETES

SOLICITANTES: Marco Junior Barrantes Pinedo - Juan Marlon Llatas Diaz

Muestras de Ladrillera N° 03

Tesis: Evaluación técnica y económica de un muro de albañilería usando ladrillos silico
calcáreos para optimizar la construcción - Nuevo Chimbote – 2022

Fecha de rotura: 12/07/2025

Murete	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Diagonal (cm)	Área (cm²)	Carga de rotura (Kg/cm²)	vm (kg/cm²)
Murete 1	61.4	62.7	13.1	87.76	1149.61	11055.72	9.62
Murete 2	61.6	63.4	13.2	88.40	1166.85	11189.08	9.59
Murete 3	61.2	64.1	13.3	88.62	1178.70	11145.35	9.46
Promedio							9.554

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
Mag. Ing. Miguel A. Herreña Domínguez
Reg. CIP. 242560 - C117888

pág. 5

DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN LAS CASUARINAS (SEGUNDA ETAPA) /ANCASH-

Anexo 08- Costo del muro de albañilería con ladrillo silico calcáreo

Rendimiento 600 LADRILLOS

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
101	PEÓN	hh	1	0.01	19.75	0.263
Subtotal Mano de Obra						0.263
Materiales						
201	ARENA SILICE	KG		1.1	0.354	0.389
202	CAL	KG		0.275	0.6500000	0.179
204	AGUA	m3		0.0001925	5	0.001
Subtotal Materiales						0.569
Equipos						
301	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	2		0.263	0.005
302	Horno	glb	1		0.133	0.133
3						0.139
Costo Unitario Directo por unidad						0.971

Rendimiento		10	m2			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
101	OPERARIO	hh	1	0.8	27.71	22.168
102	PEÓN	hh	0.5	0.4	19.75	7.900
Subtotal Mano de Obra						30.068
Materiales						
201	ARENA GRUESA	m3		0.023296	30	0.699
202	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.2073344	27.22	5.644
203	LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 CM	und		40	0.97	38.842
204	AGUA	m3		0.0201	8.33	0.167
Subtotal Materiales						45.352
Equipos						
301	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3		30.068	0.902
Subtotal Equipos						0.902
Costo Unitario Directo por m²						76.322

Anexo 09- Costo del muro de albañilería con ladrillo de arcilla

Rendimiento

10

 m²

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
101	OPERARIO	hh	1	0.8	27.71	22.168
102	PEÓN	hh	0.5	0.4	19.75	7.900
Subtotal Mano de Obra						30.068
Materiales						
201	ARENA GRUESA	m3		0.023296	30	0.699
202	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.207334 4	27.22	5.644
203	LADRILLO KK 18 HUECOS 8X13X22CM	und		40	0.8	32.000
204	AGUA	m3		0.0201	8.33	0.167
Subtotal Materiales						38.510
Equipos						
301	HERRAMIENTA S MANUALES	%mo	3		30.068	0.902
Subtotal Equipos						0.902
Costo Unitario Directo por m²						69.480

Anexo 10- Certificados de calibración de equipos



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-711-2024

Página : 1 de 2

Expediente : 352-2024
Fecha de emisión : 2024-07-25

1. Solicitante : ICCSA INGENIEROS S.A.C.
Dirección : JR. JOSE MARIA ARGUEDAS MZA. E LOTE. 9 URB. BELLAMAR - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : PERUTEST
Modelo de Prensa : PC-1000
Serie de Prensa : 1114
Capacidad de Prensa : 100 t

Marca de indicador : NO INDICA
Modelo de Indicador : NO INDICA
Serie de Indicador : NO INDICA

Marca de Transductor : ZEMIC
Modelo de Transductor : YB15
Serie de Transductor : KZA3943

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración
URB. BELLAMAR MZ. J LOTE 5 - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
24 - JULIO - 2024

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 217	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,5	19,5
Humedad %	72	72

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



(Firma)

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-711-2024

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	10063	10080	-0,63	-0,80	10072	-0,71	-0,17
20000	19918	20070	0,41	-0,35	19994	0,03	-0,76
30000	30098	30120	-0,33	-0,40	30109	-0,36	-0,07
40000	40189	40195	-0,47	-0,49	40192	-0,48	-0,02
50000	50260	50310	-0,52	-0,62	50285	-0,57	-0,10
60000	60380	60408	-0,63	-0,68	60394	-0,65	-0,05
70000	70415	70479	-0,59	-0,68	70447	-0,63	-0,09
80000	80510	80520	-0,64	-0,65	80515	-0,64	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9925x + 86,995$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

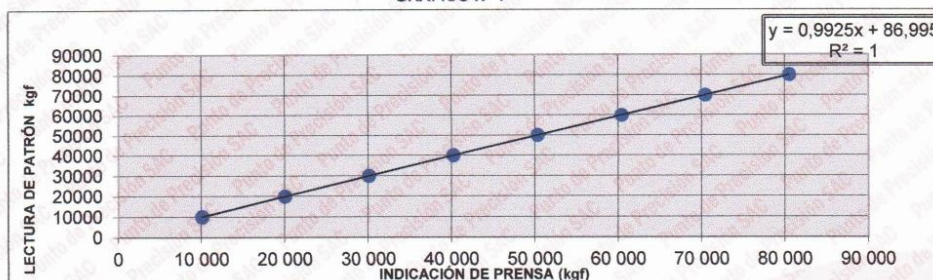
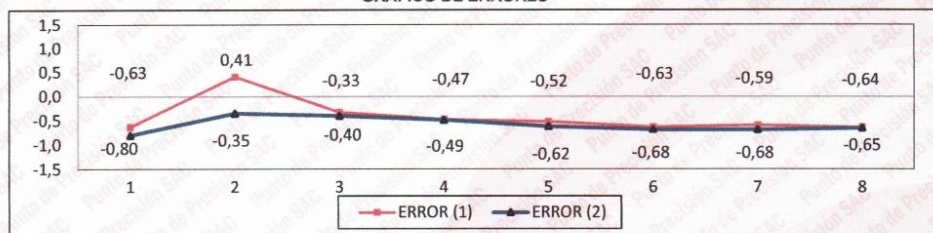


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

T-00598-001 R0

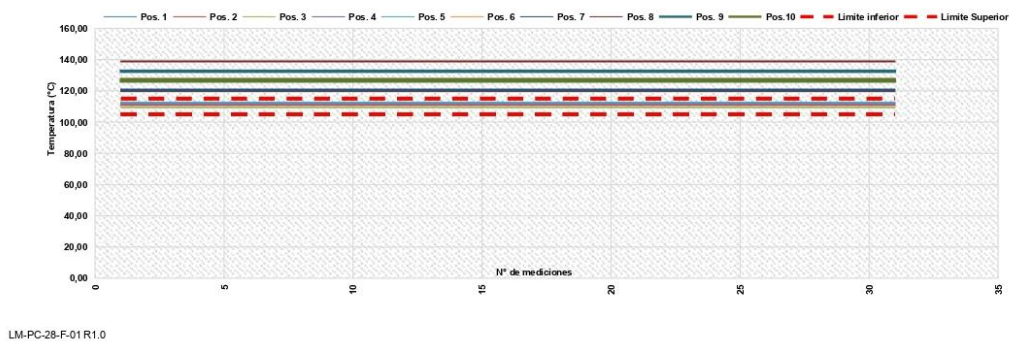
Page / Pág. 5 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Valor de Temperatura Calibrado		110 °C					Tolerancia		5 °C		Posición del controlador		110 °C	
Tiempo (minutos)	T indicada por el equipo en calibración (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T Prom (°C)	T max - T min (°C)	
		Nivel Superior					Nivel Interior							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
2	110	112,07	110,95	109,42	111,92	112,72	119,43	120,97	139,06	132,52	127,37	119,64	29,63	
4	110	112,17	110,95	109,42	111,92	112,72	119,53	120,77	138,96	132,62	127,27	119,63	29,53	
6	110,1	112,37	111,05	109,42	112,02	112,82	119,73	120,47	138,96	132,82	126,97	119,66	29,53	
8	109,7	112,47	111,05	109,53	112,02	112,82	119,73	120,87	139,06	132,92	127,27	119,77	29,53	
10	110,1	112,37	111,05	109,53	112,12	112,82	119,73	120,77	139,06	132,72	127,37	119,75	29,53	
12	110	112,47	111,05	109,42	112,02	112,82	119,73	120,87	139,16	132,92	127,37	119,78	29,73	
14	110	112,37	110,95	109,42	112,02	112,72	119,63	120,67	139,16	132,92	126,97	119,68	29,73	
16	110	112,27	111,05	109,42	112,02	112,82	119,63	120,27	139,06	132,82	126,67	119,60	29,63	
18	110,1	112,17	110,95	109,42	112,02	112,82	119,73	120,37	139,06	132,82	126,27	119,56	29,63	
20	110,1	112,07	110,95	109,53	112,02	112,82	119,83	120,47	138,86	132,62	126,37	119,55	29,33	
22	109,9	112,07	110,95	109,63	112,12	112,82	119,83	120,37	138,76	132,42	126,07	119,50	29,13	
24	110	112,27	110,95	109,53	112,02	112,82	119,63	119,87	138,86	132,62	125,97	119,45	29,33	
26	110	112,37	111,15	109,42	112,02	112,82	119,83	119,67	138,86	132,62	126,17	119,49	29,43	
28	109,9	112,17	111,05	109,53	112,02	112,82	119,93	120,17	138,86	132,72	126,47	119,57	29,33	
30	110,1	112,17	111,05	109,53	112,12	112,82	120,03	120,17	138,76	132,52	126,37	119,55	29,23	
32	110,2	112,17	111,05	109,53	112,02	112,82	120,03	119,97	138,76	132,42	126,37	119,51	29,23	
34	109,9	112,27	110,95	109,53	112,02	112,82	119,93	120,37	138,76	132,42	126,67	119,57	29,23	
36	109,9	112,07	110,95	109,53	112,02	112,72	120,03	120,57	138,76	132,42	126,67	119,57	29,23	
38	110	112,07	110,85	109,53	111,92	112,62	119,93	120,37	138,76	132,52	126,57	119,51	29,23	
40	110	111,97	110,75	109,53	112,02	112,62	120,03	120,17	138,66	132,52	126,47	119,47	29,13	
42	110,1	111,97	110,85	109,63	112,02	112,72	119,93	120,37	138,66	132,32	126,27	119,47	29,03	
44	109,9	112,07	110,75	109,63	112,02	112,82	120,03	120,37	138,56	132,22	126,17	119,46	28,93	
46	110	112,07	110,65	109,53	111,92	112,62	119,93	120,17	138,76	132,52	126,67	119,48	29,23	
48	109,9	112,07	110,75	109,42	111,92	112,62	119,83	120,57	138,86	132,62	126,57	119,52	29,43	
50	110	112,07	110,75	109,42	111,82	112,62	119,83	120,97	138,86	132,62	126,77	119,57	29,43	
52	110,1	112,17	110,75	109,42	111,82	112,62	119,73	121,07	138,86	132,62	126,97	119,60	29,43	
54	109,9	112,17	110,65	109,42	111,92	112,62	119,93	120,47	138,76	132,52	126,87	119,53	29,33	
56	110	112,17	110,75	109,42	111,92	112,62	119,93	120,37	138,76	132,62	127,27	119,58	29,33	
58	110	112,17	110,75	109,42	111,82	112,62	119,93	120,17	138,86	132,72	127,27	119,57	29,43	
60	110	112,07	110,65	109,32	111,82	112,52	119,83	119,97	138,86	132,72	127,37	119,51	29,53	
62	110	111,97	110,65	109,22	111,72	112,42	119,83	120,17	138,96	132,92	127,57	119,54	29,73	
T. PROM	110,0	112,17	110,89	109,47	111,97	112,72	119,83	120,41	138,87	132,62	126,76			
T. MAX	110,2	112,47	111,15	109,63	112,12	112,82	120,03	121,07	139,16	132,92	127,57			
T. MIN	109,7	111,97	110,65	109,22	111,72	112,42	119,43	119,67	138,56	132,22	125,97			
DTT	-----	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,60	1,40	0,60	0,70	1,60			

Tabla 2. Datos registrados por el equipo de referencia y cálculos.

T.PROM, Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.MAX, Temperatura máxima T.MIN, Temperatura mínima DTT, Desviación de Temperatura en el Tiempo



LM-PC-28-F-01 R1.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

T-00598-001 R0

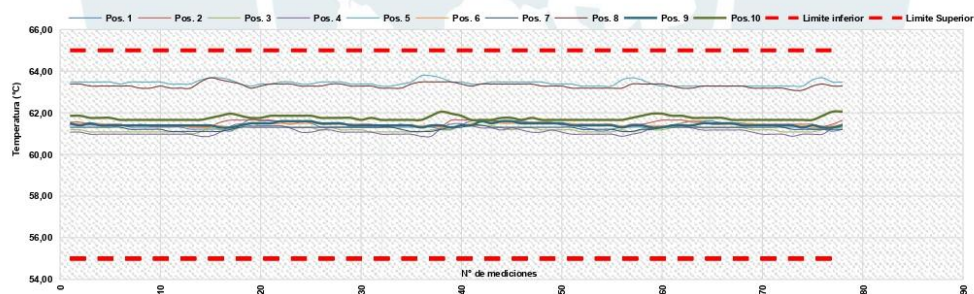
Page / Pág. 4 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

RESULTADOS DE LA CALIBRACION													
Tiempo (minutos)	T indicada por el equipo en calibración (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICION (°C)										T Prom (°C)	T max - T min (°C)
		Nivel Superior					Nivel inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
120	60	61,41	61,64	61,28	61,37	63,28	61,39	61,31	63,29	61,39	61,86	61,82	2,01
122	60	61,51	61,64	61,38	61,37	63,28	61,49	61,31	63,19	61,39	61,86	61,84	1,97
124	60	61,60	61,55	61,38	61,27	63,28	61,59	61,31	63,19	61,39	61,76	61,83	2,01
126	60	61,60	61,55	61,28	61,17	63,28	61,59	61,31	63,29	61,49	61,76	61,83	2,11
128	60	61,60	61,45	61,28	61,17	63,28	61,49	61,31	63,29	61,49	61,76	61,81	2,11
130	60	61,51	61,45	61,28	61,17	63,28	61,49	61,31	63,29	61,49	61,76	61,80	2,11
132	60	61,51	61,45	61,28	61,17	63,28	61,49	61,31	63,29	61,49	61,66	61,79	2,11
134	60	61,51	61,45	61,28	61,17	63,28	61,49	61,31	63,29	61,39	61,66	61,78	2,11
136	60	61,41	61,45	61,18	61,07	63,28	61,49	61,31	63,19	61,39	61,66	61,74	2,20
138	60	61,41	61,45	61,18	60,97	63,28	61,39	61,31	63,19	61,39	61,66	61,72	2,30
140	60	61,41	61,45	61,18	60,97	63,28	61,39	61,31	63,19	61,39	61,66	61,72	2,30
142	60	61,31	61,45	61,08	60,97	63,28	61,39	61,31	63,19	61,39	61,66	61,70	2,30
144	60	61,31	61,45	61,08	60,87	63,28	61,39	61,21	63,09	61,39	61,66	61,67	2,40
146	60	61,31	61,45	61,08	60,97	63,28	61,39	61,21	63,09	61,29	61,66	61,67	2,30
148	60	61,21	61,45	61,08	60,97	63,58	61,29	61,21	63,29	61,39	61,66	61,71	2,60
150	60	61,21	61,35	61,18	60,97	63,68	61,29	61,21	63,38	61,29	61,86	61,74	2,70
152	60	61,11	61,45	61,28	61,27	63,48	61,39	61,21	63,29	61,29	62,06	61,78	2,37
154	60	61,21	61,64	61,28	61,47	63,48	61,39	61,21	63,29	61,39	62,06	61,84	2,27
T. PROM	60,0	61,38	61,46	61,19	61,11	63,42	61,43	61,20	63,30	61,42	61,73		
T. MAX	60,1	61,70	61,64	61,48	61,47	63,78	61,59	61,41	63,68	61,59	62,06		
T. MIN	60	61,11	61,35	60,98	60,87	63,28	61,29	61,11	63,09	61,29	61,66		
DTT	-----	0,60	0,30	0,50	0,60	0,50	0,30	0,30	0,60	0,30	0,40		

Tabla 2. Datos registrados por el equipo de referencia y cálculos.

T.PROM, Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.MAX, Temperatura máxima T.MIN, Temperatura mínima DTT, Desviación de Temperatura en el Tiempo



LM-PC-28-F-01 R1.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



T-00598-001 R0

Page / Pág. 3 de 6

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Valor de Temperatura Calibrado		60 °C					Tolerancia		5 °C		Posición del controlador					60 °C	
Tiempo (minutos)	T indicada por el equipo en calibración (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T Prom (°C)	T max - T min (°C)				
		Nivel Superior					Nivel Interior										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
0	60	61.41	61.55	61.18	61.07	63.48	61.49	61.31	63.38	61.49	61.86	61.82	2.40				
2	60	61.41	61.55	61.18	61.07	63.48	61.49	61.31	63.38	61.39	61.86	61.81	2.40				
4	60	61.41	61.45	61.08	60.97	63.48	61.49	61.31	63.29	61.49	61.76	61.77	2.50				
6	60	61.41	61.45	61.08	60.97	63.48	61.49	61.31	63.29	61.39	61.76	61.76	2.50				
8	60	61.41	61.45	61.08	60.97	63.48	61.39	61.31	63.29	61.39	61.76	61.75	2.50				
10	60,1	61.41	61.45	61.08	60.97	63.38	61.39	61.31	63.29	61.39	61.66	61.73	2.40				
12	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.48	61.39	61.21	63.29	61.39	61.66	61.71	2.50				
14	60	61.31	61.45	61.08	60.97	63.48	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.71	2.50				
16	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.48	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.70	2.50				
18	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.48	61.39	61.21	63.29	61.39	61.66	61.71	2.50				
20	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.38	61.39	61.11	63.19	61.39	61.66	61.68	2.40				
22	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.38	61.39	61.11	63.19	61.39	61.66	61.68	2.40				
24	60	61.21	61.35	60.98	60.97	63.38	61.29	61.11	63.19	61.39	61.66	61.65	2.40				
26	60	61.21	61.35	61.08	60.87	63.58	61.29	61.11	63.48	61.39	61.66	61.70	2.70				
28	60	61.21	61.35	61.28	60.87	63.68	61.29	61.11	63.68	61.39	61.76	61.76	2.81				
30	60	61.21	61.55	61.18	61.07	63.68	61.39	61.11	63.58	61.29	61.86	61.79	2.60				
32	60	61.11	61.64	61.18	61.37	63.58	61.29	61.21	63.48	61.29	61.96	61.81	2.47				
34	60	61.41	61.64	61.28	61.47	63.38	61.39	61.31	63.38	61.39	61.86	61.85	2.11				
36	60	61.70	61.64	61.48	61.37	63.28	61.49	61.31	63.19	61.49	61.76	61.87	1.97				
38	60	61.60	61.64	61.38	61.37	63.38	61.49	61.31	63.29	61.49	61.76	61.87	2.07				
40	60	61.60	61.64	61.38	61.37	63.38	61.49	61.31	63.38	61.49	61.86	61.89	2.08				
42	60	61.60	61.55	61.38	61.37	63.48	61.49	61.31	63.38	61.59	61.86	61.90	2.17				
44	60	61.60	61.45	61.28	61.27	63.48	61.49	61.31	63.38	61.59	61.86	61.87	2.20				
46	60,1	61.60	61.55	61.28	61.07	63.38	61.49	61.31	63.29	61.59	61.86	61.84	2.30				
48	60	61.51	61.55	61.28	61.07	63.38	61.49	61.31	63.29	61.59	61.86	61.83	2.30				
50	60	61.31	61.45	61.18	61.17	63.48	61.49	61.31	63.29	61.49	61.76	61.79	2.30				
52	60	61.31	61.45	61.28	61.17	63.48	61.49	61.31	63.38	61.49	61.76	61.81	2.30				
54	60	61.31	61.45	61.18	61.07	63.48	61.49	61.31	63.38	61.49	61.76	61.79	2.40				
56	60	61.31	61.45	61.18	61.07	63.38	61.39	61.31	63.29	61.39	61.76	61.75	2.30				
58	60	61.31	61.45	61.18	61.07	63.38	61.39	61.31	63.29	61.39	61.66	61.74	2.30				
60	60	61.31	61.45	61.08	61.07	63.38	61.39	61.31	63.29	61.39	61.76	61.74	2.30				
62	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.28	61.39	61.31	63.19	61.39	61.66	61.69	2.30				
64	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.28	61.39	61.31	63.19	61.39	61.66	61.69	2.30				
66	60	61.31	61.45	61.08	60.97	63.38	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.70	2.40				
68	60	61.31	61.35	61.08	60.97	63.48	61.39	61.11	63.38	61.39	61.66	61.71	2.50				
70	60	61.31	61.35	61.08	60.87	63.78	61.39	61.11	63.48	61.29	61.66	61.73	2.90				
72	60	61.31	61.35	61.18	60.87	63.78	61.39	61.11	63.48	61.39	61.86	61.77	2.90				
74	60	61.21	61.35	61.18	61.27	63.68	61.29	61.21	63.48	61.39	62.06	61.81	2.50				
76	60	61.21	61.64	61.18	61.47	63.48	61.29	61.31	63.48	61.29	61.96	61.83	2.31				
78	60	61.41	61.64	61.38	61.47	63.48	61.39	61.31	63.38	61.39	61.86	61.87	2.17				
80	60	61.60	61.64	61.38	61.37	63.38	61.49	61.41	63.29	61.39	61.66	61.86	2.01				
82	60	61.60	61.55	61.38	61.27	63.38	61.59	61.41	63.38	61.59	61.66	61.88	2.11				
84	60	61.60	61.64	61.38	61.27	63.48	61.59	61.31	63.38	61.49	61.66	61.88	2.20				
86	60	61.60	61.55	61.28	61.17	63.48	61.49	61.31	63.38	61.59	61.76	61.86	2.30				
88	60	61.60	61.55	61.18	61.27	63.48	61.49	61.31	63.38	61.59	61.76	61.86	2.30				
90	60	61.60	61.55	61.28	61.17	63.48	61.49	61.31	63.38	61.49	61.66	61.84	2.30				
92	60	61.51	61.55	61.28	61.07	63.48	61.49	61.31	63.38	61.49	61.76	61.83	2.40				
94	60	61.51	61.55	61.18	61.07	63.48	61.49	61.31	63.29	61.49	61.66	61.80	2.40				
96	60	61.51	61.55	61.18	61.17	63.38	61.49	61.31	63.29	61.49	61.66	61.80	2.20				
98	60	61.41	61.45	61.18	61.07	63.38	61.49	61.31	63.29	61.49	61.66	61.77	2.30				
100	60	61.41	61.45	61.18	60.97	63.38	61.49	61.31	63.19	61.39	61.66	61.74	2.40				
102	60	61.31	61.45	61.08	60.97	63.28	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.69	2.30				
104	60	61.21	61.45	61.08	60.97	63.28	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.68	2.30				
106	60	61.11	61.45	61.08	60.97	63.28	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.67	2.30				
108	60	61.21	61.45	61.08	60.97	63.28	61.39	61.21	63.19	61.39	61.66	61.68	2.30				
110	60	61.31	61.35	61.18	60.87	63.58	61.39	61.11	63.19	61.29	61.66	61.69	2.70				
112	60	61.31	61.45	61.08	60.97	63.68	61.39	61.11	63.38	61.39	61.76	61.75	2.70				
114	60	61.31	61.45	61.18	61.07	63.58	61.39	61.21	63.38	61.39	61.86	61.78	2.50				
116	60	61.21	61.55	61.18	61.27	63.38	61.39	61.21	63.38	61.29	61.96	61.78	2.21				
118	60	61.31	61.64	61.18	61.37	63.28	61.39	61.31	63.38	61.29	61.96	61.81	2.21				

LM-PC-28-F-01 R1.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

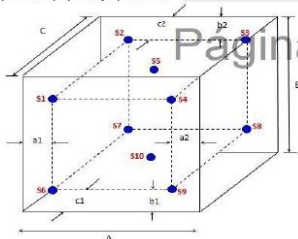
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

DATOS TÉCNICOS

Método de Calibración	Comparación Directa
Resolución	0,1 °C
Documento de Referencia	PC-018 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN O CARACTERIZACIÓN DE MEDIOS TERMOSTÁTICOS CON AIRE COMO MEDIO TERMOSTÁTICO - 2da Edición - INDECOPI
Volumen Total del Medio	70 L
Carga Térmica usada	MUESTRA SECA - 70 %
Sistema de Ventilación del Equipo	Ventilación natural
Valor(es) de Temperatura Calibrado(s)	60 °C ± 5 °C ; 110 °C ± 5 °C
Ubicación del Equipo	AREA LABORATORIO MTL GEOTECNIA S.A.C.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le realizó una inspección anterior al inicio del proceso de calibración donde se determinó que estaba en buenas condiciones para continuar con el montaje de los sensores y su respectiva toma de datos. El proceso se inició al ubicar los sensores tal como se muestra en la figura 1 y la figura 2, se dejó estabilizar el medio durante un tiempo no inferior a dos horas, posteriormente se realizaron series de medición. A continuación, los resultados arrojados por el equipo bajo prueba.



● : Sensor de Temperatura

Figura 1. Ubicación de sensores dentro del medio isotermo

A: 44,8 cm
B: 44,8 cm
C: 34,8 cm
Inferior
a1: 9,0 cm
b1: 6,0 cm
c1: 7,5 cm
Superior
a2: 8,5 cm
b2: 7,5 cm
c2: 8,0 cm
Central
a3: 0,0 cm
b3: 0,0 cm
c3: 0,0 cm



Figura 2. Fotografía del montaje realizado para el equipo en cuestión.

Valor de Temperatura Calibrado 60 °C

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	k _{p=95,45%}
Máxima Temperatura Medida	63,78	0,16	2,02
Mínima Temperatura Medida	60,87	0,14	2,01
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,588	0,082	2,01
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,31	0,11	2,00
Estabilidad Medida (±)	0,299	0,041	2,01
Uniformidad Medida	2,81	0,11	2,00

Tabla 1. Resultados para la calibración y caracterización del medio.

Valor de Temperatura Caracterizado 110 °C

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C	k _{p=95,45%}
Máxima Temperatura Medida	139,16	0,23	2,05
Mínima Temperatura Medida	109,22	0,14	2,01
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,605	0,082	2,01
Desviación de Temperatura en el Espacio	29,39	0,11	2,00
Estabilidad Medida (±)	0,802	0,041	2,01
Uniformidad Medida	29,73	0,16	2,00

Tabla 2. Resultados para la calibración y caracterización del medio.

LM-PC-28-F-01 R1.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

T-00598-001 R0

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág. 1 de 6

Equipo <i>Instrument</i>	HORNO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PERUTEST
Modelo <i>Model</i>	PT-H76
Número de Serie <i>Serial Number</i>	458
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO PRESENTA
Intervalo de Indicación <i>Indication Range</i>	25 °C a 200 °C
Intervalo del Controlador <i>Controller Range</i>	25 °C a 200 °C
Solicitante <i>Customer</i>	MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	CAL LA MADRID NRO. 264 ASC.
Ciudad <i>City</i>	LOS OLIVOS-SAN MARTIN DE PORRES-LIMA
Ubicación del Equipo <i>Place of the instrument</i>	AREA LABORATORIO MTL GEOTECNIA S.A.C.
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024-10-22
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024-10-28

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 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 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

06

Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. 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 Autorizadas

Authorized signatures


Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo


Ing. Sergio Martinez
Director del Laboratorio

LM-PC-28-F-01 R1.0



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

T-00598-001 R0

Page / Pág. 6 de 6

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue en el AREA LABORATORIO MTL GEOTECNIA S.A.C. ; MTL GEOTECNIA S.A.C.. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	25,0 °C	Humedad Máxima:	70,0 %
Temperatura Mínima:	23,5 °C	Humedad Mínima:	63,0 %

INCERTIDUMBRE DE 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 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

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-31002-015 al T-31002-026	2024-04-26

DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y su 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 estampilla de calibración No. T-00598-001

LM-PC-28-F-01 R1.0

Fin de Certificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-6272-2024

Página: 2 de 3

8. Resultados

ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (μ m)
0,00	0,00	0

ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Nominal (mm)	Valor Patrón (mm)	Indicación del Pie de Rey			Promedio (mm)	Error (μ m)
		Superior (mm)	Central (mm)	Inferior (mm)		
0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0
20,00	20,000	20,00	20,00	20,00	20,000	0
50,00	50,000	50,00	49,99	50,00	49,997	-3
80,00	80,000	80,00	80,00	79,99	79,997	-3
100,00	100,000	100,01	100,01	100,01	100,010	10
120,00	120,000	120,01	120,01	119,99	120,003	3
150,00	150,000	150,00	150,01	150,00	150,003	3
200,00	200,000	200,01	200,01	200,00	200,007	7

ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Nominal (mm)	Error (E) (μ m)
120,00	20

ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Nominal (mm)	Error (R) (μ m)
100,00	10

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error ($S_{E,i}$) (μ m)
10,00	0

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

Valor Nominal (mm)	Error ($S_{E,p}$) (μ m)
10,00	10



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-6272-2024

Página: 1 de 3

Expediente : T 700-2024
Fecha de emisión : 2024-12-14

1. Solicitante : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento : PIE DE REY

Tipo de Indicación : DIGITAL
Alcance de Indicación : 200 mm
División mínima : 0,01 mm

Marca : MITUTOYO
Modelo : CD-8"ASX-B
Serie : 17913523
Procedencia : NO INDICA
Código de Identificación : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración

La calibración se realizó en CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

Fecha de calibración: 2024-12-11

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa según el PC-012 " Procedimiento de calibración de pie de rey del Indecopi -SNM" Edición 5 , 2012.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
JUEGO DE BLOQUES PATRÓN	INSIZE	LLA-C-005-2024	INACAL - DM
BLOQUE PATRÓN	INSIZE	LLA-188-2024	INACAL - DM
VARILLA PATRÓN	INSIZE	LLA-273-2024	INACAL - DM
ANILLO PATRÓN	INSIZE	LLA-263-2024	INACAL - DM
TERMÓMETRO DE CONTACTO	NO INDICA	CT-1483-2024	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,0	24,8
Humedad %	67,9	68,9

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta adhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza aproximado del 95 %.
- El instrumento tiene un error máximo permisible de $\pm 30 \mu m$, según Fabricante.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-6272-2024

Página: 3 de 3

ERROR DE CONTACTO LINEAL

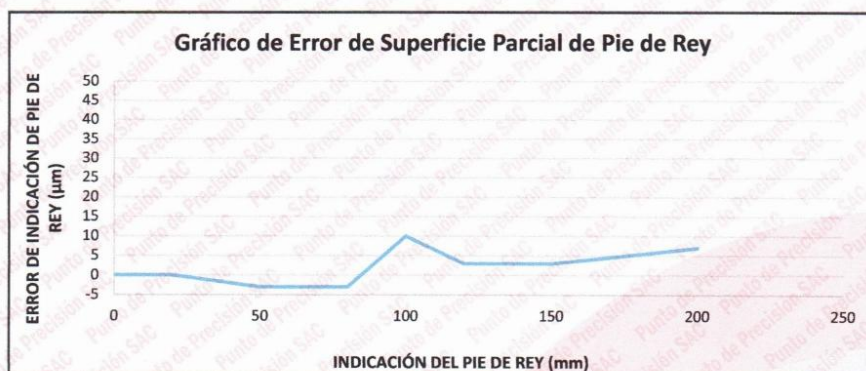
Valor Nominal (mm)	Error (L) (μm)
10,00	0

ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Nominal (mm)	Error (J) (μm)
20,00	0

ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN DE INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (K) (μm)
5,00	10



INCERTIDUMBRE DEL PIE DE REY

$$U (k=2) = (16,05^2 + 0,03^2 \times L^2)^{1/2} \mu m$$

Incumbencia para L = 200 mm	17 μm
--------------------------------	-------

Fin del documento



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

F-00598-006 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa a	Incertidumbre Expandida U		k _p ≈ 95 %
		Indicación q	Repetibilidad b	Reversibilidad v				
± %	kN	%	%	%	%	kN	%	-----
11,0	110,0	-0,02	0,201	-----	0,091	0,29	0,26	2,08
20,0	200,0	-0,09	0,095	-----	0,050	0,27	0,14	2,04
30,0	300,0	-0,01	0,115	-----	0,033	0,37	0,12	2,17
40,0	400,0	0,006	0,070	-----	0,025	0,40	0,099	2,05
50,0	500,0	-0,085	0,057	-----	0,020	0,44	0,089	2,03
60,0	600,0	-0,078	0,061	-----	0,017	0,54	0,090	2,04
70,0	700,0	-0,067	0,057	-----	0,014	0,62	0,088	2,03
80,0	800,0	-0,052	0,059	-----	0,013	0,71	0,088	2,03
90,0	900,0	-0,053	0,075	-----	0,011	0,87	0,096	2,10
99,5	995,0	-0,12	0,130	-----	0,010	1,3	0,13	2,37

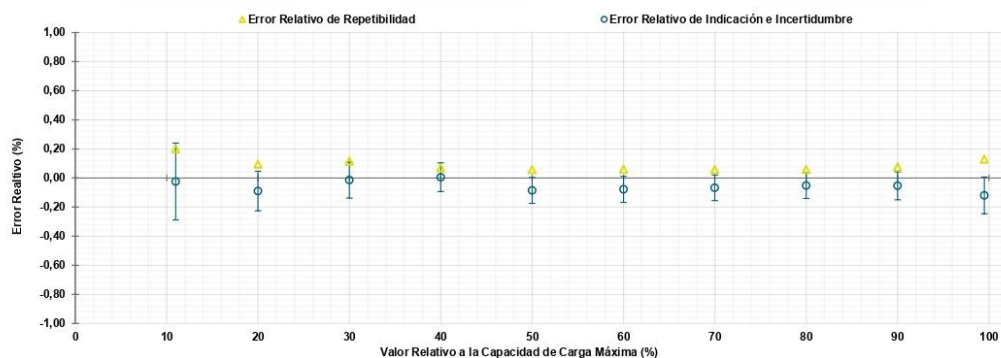


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B \cdot x) + (C \cdot x^2) + (D \cdot x^3)$$

A	B	C	D
-1,822 099 E-01	1,002 104 E00	-4,118 211 E-06	3,234 875 E-09

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue AREA LABORATORIO MTL GEOTECNIA S.A.C. de la empresa MTL GEOTECNIA S.A.C. ubicada en LOS OLIVOS-SAN MARTIN DE PORRES-LIMA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	23,7 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	22,4 °C
Humedad Relativa Máxima:	70 % hr	Humedad Relativa Mínima:	68 % hr

LM-PC-05-F-01 R14.2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO No LC-079**



F-00598-006 RO

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
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

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón				Promedio S_{1, 2 y 3}	Errores Relativos	
	S₁ Ascendente	S₂ Ascendente	S₃ Ascendente			Indicación a	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN		%	%
20,0	200,0	200,509	201,272	201,358	201,046 2	-0,52	0,421
50,0	500,0	503,942	504,343	504,419	504,234 7	-0,84	0,094
99,0	990,0	990,044	989,784	990,694	990,173 7	-0,02	0,092

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S_{1, 2 y 3}
	S₁ Ascendente	S₂ Ascendente	S₂ No Aplica	S₃ Ascendente	S₄ No Aplica		
≈ %	kN	kN	----	kN	----	kN	
11,0	110,0	109,891	110,112	110,077	----	110,026 8	
20,0	200,0	200,182	200,082	200,272	----	200,178 9	
30,0	300,0	299,867	300,048	300,213	----	300,042 6	
40,0	400,0	399,928	399,862	400,143	----	399,977 9	
50,0	500,0	500,573	500,287	500,417	----	500,425 7	
60,0	600,0	600,276	600,487	600,642	----	600,468 3	
70,0	700,0	700,280	700,445	700,681	----	700,468 7	
80,0	800,0	800,657	800,402	800,187	----	800,415 6	
90,0	900,0	900,306	900,231	900,906	----	900,480 8	
99,5	995,0	996,104	995,584	996,879	----	996,189 2	

Tabla 3.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

f_{0,S1}	f_{0,S2}	f_{0,S2}	f_{0,S3}	f_{0,S4}
%	%	%	%	%
0,000	0,000	----	0,000	----

LM-PC-05-F-01 R14.2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-00598-006 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN

Instrument

Fabricante / Año UTEST (2019)

Manufacturer / Year

Modelo UTC-4722.FPR

Model

Número de Serie 19/002539

Serial Number

Identificación Interna NO PRESENTA

Internal Identification

Capacidad Máxima 1000 kN

Maximum Capacity

Solicitante MTL GEOTECNIA S.A.C.

Customer

Dirección CAL LA MADRID NRO. 264 ASC.

Address

Ciudad LOS OLIVOS-SAN MARTIN DE PORRES-LIMA

City

Fecha de Calibración 2024 - 10 - 22

Date of calibration

Fecha de Emisión 2024 - 10 - 24

Date of issue

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 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.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Br. Félix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LMPC-05-F-01 R14.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín • Bellavista • Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



F-00598-006 RO

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k , de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. 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 y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 1000 kN	C8S	930040	0.5	6753 del INM de Colombia	2025-06

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 la escala de la máquina de ensayo. Según 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	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos 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
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-00598-006**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R14.2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín • Bellavista • Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

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		8000 g
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
-----	g	g
1	8 000,0	-----
2	8 000,0	0,0
3	8 000,1	0,1
4	7 999,8	- 0,2
5	7 999,9	- 0,1
Diferencia máxima respecto al centro		0,2

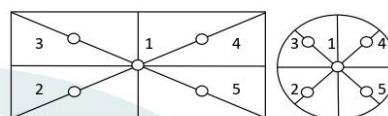


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

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.

Valor Nominal de las Cargas			
		12000 g	24000 g
Cantidad de Repeticiones		Indicación del Instrumento	
1	12000,0	24000,2	
2	12000,0	24000,2	
3	12000,0	24000,1	
4	12000,0	24000,3	
5	12000,0	24000,0	
6	11999,9	24000,1	
7	12000,0	24000,0	
8	11999,9	24000,2	
9	12000,0	24000,1	
10	11999,9	24000,1	
Desviación Estándar		0,048 g	0,095 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue LABORATORIO MTL, MTL GEOTECNIA S.A.C.

; LOS OLIVOS-SAN MARTIN DE PORRES-LIMA

Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima:	22,0 °C
Humedad Máxima:	65 % HR
Presión Barométrica Máxima:	1008,9 hPa

Temperatura Mínima:	20,9 °C
Humedad Mínima:	59 % HR
Presión Barométrica Mínima:	1008,9 hPa

LM-PC-24-F-01 R9.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



M-00598-002 R0

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Número de Serie	B639089407
Identificación Interna	No presenta
Resolución	0,1 g
Intervalo Calibrado	1 g a 24000 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% -----
1,00	1,0	1,0	0,00	0,00	0,23	2,23
20,00	20,0	20,0	0,00	0,00	0,23	2,23
500,00	500,0	500,0	0,00	0,00	0,23	2,23
1 000,00	1 000,0	1 000,0	0,00	0,00	0,23	2,23
2 000,00	2 000,0	2 000,0	0,00	0,00	0,32	2,21
5 000,00	5 000,0	4 999,9	0,00	-0,10	0,80	2,18
8 000,0	8 000,0	7 999,9	0,0	-0,1	1,3	2,13
10 000,0	10 000,0	9 999,9	0,0	-0,1	1,6	2,10
15 000,0	15 000,0	14 999,9	0,0	-0,1	2,4	2,05
20 000,0	19 999,9	19 999,9	-0,1	-0,1	3,2	2,03
24 000,0	23 999,9	23 999,9	-0,1	-0,1	3,8	2,02

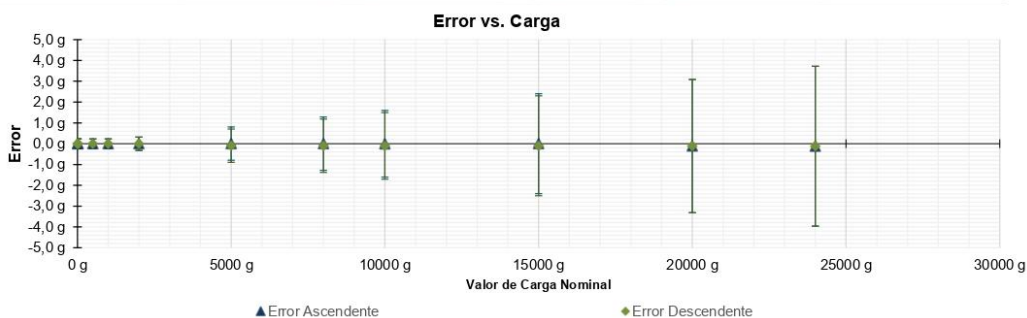


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

¹ Factor de cobertura
LM-PC-24-F-01 R9.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-00598-002 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	EX24001
Número de Serie <i>Serial Number</i>	B639089407
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	24000 g
Solicitante <i>Customer</i>	MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC.
Ciudad <i>City</i>	LOS OLIVOS-SAN MARTIN DE PORRES-LIMA
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 10 - 17
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 10 - 28

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 LTDA 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



Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología



Ing. Sergio Ivan Martinez
Director Laboratorio de Metrología

LMPC-24-F-01 R0.0



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO No LC-079



M-00598-002 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.

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = -2,87 E-06 \cdot R$$

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

$$u^2(W) = 1,07 E-02 + 2,64 E-10 R^2$$

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 Pesas 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 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	No presenta	M-31695-002 Pinzuar / 0813-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-25 2024-06-14
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 0773-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-26 2024-06-11

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
- la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
- Se adjunta la estampilla de calibración **No. M-00598-002**

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co



CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0068-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf	kgf	
10	1500	1501	1499	1498	--	--	1499	1
20	3000	3001	2997	2998	--	--	2999	1
30	4500	4497	4495	4493	--	--	4495	5
40	6000	6000	5996	5996	--	--	5997	3
50	7500	7499	7498	7496	--	--	7497	3
60	9000	9003	9000	9001	--	--	9001	-1
70	10500	10501	10499	10498	--	--	10500	0
80	12000	11999	11997	11999	--	--	11998	2
90	13500	13499	13498	13497	--	--	13498	2
100	15000	15001	14999	14999	--	--	14999	1

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
10	1500	0,04	0,20	--	0,07	--	0,16
20	3000	0,05	0,14	--	0,03	--	0,12
30	4500	0,11	0,09	--	0,02	--	0,10
40	6000	0,05	0,07	--	0,02	--	0,09
50	7500	0,04	0,04	--	0,01	--	0,08
60	9000	-0,01	0,03	--	0,01	--	0,08
70	10500	0,00	0,03	--	0,01	--	0,08
80	12000	0,01	0,02	--	0,01	--	0,08
90	13500	0,02	0,02	--	0,01	--	0,08
100	15000	0,00	0,01	--	0,01	--	0,08

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	Resolución relativa a %	Cero f0 %
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0068-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de CALIBRATEC ubicado en Av. María Parado de Bellido Lote. 20a Otr. Ex Fundo Chacra Cerro Lima-Lima-Comas

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	26,8 °C	27,2 °C
Humedad relativa	55 %	56 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
CHANGCHENG INSTITUTE OF METROLOGY & MEASUREMENT	Celda de carga de 1000 kN con una incertidumbre de 0,07%	GFJGJL1001240913983

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. María Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0068-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente 0096
2. Solicitante MTL GEOTECNIA S.A.C
3. Dirección CAL. LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS (AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV. DANIEL ALCID) LIMA-SAN MARTIN DE PORRES
4. Instrumento calibrado **MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PLACA DE CARGA)**

Marca	HYDROMAG
Modelo	H032650
N° de serie	17N1318
Identificación	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Intervalo de indicación	0 kgf a 20000 kgf
Resolución	1 kg
Clase de exactitud	NO INDICA
Modo de fuerza	Compresión

Indicador Digital

Marca	HIGHWEIGHT	Serie	NO INDICA
Modelo	315-X8	Resolución	1 kg

Transductor de Presión

Marca	ZEMIC	Serie	4025
Modelo	YB15		
5. Fecha de calibración 2025-03-25

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2025-03-26



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/03/2025 09:39:48-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0068-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Anexo 11- Reporte SPSS

- Prueba de normalidad

Notas

Resultados creados		23-AUG-2025 17:52:28
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
Manipulación de los valores perdidos	Núm. de filas del archivo de trabajo	20
	Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para las variables dependientes serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos que no incluyan valores perdidos en ninguna variable dependiente o factor utilizados.
Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=Resistencia BY Muro
		/PLOT NPLOT
		/STATISTICS DESCRIPTIVES
		/CINTERVAL 95
Recursos		/MISSING LISTWISE
		/NOTOTAL.
	Tiempo de procesador	00:00:00.36
	Tiempo transcurrido	00:00:00.35

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

- Muro

Resumen del procesamiento de los casos

Muro		Casos			
		Válidos		Perdidos	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	10	100,0%	0	0,0%
	Muro con ladrillo silico calcáreo	10	100,0%	0	0,0%

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Resumen del procesamiento de los casos

Muro		Casos	
		Total	
		N	Porcentaje
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	10	100,0%
	Muro con ladrillo silico calcáreo	10	100,0%

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos			
Muro			
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	Media	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
		Media recortada al 5%	
		Mediana	
		Varianza	
		Desv. típ.	
		Mínimo	
		Máximo	
		Rango	
		Amplitud intercuartil	
		Asimetría	
		Curtosis	
	Muro con ladrillo silico calcareo	Media	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
		Media recortada al 5%	
		Mediana	
		Varianza	
		Desv. típ.	
		Mínimo	
		Máximo	
		Rango	
		Amplitud intercuartil	
		Asimetría	
		Curtosis	

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos

Muro			Estadístico
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	Media	33,4360
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 32,8739
			Límite superior 33,9981
		Media recortada al 5%	33,4383
		Mediana	33,3700
		Varianza	,617
		Desv. típ.	,78572
		Mínimo	32,24
		Máximo	34,59
		Rango	2,35
	Muro con ladrillo silico calcáreo	Amplitud intercuartil	1,19
		Asimetría	,232
		Curtosis	-,863
		Media	103,9360
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 102,1769
			Límite superior 105,6951
		Media recortada al 5%	103,9028
		Mediana	103,6550
		Varianza	6,047
		Desv. típ.	2,45902
		Mínimo	100,98
		Máximo	107,49
		Rango	6,51
		Amplitud intercuartil	4,69
		Asimetría	,163
		Curtosis	-1,859

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos

Muro		Error típ.
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Media	,24847
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
	Media recortada al 5%	
	Mediana	
	Varianza	
	Desv. típ.	
	Mínimo	
	Máximo	
	Rango	
	Amplitud intercuartil	
	Asimetría	,687
	Curtosis	1,334
	Media	,77761
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
	Media recortada al 5%	
	Mediana	
	Varianza	
	Desv. típ.	
	Mínimo	
	Máximo	
	Rango	
	Amplitud intercuartil	
	Asimetría	,687
	Curtosis	1,334

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Pruebas de normalidad

Muro		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	,144	10	,200*	,947
	Muro con ladrillo silico calcáreo	,197	10	,200*	,894

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Pruebas de normalidad

Muro		Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
Resistencia a la Compresión Axial en Pilas	Muro con ladrillos de arcilla	10	,628
	Muro con ladrillo silico cacareo	10	,186

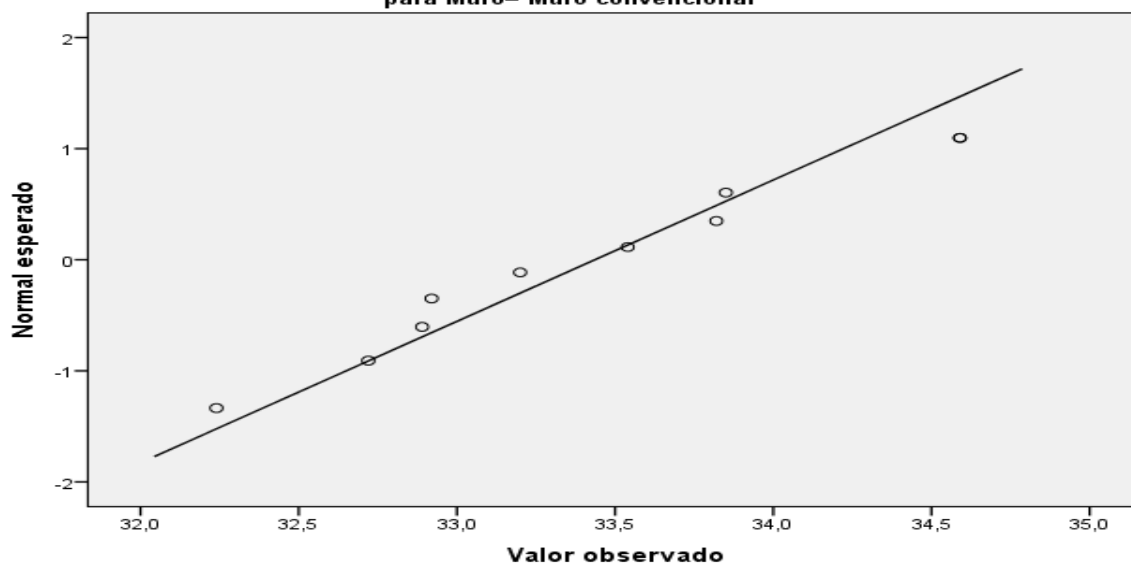
Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

*, Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

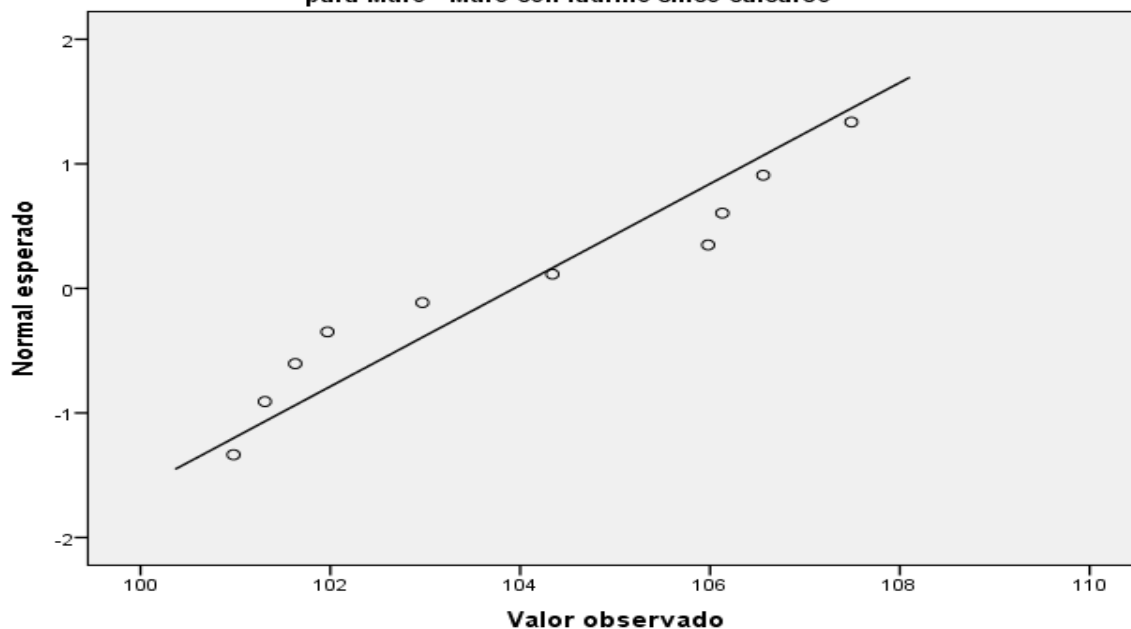
- Resistencia a la Compresión Axial en Pilas
- Gráficos Q-Q normales

**Gráfico Q-Q normal de Resistencia a la Compresión Axial en Pilas
para Muro= Muro convencional**



Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

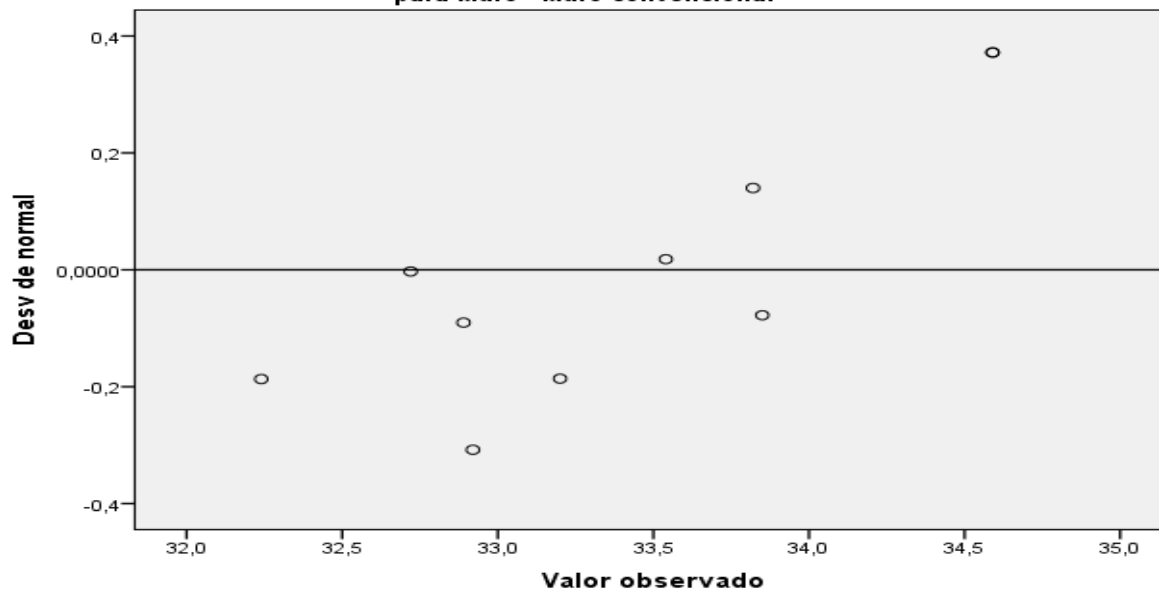
**Gráfico Q-Q normal de Resistencia a la Compresión Axial en Pilas
para Muro= Muro con ladrillo silico calcareo**



Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

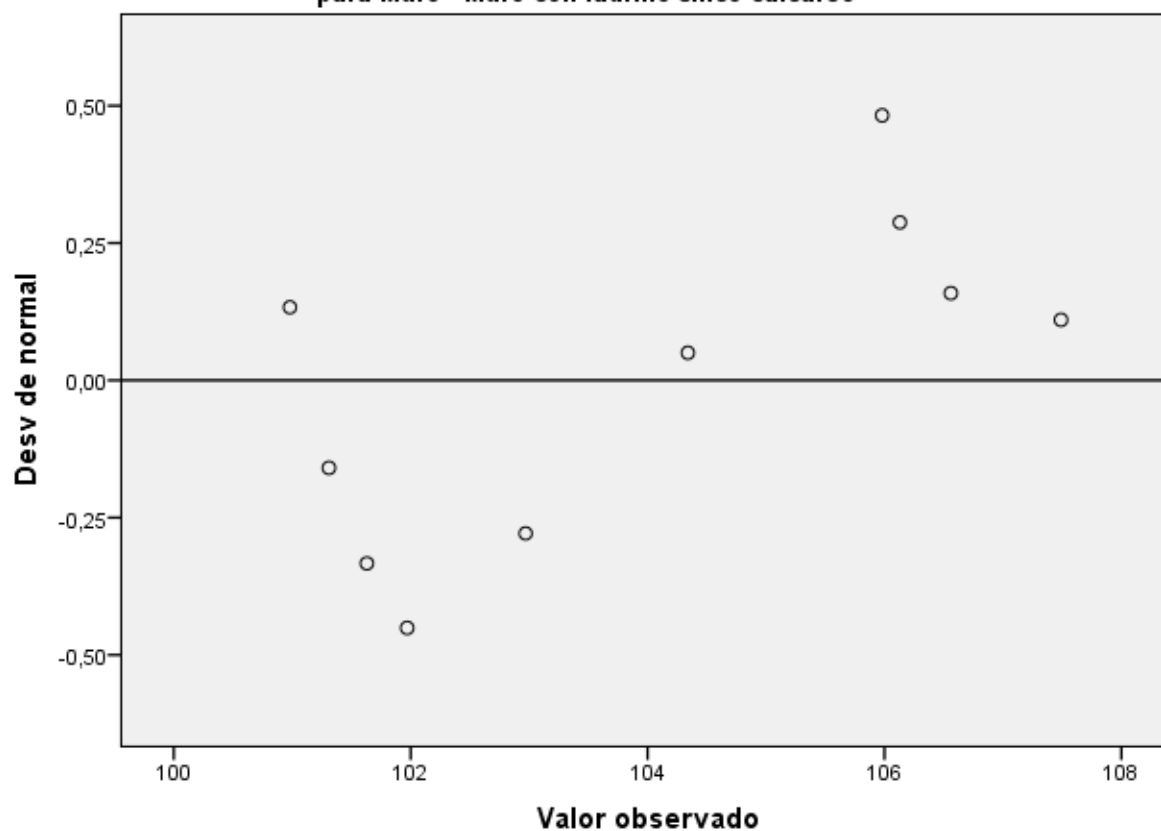
- Gráficos Q-Q normales sin tendencia

**Gráfico Q-Q normal sin tendencias de Resistencia a la Compresión Axial en Pilas
para Muro= Muro convencional**



Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

**Gráfico Q-Q normal sin tendencias de Resistencia a la Compresión Axial en Pilas
para Muro= Muro con ladrillo silico calcareo**



Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Explorar

Notas

Resultados creados	23-AUG-2025 17:55:58
Comentarios	
Datos	C:\Trabajo\sav
Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
Filtro	<ninguno>
Entrada	
Peso	<ninguno>
Dividir archivo	<ninguno>
Núm. de filas del archivo de trabajo	6
Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para las variables dependientes serán tratados como perdidos.
Manipulación de los valores perdidos	Los estadísticos se basan en los casos que no incluyan valores perdidos en ninguna variable dependiente o factor utilizados.
Casos utilizados	EXAMINE VARIABLES=Resistencia BY Muro /PLOT NPLOT /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Sintaxis	
Tiempo de procesador	00:00:00.34
Recursos	
Tiempo transcurrido	00:00:00.38

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Muro

Resumen del procesamiento de los casos

Muro		Casos			
		Válidos		Perdidos	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia a la diagonal de muretes	Muro con ladrillos de arcilla	3	100,0%	0	0,0%
	Muro con ladrillo silico calcareo	3	100,0%	0	0,0%

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Resumen del procesamiento de los casos

Muro		Casos	
		Total	
		N	Porcentaje
Resistencia a la diagonal de muretes	Muro con ladrillos de arcilla	3	100,0%
	Muro con ladrillo silico calcareo	3	100,0%

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos		
Muro		
Resistencia a la diagonal de muretes	Media	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
	Media recortada al 5%	
	Mediana	
	Varianza	
	Desv. típ.	
	Mínimo	
	Máximo	
	Rango	
	Amplitud intercuartil	
	Asimetría	
	Curtosis	
	Media	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
	Media recortada al 5%	
Muro con ladrillos de arcilla	Mediana	
	Varianza	
	Desv. típ.	
	Mínimo	
	Máximo	
	Rango	
	Amplitud intercuartil	
	Asimetría	
Muro con ladrillo silico calcareo	Curtosis	
	Media	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior
	Media recortada al 5%	
	Mediana	
	Varianza	
	Desv. típ.	
	Mínimo	
	Máximo	
	Rango	
	Amplitud intercuartil	
	Asimetría	
	Curtosis	

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos

Muro			Estadístico
Resistencia a la diagonal de muretes	Media		5,0200
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	4,8167
		Límite superior	5,2233
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		5,0400
	Varianza		,007
	Desv. típ.		,08185
	Mínimo		4,93
	Máximo		5,09
	Rango		,16
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría		-1,034
	Curtosis		.
	Media		9,5567
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	9,3454
		Límite superior	9,7679
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		9,5900
Muro con ladrillo silico calcareo	Varianza		,007
	Desv. típ.		,08505
	Mínimo		9,46
	Máximo		9,62
	Rango		,16
	Amplitud intercuartil		.
	Asimetría		-1,493
	Curtosis		.

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Descriptivos

Muro	Error típ.
Resistencia a la diagonal de muretes	Media
	,04726
	Intervalo de confianza para la media al 95%
	Límite inferior
	Límite superior
	Media recortada al 5%
	Mediana
	Varianza
	Desv. típ.
	Mínimo
	Máximo
	Rango
	Amplitud intercuartil
	Asimetría
Muro con ladrillos de arcilla	1,225
	Curtosis
	.
	Media
	,04910
	Intervalo de confianza para la media al 95%
	Límite inferior
	Límite superior
	Media recortada al 5%
	Mediana
	Varianza
	Desv. típ.
	Mínimo
	Máximo
Muro con ladrillo silico calcareo	Rango
	Amplitud intercuartil
	Asimetría
	1,225
	Curtosis
	.

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Pruebas de normalidad

Muro		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico
Resistencia a la diagonal de muretes	Muro con ladrillos de arcilla	,263	3	.	,955
	Muro con ladrillo silico calcáreo	,319	3	.	,885

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

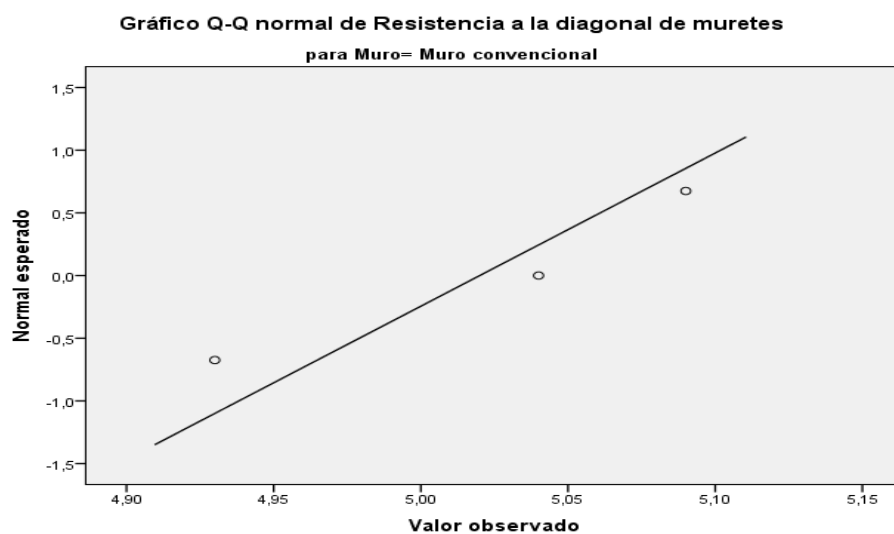
Pruebas de normalidad

Muro		Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
Resistencia a la diagonal de muretes	Muro con ladrillos de arcilla	3	,593
	Muro con ladrillo silico calcáreo	3	,339

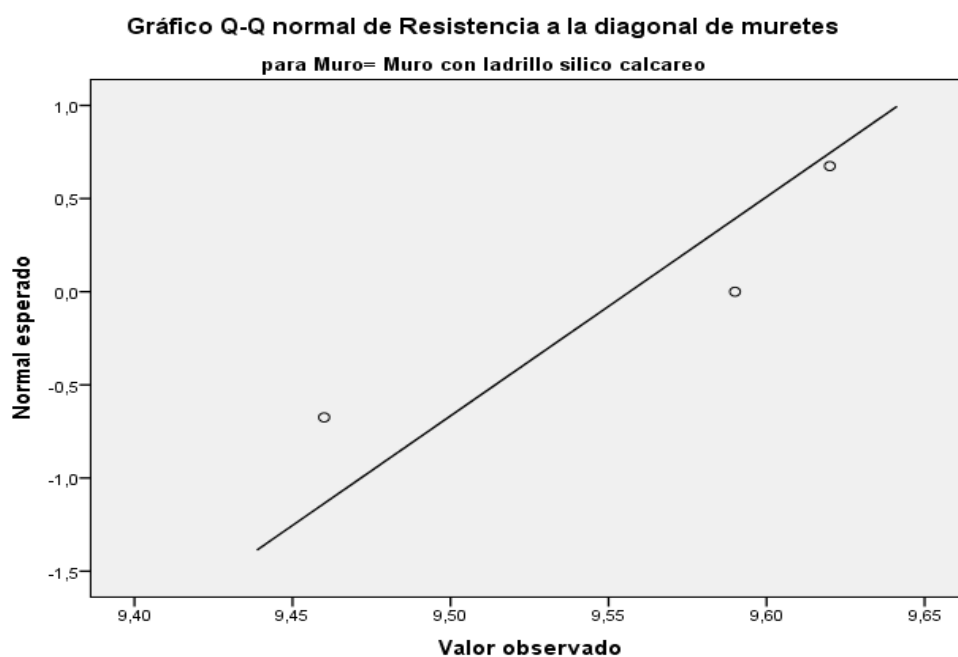
Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Resistencia a la diagonal de muretes
Gráficos Q-Q normales

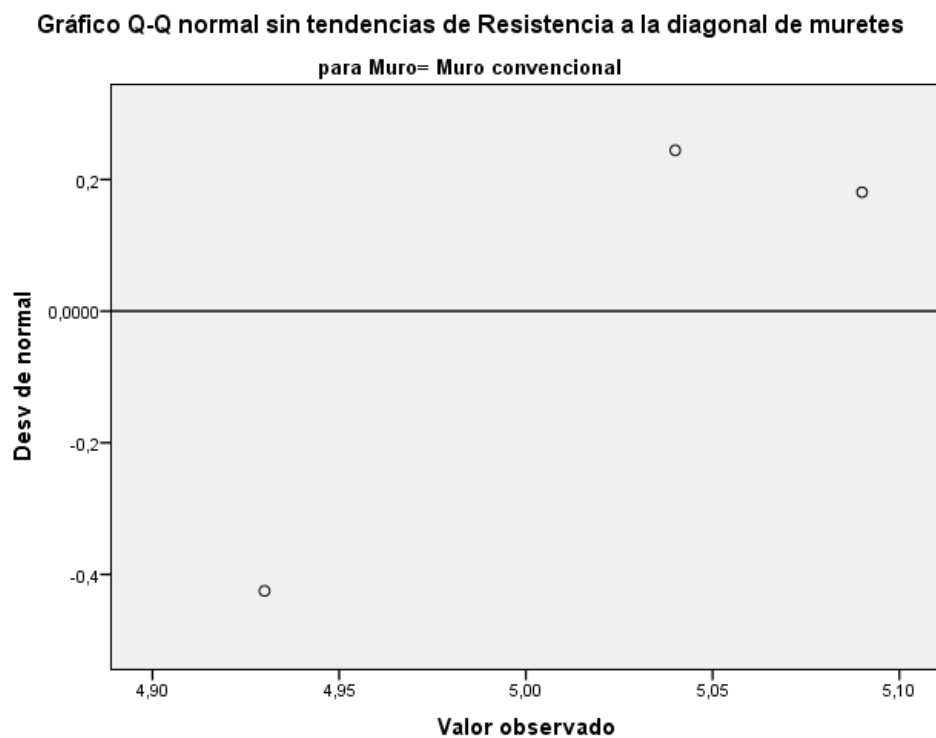


Nota. Gráfico extraído de IBM SPSS Statistics (2025)



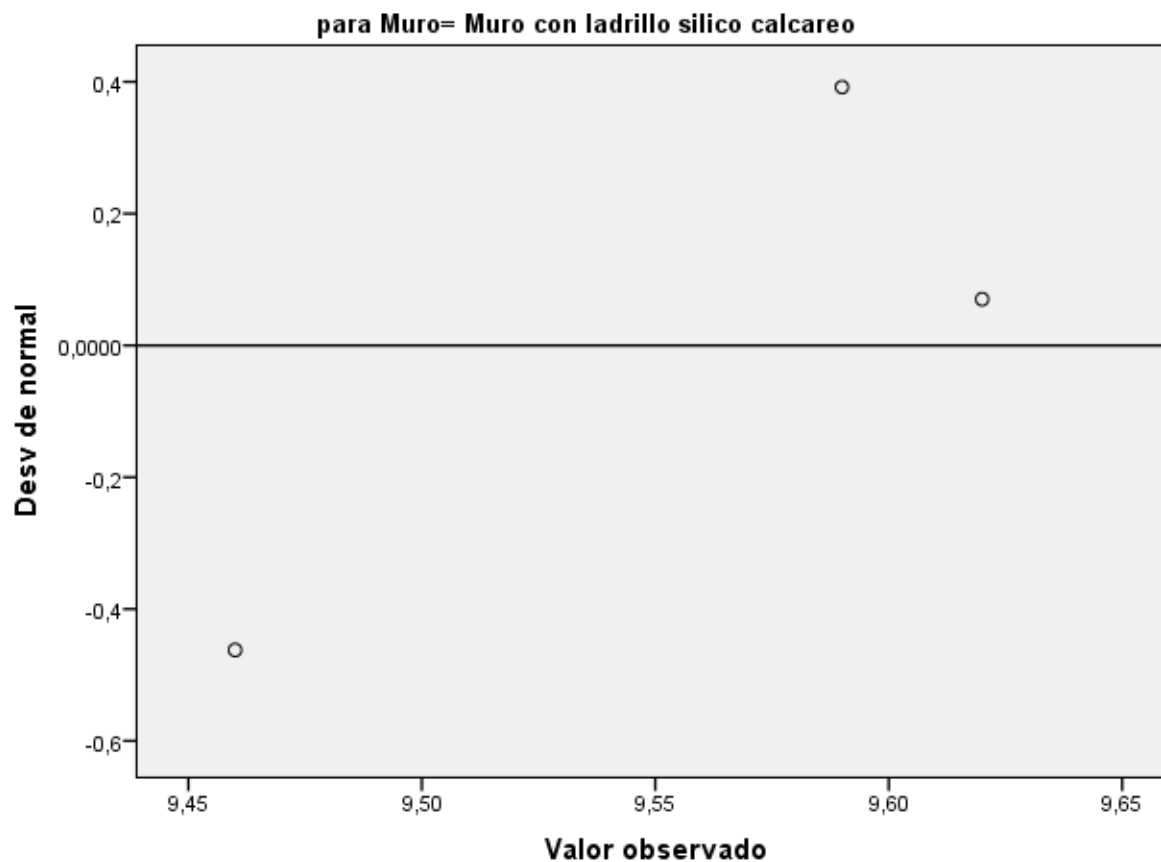
Nota. Gráfico extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Gráficos Q-Q normales sin tendencia



Nota. Gráfico extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Gráfico Q-Q normal sin tendencias de Resistencia a la diagonal de muretes



Nota. Gráfico extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

- Analisis ANOVA

ANOVA de un factor

Notas

Resultados creados	23-AUG-2025 17:53:10
Comentarios	
Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
Filtro	<ninguno>
Peso	<ninguno>
Dividir archivo	<ninguno>
Núm. de filas del archivo de trabajo	20
Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
ONEWAY Resistencia BY Muro	
/MISSING ANALYSIS.	
Tiempo de procesador	00:00:00.00
Tiempo transcurrido	00:00:00.00

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

ANOVA de un factor

Resistencia a la Compresión Axial en Pilas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	24851,250	1	24851,250	7458,224	,000
Intra-grupos	59,977	18	3,332		
Total	24911,227	19			

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

ANOVA de un factor

Notas

Resultados creados	23-AUG-2025 17:58:15	
Comentarios		
	Datos	C:\Trabajo \SPSS\Resistencia diagonal de muretes.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
Entrada	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	6
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
Sintaxis	ONEWAY Resistencia BY Muro /MISSING ANALYSIS.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.00
	Tiempo transcurrido	00:00:00.00

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

ANOVA de un factor

Resistencia a la diagonal de muretes

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30,872	1	30,872	4431,390	,000
Intra-grupos	,028	4	,007		
Total	30,900	5			

Nota. Reporte extraído de IBM SPSS Statistics (2025)

Anexo 12- Panel fotográfico



Foto 1: Medición del alabeo en ladrillos silico calcáreos.



Foto 2: Determinación del alabeo en unidad de albañilería de arcilla.



Foto 3: Ensayo de compresión en unidad de albañilería silico calcáreo.



Foto 4: Ensayo de compresión en unidad de albañilería de arcilla.



Foto 5: Ensayo de compresión en pilas de unidades de albañilería silico-calcáreo.



Foto 6: Ensayo de compresión en pilas de unidades de albañilería de arcilla.



Foto 7: Ensayo de compresión de diagonal de muretes en muro de albañilería con ladrillos silico calcáreos bajo prensa hidráulica.



Foto 8: Ensayo de compresión de diagonal de muretes en muro de albañilería con ladrillos de arcilla bajo prensa hidráulica.

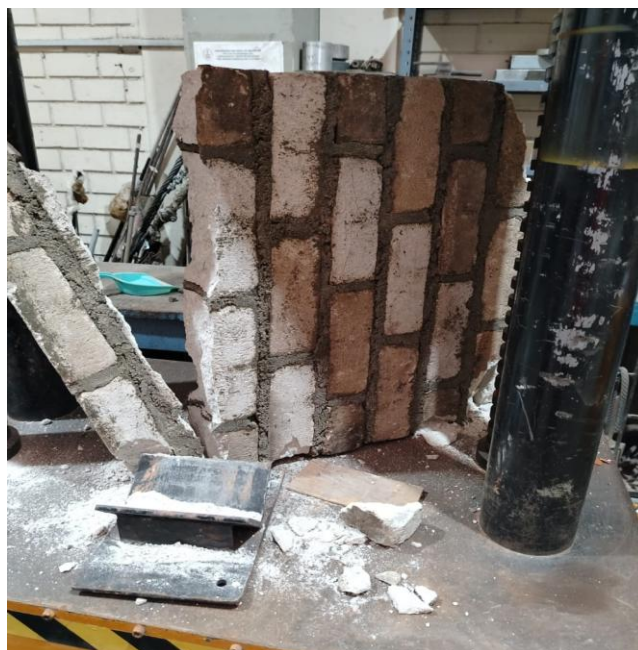


Foto 9: Murete de albañilería tras ensayo de compresión axial



Foto 10: Falla por compresión diagonal en murete de albañilería

Anexo 13- Validación de instrumentos de investigación

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Herrera Dominguez Miguel Ángel
 1.2 Cargo e institución donde labora: jepe de laboratorio
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha de recolección de datos

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

para la investigación según las variables de estudio

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%

GEOTECNICA DEL NORTE S.A.C.
 Mag. Ing. Miguel A. Herrera Dominguez
 Reg. CIP. 242340 - C111868

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Pol Raim Aguilar Olguin
 1.2 Cargo e institución donde labora: ENSAYOS Y ESTUDIOS DE SUELOS-INGENIERIA SAE
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: ficha de recolección de datos

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

para la investigación según las variables de estudio

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100%



Pol Raim Aguilar Olguin
 ING. CIVIL - CIP. N° 81823
 CONSULTOR - REG. C4009

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

1.1 Apellidos y nombres del experto: **DELEGADO FERNÁNDEZ JOSÉ VALERIO**

1.2 Cargo e institución donde labora: **JEFE DE SUPERVISIÓN - CONSORCIO SANTA MARÍA**

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Eficiente 81-100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades de los involucrados					X
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teórico-científicos de la contabilidad/administración					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X

2. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

**PARA LA INVESTIGACIÓN SEGÚN
LAS VARIABLES DE ESTUDIO**

3. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

100 %

CONSORCIO SUPERVISOR SANTA MARÍA
JOSÉ VALERIO FERNÁNDEZ
JEFE DE SUPERVISIÓN
CIP N° 51284