

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Evaluación comparativa del ladrillo de concreto celular y tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Bibiano Gonzales, Yhomir Diego

ASESOR: Omar Palmiro González Hidalgo

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 74037007

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 23019113

Grado/Título: Maestro en gestión de riesgos

Código ORCID: 0009-0002-2697-4615

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
2	Torres Ponce, Carlos Antonio	Magister en gestión publica	22407564	0000-0001-9026-0647
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día martes 08 de setiembre de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA | PRESIDENTE |
| ❖ DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE | SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1509-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y TRADICIONAL COMO RELLENO EN LOSAS ALIGERADAS EN AMARILIS, HUÁNUCO – 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Yhomir Diego BIBIANO GONZALES, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *aprobado por unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *1.2* y cualitativo de *suficiente*. (Art. 47).

Siendo las *11:50* horas del día 08 del mes de setiembre del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
PRESIDENTE


DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE
DNI: 22407564
ORCID: 0000-0001-9026-0647
SECRETARIO (A)


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **YHOMIR DIEGO BIBIANO GONZALES**, de la investigación titulada **"Evaluación comparativa del ladrillo de concreto celular y tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco - 2025"**, con asesor(a): **OMAR PALMIRO GONZALEZ HIDALGO**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 0338-2026-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **12 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 14 de julio de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 14 de noviembre de 2026.

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net

Fuente de Internet

2 repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3 repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

4 repositorio.ulvr.edu.ec

Fuente de Internet

5 repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

6 repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

7 repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

8 paleodiversitas.org

Fuente de Internet

9 repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

10 apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y fe para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y motivación constante para seguir adelante y hacer posible este logro.

A mi hermano, por ser una fuente constante de alegría y motivación, por acompañarme con su cariño y su vez, por recordarme que el esfuerzo tiene su recompensa.

Finalmente, a mi pareja, por su amor, paciencia y comprensión, por acompañarme en cada desafío y brindarme siempre su apoyo durante este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Huánuco, por brindarme una formación integral que contribuyó a mi crecimiento académico y personal.

A mi asesor, por su orientación académica, compromiso y dedicación constante, fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A los profesionales del sector construcción que participaron en el estudio, por su disposición y colaboración, cuyos aportes contribuyeron significativamente al cumplimiento de los objetivos planteados.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	20
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	22
2.1.3. A NIVEL LOCAL	25
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. LOSA ALIGERADA	27

2.2.2.	LADRILLOS PARA LOSA ALIGERADA.....	28
2.2.3.	LADRILLOS DE CONCRETO CELULAR.....	29
2.2.4.	DISEÑO DE MEZCLA.....	34
2.2.5.	PROPIEDADES FÍSICAS	35
2.2.6.	PROPIEDADES MECÁNICAS	37
2.2.7.	IMPACTO ECONÓMICO	38
2.2.8.	PERCEPCIÓN PROFESIONAL	39
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	40
2.4.	HIPÓTESIS	43
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	43
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	43
2.5.	VARIABLES	44
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	44
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	44
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	45
CAPÍTULO III.....		46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		46
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.1.1.	ENFOQUE	46
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	46
3.1.3.	DISEÑO	46
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.2.1.	POBLACIÓN	47
3.2.2.	MUESTRA.....	48
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.4.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	50

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	52
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL	53
4.1.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	53
4.1.2. ANÁLISIS INFERENCIAL DE LOS DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO CELULAR	56
4.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL	59
4.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICOS.....	59
4.3. DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR EN COMPARACIÓN CON EL LADRILLO TRADICIONAL	65
4.3.2. DEL ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	68
4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	70
4.4.1. DE LA FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	70
4.4.2. DE LA CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	70
4.4.3. DE LA TOMA DE DECISIÓN	70
4.4.4. DE LA CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LAS VARIABLES MECÁNICAS DEL LADRILLO CELULAR	71
4.4.5. DE LA TOMA DE DECISIÓN	71
CAPITULO V.....	72

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
5.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL EN LOSAS ALIGERADAS.....	72
5.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL EN LOSAS ALIGERADAS.....	73
5.3. DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO	74
5.4. DEL ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	75
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de losa aligerada.....</i>	29
Tabla 2	<i>Propiedades físicas y mecánicas del concreto celular.....</i>	30
Tabla 3	<i>Ejemplos de diseño de mezcla</i>	34
Tabla 4	<i>Operacionalización de las variables.....</i>	45
Tabla 5	<i>Diseño de mezcla para la fabricación del concreto celular</i>	51
Tabla 6	<i>Datos de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular.....</i>	53
Tabla 7	<i>Análisis descriptivo de los datos de los parámetros físicos.....</i>	54
Tabla 8	<i>Prueba de normalidad de los datos de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular con diferentes porcentajes de material espumante</i>	55
Tabla 9	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los datos de los parámetros físicos de los ladrillos de concreto celular.....</i>	56
Tabla 10	<i>Datos de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular</i>	59
Tabla 11	<i>Prueba de normalidad de la propiedad mecánica resistencia a la comprensión ($f'c/cm^2$).....</i>	60
Tabla 12	<i>Análisis de varianza (ANOVA) de los datos de los parámetros mecánicos de los ladrillos de concreto celular.....</i>	60
Tabla 13	<i>Diseño de mezcla de los ladrillos de concreto celular.....</i>	65
Tabla 14	<i>Costo del ladrillo de concreto celular con material espumante y del ladrillo tradicional</i>	66
Tabla 15	<i>Percepción de los profesionales sobre el ladrillo celular.....</i>	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ladrillo de arcilla</i>	28
Figura 2 <i>Ladrillo de concreto celular</i>	30
Figura 3 <i>Comportamiento de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular (Densidad, Absorción y peso/m²)</i>	57
Figura 4 <i>Comportamiento de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular (Peso temperatura, seco y Húmedo)</i>	58
Figura 5 <i>Comportamiento de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular</i>	62
Figura 6 <i>Resistencia a la compresión del concreto f'_c(kg/cm²) en función del porcentaje de adición de material espumante en cada tratamiento</i>	63
Figura 7 <i>Comparación de propiedades físicas y mecánicas entre ladrillo tradicional y ladrillos celulares (T1, T2 y T3)</i>	64
Figura 8 <i>Comparación de costos entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional</i>	67
Figura 9 <i>Evaluación del ladrillo celular por los profesionales del área</i>	69
Figura 10 <i>Contrastación de la hipótesis de las variables físicos del ladrillo celular</i>	70
Figura 11 <i>Contrastación de la hipótesis de los variables mecánicas del ladrillo celular</i>	71
Figura 12 <i>Encofrado para bloque de concreto celular</i>	98
Figura 13 <i>Preparación de la espuma</i>	98
Figura 14 <i>Preparación de la mezcla</i>	99
Figura 15 <i>Ensayo de absorción del bloque de concreto celular</i>	99
Figura 16 <i>Ensayo de absorción del ladrillo tradicional</i>	100
Figura 17 <i>Secado del bloque de concreto celular</i>	100
Figura 18 <i>Secado del ladrillo tradicional</i>	101
Figura 19 <i>Peso de ladrillo tradicional saturado</i>	101
Figura 20 <i>Peso del ladrillo tradicional</i>	102
Figura 21 <i>Peso del bloque de concreto celular saturado</i>	102
Figura 22 <i>Peso del bloque de concreto celular</i>	103
Figura 23 <i>Ensayo a la compresión del ladrillo tradicional</i>	103
Figura 24 <i>Ensayo a la compresión del bloque de concreto celular</i>	104

<i>Figura 25 Laboratorio donde se realizó los estudios.....</i>	104
<i>Figura 26 Ubicación del proyecto.....</i>	105

RESUMEN

La construcción contemporánea enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad, la reducción del peso estructural y la optimización de recursos, especialmente en las losas aligeradas, donde el uso de ladrillos tradicionales incrementa las cargas muertas. El objetivo del estudio fue evaluar comparativamente el comportamiento físico, mecánico, económico y de percepción profesional del ladrillo de concreto celular respecto al ladrillo convencional en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025. La investigación tuvo enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-comparativo y diseño experimental en laboratorio. Se evaluaron propiedades físicas, mecánicas y económicas mediante ensayos estandarizados y encuestas a profesionales del sector construcción. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos. La densidad se redujo en 78.1% y el peso por m² en 39.3% con 3% de espumante, evidenciando disminución de la carga muerta. La resistencia a compresión disminuyó en 36.7% respecto al ladrillo convencional. En el análisis económico, el costo por m² del ladrillo celular fue hasta 24.0% mayor. En la percepción profesional, la mayoría de los encuestados lo consideró más liviano y adecuado como elemento de relleno.

Se concluye que el ladrillo de concreto celular constituye una alternativa viable como elemento de relleno en losas aligeradas no estructurales, debido a su menor peso, aunque presenta reducción progresiva de su resistencia mecánica conforme aumenta el contenido de material espumante.

Palabras clave: ladrillo de concreto celular, ladrillo convencional, losa aligerada, densidad, resistencia a compresión, propiedades físicas.

ABSTRACT

Contemporary construction faces challenges related to sustainability, structural weight reduction, and resource optimization, especially in ribbed slab systems, where the use of traditional bricks increases dead loads. The aim of this study was to comparatively evaluate the physical, mechanical, economic, and professional perception performance of cellular concrete bricks in relation to conventional bricks used as filler elements in ribbed slabs in Amarilis, Huánuco – 2025. The research followed a quantitative approach with a descriptive–comparative level and an experimental laboratory design. Physical, mechanical, and economic properties were evaluated through standardized tests and surveys applied to construction professionals. The results showed significant differences among treatments. Density decreased by 78.1% and weight per square meter by 39.3% with 3% foaming agent content, demonstrating a reduction in dead load. Compressive strength decreased by 36.7% compared to conventional bricks. In the economic analysis, the cost per square meter of cellular concrete bricks was up to 24.0% higher. Regarding professional perception, most surveyed professionals considered the material lighter and suitable as a filler element.

It is concluded that cellular concrete brick represents a viable alternative as a non-structural filler element in ribbed slabs due to its lower weight, although its compressive strength progressively decreases as the foaming agent content increases.

Keywords: cellular concrete brick, conventional brick, ribbed slab, density, compressive strength, dead load.

INTRODUCCIÓN

El sector construcción demanda actualmente sistemas estructurales más eficientes, seguros y sostenibles, en concordancia con los criterios de optimización de cargas, desempeño mecánico de los materiales y reducción del impacto ambiental. En edificaciones de concreto armado, las losas aligeradas constituyen uno de los elementos estructurales de mayor incidencia en el peso total de la estructura, por lo que la selección del material de aligeramiento influye directamente en las cargas muertas, el dimensionamiento de vigas, columnas y cimentaciones, así como en el consumo de acero y concreto, conforme a los criterios de diseño establecidos en la Norma Técnica Peruana E.060 (Concreto Armado) y E.070 (Albañilería).

En la práctica constructiva de la región Huánuco predomina el uso de ladrillos tradicionales como elementos de relleno en losas aligeradas. No obstante, estos materiales presentan densidades elevadas, mayor absorción de recursos energéticos en su fabricación y un comportamiento que incrementa la carga permanente de la estructura. Esta situación genera la necesidad de evaluar materiales alternativos, como el ladrillo de concreto celular, caracterizado por su baja densidad, estructura porosa y potencial para reducir el peso propio de los sistemas estructurales sin comprometer su funcionalidad.

El problema de investigación radica en la limitada información técnica local que compare de manera experimental y objetiva los parámetros físicos, mecánicos y económicos del ladrillo de concreto celular frente al ladrillo tradicional en condiciones representativas de la construcción de losas aligeradas en Amarilis, Huánuco. En consecuencia, se planteó como problema general determinar los parámetros del ladrillo de concreto celular en comparación con el ladrillo tradicional en este sistema constructivo, derivándose interrogantes específicas vinculadas a la densidad, absorción, resistencia a compresión, carga máxima, costos de producción y percepción profesional sobre su desempeño funcional.

La investigación se justifica técnicamente porque permite evaluar la incidencia de la reducción de densidad del material de aligeramiento en la disminución de cargas muertas, lo cual repercute en el diseño estructural, la

seguridad y la economía de la edificación. Desde el punto de vista ambiental, promueve el análisis de alternativas que contribuyan a la eficiencia en el uso de recursos. Asimismo, aporta información experimental útil para profesionales, proyectistas y entidades académicas.

El objetivo general fue determinar los parámetros del ladrillo de concreto celular respecto al ladrillo tradicional en losas aligeradas, mientras que los objetivos específicos incluyeron la determinación de propiedades físicas y mecánicas, la evaluación del impacto económico y el análisis de la percepción de profesionales del sector construcción.

Metodológicamente, el estudio se desarrolló con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-comparativo y diseño experimental en laboratorio, manipulando el porcentaje de material espumante como variable independiente. Se ejecutaron ensayos físicos y mecánicos estandarizados, análisis de costos unitarios y encuestas estructuradas. Las fuentes de información incluyeron resultados experimentales, normativa técnica peruana vigente y literatura científica especializada.

Entre las limitaciones se identifican el número de especímenes ensayados y el alcance geográfico del estudio. Sin embargo, los resultados obtenidos permiten establecer conclusiones técnicas sobre la viabilidad del ladrillo de concreto celular como material de aligeramiento, destacando su contribución a la reducción de cargas estructurales, aunque con variaciones en su desempeño mecánico respecto al ladrillo tradicional.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel mundial, el sector construcción enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad, la optimización estructural y la reducción del impacto ambiental. La selección de materiales de construcción constituye un aspecto fundamental, debido a que influye directamente en la calidad, comportamiento y peso de las estructuras. En edificaciones con losas aligeradas, el ladrillo tradicional ha sido ampliamente utilizado como elemento de relleno; sin embargo, sus características físicas incrementan las cargas muertas de la estructura, generando la necesidad de evaluar alternativas más eficientes.

La problemática adquiere relevancia debido a que actualmente se buscan soluciones constructivas que permitan reducir el peso estructural y optimizar el uso de recursos en edificaciones de concreto armado. Diversos estudios señalan que los ladrillos tradicionales pueden representar una proporción significativa del peso total de una edificación, incrementando las cargas permanentes y el consumo de materiales estructurales como acero y concreto (González, 2020).

Asimismo, la fabricación de ladrillos tradicionales demanda un elevado consumo energético y genera emisiones de dióxido de carbono, contribuyendo al impacto ambiental asociado a la industria de la construcción (López, 2019). "El ladrillo tradicional presenta un reto en términos de sostenibilidad, ya que su producción y uso generan un impacto ambiental significativo, contribuyendo anualmente con cerca de 1,2 millones de toneladas de residuos en la industria de la construcción" (Sánchez, 2021).

"El ladrillo tradicional, pesa alrededor de 7,5 kg por unidad, incrementando la carga estructural, lo que puede resultar en un aumento del 20% en los costos de cimentación y en la necesidad de refuerzo en las losas aligeradas, requiriendo así más acero y concreto, lo que encarece el proyecto" (Martínez, 2021).

En el Perú se estima que el 70% de las edificaciones utilizan ladrillos tradicionales, lo que plantea serias preocupaciones sobre la sostenibilidad y

el uso eficiente de recursos, este elevado porcentaje indica una dependencia de materiales que no solo son pesados, sino que también generan un impacto ambiental significativo, (Sánchez, 2021).

El uso de ladrillos tradicionales en las construcciones peruanas representa un desafío considerable para la sostenibilidad, la producción de estos ladrillos consume grandes cantidades de energía, contribuyendo así a un mayor consumo de combustibles fósiles y a la emisión de gases de efecto invernadero, el proceso de extracción de materiales para su fabricación puede llevar a la degradación del suelo y afectar la biodiversidad local, (López, 2019).

En la región Huánuco, el uso de ladrillos tradicionales como elementos de relleno en losas aligeradas es una práctica frecuente. Sin embargo, existe limitada información técnica local que compare experimentalmente el comportamiento físico, mecánico y económico del ladrillo de concreto celular respecto al ladrillo tradicional en condiciones representativas de construcción. Por ello, la presente investigación plantea evaluar comparativamente ambos materiales en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco, considerando propiedades físicas, mecánicas, impacto económico y percepción profesional sobre su desempeño funcional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Qué diferencias existen entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué diferencias existen en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?
- ¿Qué diferencias existen en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?
- ¿Qué diferencias económicas existen entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?

- ¿Cuál es la percepción de los profesionales del sector construcción respecto al desempeño funcional del ladrillo de concreto celular como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar comparativamente el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y del ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.
- Determinar las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y del ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.
- Evaluar las diferencias económicas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.
- Analizar la percepción de los profesionales del sector construcción respecto al desempeño funcional del ladrillo de concreto celular como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justificó debido a la necesidad de evaluar alternativas de aligeramiento que contribuyan a la reducción de cargas estructurales en edificaciones de concreto armado. Desde el punto de vista técnico, el estudio permitió analizar comparativamente las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto celular respecto al ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas. La reducción de densidad del ladrillo celular podría contribuir a disminuir las cargas muertas de la estructura, influyendo en el comportamiento estructural y en el consumo de materiales como concreto y acero.

Desde la perspectiva económica, la investigación permitió evaluar las diferencias de costos entre ambos materiales, aportando información útil para la toma de decisiones en proyectos constructivos. Asimismo, los resultados obtenidos pueden servir como referencia para profesionales y proyectistas interesados en alternativas de aligeramiento aplicables en edificaciones de la región Huánuco.

En el ámbito ambiental, el estudio se justificó por el interés en analizar materiales alternativos que contribuyan al uso eficiente de recursos dentro del sector construcción. Además, la investigación aporta información experimental y técnica que fortalece el conocimiento sobre el comportamiento del ladrillo de concreto celular en condiciones representativas de aplicación local.

En términos generales, estos aspectos sustentaron la pertinencia de investigar y promover el uso de ladrillos de concreto celular en Huánuco, aportando un enfoque técnico más eficiente, innovador y responsable en el sector construcción.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre el uso de ladrillos de concreto celular en la construcción de losas aligeradas en Huánuco enfrentó diversas limitaciones. En primer lugar, se identificó que la disponibilidad de estos materiales en la región fue limitada, lo que pudo restringir su aplicación en proyectos reales. Asimismo, aunque los ladrillos celulares ofrecieron beneficios técnicos y potenciales ahorros a largo plazo, la inversión inicial para su adquisición e implementación resultó mayor en comparación con los ladrillos tradicionales, lo que pudo desincentivar su adopción por parte de algunos constructores.

Otra limitación estuvo relacionada con la limitada disponibilidad de ladrillos de concreto celular en el mercado local, lo que restringe actualmente su aplicación en proyectos constructivos de mayor alcance. Del mismo modo, la ausencia de normativas técnicas nacionales específicas para este tipo de material representa una limitación para su aplicación estandarizada dentro del sector construcción.

Además, se identificó una limitada cantidad de investigaciones locales sobre el comportamiento del ladrillo de concreto celular en losas aligeradas, lo que redujo la disponibilidad de antecedentes técnicos comparables. Finalmente, la preferencia por materiales tradicionales dentro del sector construcción constituye una barrera para la incorporación de materiales alternativos en proyectos convencionales.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación sobre el uso del ladrillo de concreto celular en losas aligeradas en la región Huánuco fue viable desde el punto de vista técnico, económico y operativo.

Desde la perspectiva técnica, el estudio fue viable debido a que se contó con materiales, equipos de laboratorio y procedimientos estandarizados para la elaboración y ensayo de los especímenes, lo que permitió la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material en condiciones controladas.

En cuanto a la viabilidad económica, la investigación fue factible debido a la disponibilidad de recursos necesarios para la adquisición de materiales y la ejecución de los ensayos, así como al acceso a información de costos para el análisis comparativo entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional.

Desde el punto de vista operativo, se contó con el acceso a laboratorios y la disponibilidad de tiempo para la ejecución de los ensayos y encuestas a profesionales del sector construcción, lo que permitió el desarrollo adecuado del estudio.

En conjunto, estas condiciones garantizaron la viabilidad de la investigación y la obtención de resultados confiables para el análisis comparativo propuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Véliz Aguayo et al., (2023), realizaron la investigación titulada "El hormigón celular: análisis y difusión a nivel industrial en el Ecuador" Artículo tiene como objetivo principal analizar las características técnicas, económicas y ambientales del hormigón celular, así como su potencial para ser difundido y adoptado en la industria ecuatoriana. Los autores destacan la importancia de esta tecnología como una alternativa innovadora para la construcción, que puede mejorar la eficiencia energética, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. En el contexto del crecimiento del sector constructivo en el país, el estudio busca sentar bases para su integración dentro del marco de sostenibilidad y modernización de materiales de construcción. El procedimiento empleado combina el análisis teórico de propiedades del hormigón celular, como su densidad, resistencia y aislamiento térmico, con un enfoque comparativo respecto a otros materiales convencionales. Además, se incluyen evaluaciones de casos prácticos sobre su implementación en proyectos locales. El estudio se fundamenta en la revisión de literatura técnica y normativas internacionales, junto con consideraciones del contexto ecuatoriano en términos de recursos naturales disponibles y necesidades del sector constructivo. En conclusión, los resultados evidencian que el hormigón celular representa una solución viable y sostenible para la construcción en el Ecuador, destacando su menor peso, facilidad de manejo y propiedades de aislamiento. Los autores subrayan que su adopción a nivel industrial requiere superar desafíos técnicos y económicos, como la capacitación del personal y la inversión inicial en tecnología. Finalmente, se sugiere promover su uso mediante políticas públicas y estrategias de difusión que favorezcan su aceptación en el mercado, resaltando sus beneficios ambientales y funcionales.

Alomoto y Mejillones (2023), investigan sobre "Estudio comparativo de 3 tipos de espumantes para la fabricación de un hormigón celular de densidad de 800 kg/m³ d800 en Santa Elena" tiene como objetivo principal analizar el desempeño de tres diferentes espumantes utilizados en la elaboración de hormigón celular con densidad específica de 800 kg/m³. Este estudio busca identificar el espumante que ofrece mejores propiedades mecánicas, térmicas y económicas para promover una producción eficiente y de calidad en la región de Santa Elena, acorde con las demandas locales de sostenibilidad y desarrollo constructivo. La técnica de análisis combina pruebas experimentales y comparativas, en las que se fabricaron muestras de hormigón celular utilizando los tres tipos de espumantes seleccionados. Cada muestra fue sometida a ensayos de laboratorio que evaluaron su densidad, resistencia a la compresión, absorción de agua y capacidad de aislamiento térmico. La investigación se basa en principios de la ingeniería de materiales, técnicas de elaboración de hormigón celular, y estudios previos sobre la influencia de espumantes en las propiedades físicas y químicas del material. Los resultados concluyen que, aunque los tres espumantes cumplen con los estándares básicos para la fabricación de hormigón celular, uno de ellos destacó por su mejor desempeño en términos de resistencia mecánica y costo-beneficio. Además, el estudio resalta la importancia de considerar las condiciones ambientales y económicas locales al seleccionar insumos para la producción. Los autores recomiendan la implementación de este espumante en proyectos futuros en la región y sugieren ampliar investigaciones para optimizar aún más el proceso productivo, fomentando la sostenibilidad y el desarrollo tecnológico en el sector constructivo.

Cruz y Anrango (2023), realizaron la investigación "Estudio comparativo para la fabricación de hormigón celular de densidad 400 kg/m³ con diferentes líquidos espumantes KV-LITE AFFF, Sika Poro Plus, RV 2000-2 y jaboncillo *Sapindus saponaria*" tiene como objetivo analizar el comportamiento de diversos líquidos espumantes en la elaboración de hormigón celular de baja densidad. Este trabajo busca

determinar cuál de estos espumantes ofrece mejores propiedades físicas y mecánicas para optimizar la fabricación de un material más ligero, sostenible y adecuado para su uso en proyectos de construcción en la región. La técnica de análisis incluyó la preparación y evaluación experimental de muestras de hormigón celular utilizando cada uno de los espumantes seleccionados. Se realizaron ensayos de laboratorio para medir propiedades como densidad, resistencia a la compresión, absorción de agua y estabilidad de las burbujas en el material. Además, se aplicaron criterios comparativos para determinar el costo y la accesibilidad de cada espumante en el mercado local. Se fundamenta en la literatura sobre tecnología de hormigones celulares y las características químicas de los líquidos espumantes, con especial énfasis en las propiedades de materiales naturales como el jaboncillo *Sapindus saponaria*. Los resultados revelan que los espumantes industriales como Sika Poro Plus y RV 2000-2 presentan un desempeño destacado en términos de resistencia mecánica y durabilidad, mientras que el jaboncillo *Sapindus saponaria*, como alternativa natural, mostró un comportamiento prometedor en sostenibilidad y costos, aunque con menor estabilidad en ciertas propiedades técnicas. Los autores concluyen que la elección del espumante debe depender de las prioridades del proyecto, equilibrando criterios técnicos, económicos y ambientales.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Champi y Navarro (2021) realizaron la investigación "La influencia de ladrillo concreto celular para su uso en la construcción de losas aligeradas, Lima - 2021" tiene como objetivo principal evaluar el desempeño del ladrillo de concreto celular como material alternativo en losas aligeradas, enfocándose en su impacto estructural, económico y de sostenibilidad en proyectos de construcción en Lima. Este estudio busca proporcionar una base técnica que fomente el uso de materiales más ligeros y eficientes, en línea con la tendencia hacia la innovación y sostenibilidad en el sector constructivo. El método empleado consistió en un enfoque experimental mediante la fabricación y análisis de

prototipos de losas aligeradas que incorporaron ladrillos de concreto celular. Estas estructuras fueron sometidas a pruebas de resistencia, flexión y peso, comparándolas con losas construidas con ladrillos convencionales. Adicionalmente, se realizó un análisis de costos y beneficios para evaluar la viabilidad económica del material. Se fundamenta en conceptos de mecánica de materiales, diseño estructural y estudios previos sobre el uso de concreto celular, integrando referencias normativas nacionales e internacionales. Los resultados concluyen que los ladrillos de concreto celular mejoran significativamente la reducción de peso en las losas, manteniendo niveles adecuados de resistencia estructural para aplicaciones residenciales y comerciales. Asimismo, el análisis económico muestra una disminución en los costos de transporte y mano de obra debido a su menor densidad. Sin embargo, se identificaron desafíos en la implementación, como la necesidad de ajustar procesos constructivos tradicionales. Finalmente, los autores recomiendan promover su uso en proyectos futuros, considerando sus beneficios económicos y ambientales, y sugieren ampliar estudios para optimizar su comportamiento en diferentes contextos constructivos.

Baca y López (2021) realizaron la investigación "Análisis de las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima" tiene como objetivo principal evaluar las características mecánicas de muros contruidos con bloques de concreto celular, enfocados en su resistencia, durabilidad y viabilidad técnica para la construcción en Lima. Este estudio busca proporcionar una alternativa eficiente y sostenible en el sector de la edificación, considerando las necesidades de innovación y reducción del impacto ambiental en materiales de construcción. El procedimiento utilizado se basó en un enfoque experimental, en el que se construyeron muros prototipo utilizando bloques apilables de concreto celular. Los muros fueron sometidos a ensayos mecánicos como resistencia a la compresión y absorción de impacto, bajo condiciones controladas de laboratorio. Además, se realizaron comparaciones con muros fabricados

con materiales convencionales, analizando sus ventajas y limitaciones en términos estructurales y económicos. La investigación incluye conceptos de mecánica de materiales, diseño estructural y principios de sostenibilidad, apoyado en normativas vigentes y literatura científica sobre concreto celular. Los resultados evidencian que los bloques de concreto celular ofrecen una resistencia adecuada para construcciones de baja y mediana altura, con ventajas significativas en cuanto a peso reducido y facilidad de ensamblaje. Asimismo, se destaca su eficiencia térmica y acústica, aunque se identificaron desafíos como una menor resistencia a cargas muy elevadas en comparación con materiales tradicionales. Los autores concluyen que los bloques apilables de concreto celular representan una opción prometedora para la construcción sostenible en Lima, recomendando su aplicación en proyectos residenciales y su integración con políticas de construcción que promuevan materiales innovadores y ecológicos.

Vásquez y Brachowicz (2023) realizaron la investigación "Análisis de las propiedades de los bloques de concreto celular incorporando espumante y fibras de polipropileno, Chiclayo 2023" tiene como objetivo principal evaluar las características mecánicas, térmicas y funcionales de bloques de concreto celular fabricados con la adición de espumante y fibras de polipropileno. El estudio busca determinar cómo estas incorporaciones mejoran la resistencia, durabilidad y sostenibilidad del material, promoviendo alternativas innovadoras en la construcción local. La técnica aplicada incluyó la fabricación de bloques experimentales que incorporaron diferentes proporciones de espumante y fibras de polipropileno. Los bloques fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, densidad, absorción de agua y conductividad térmica, comparándolos con bloques tradicionales. El estudio se basa en los principios de diseño de materiales compuestos, propiedades del concreto celular y los beneficios técnicos de los aditivos poliméricos. Los resultados indican que la adición de fibras de polipropileno mejora la resistencia y reduce la fisuración en los bloques, mientras que el espumante contribuye a disminuir el peso y a mejorar el aislamiento

térmico. Los autores concluyen que esta combinación es viable para la fabricación de bloques ligeros y resistentes, recomendando su uso en construcciones de baja y mediana altura y promoviendo investigaciones adicionales para optimizar la relación costo-beneficio de estos materiales.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

Villegas (2022) la investigación "Elaboración de bloques de concreto para muros no estructurales a partir de la trituración del poliestireno expandido reciclado en la ciudad de Huánuco" tiene como objetivo principal desarrollar bloques de concreto utilizando poliestireno expandido reciclado como material agregado, evaluando sus propiedades mecánicas, térmicas y sostenibilidad. Este estudio busca ofrecer una solución innovadora y ecológica para la gestión de residuos sólidos, promoviendo la integración de materiales reciclados en la industria de la construcción. El enfoque de análisis consistió en la trituración y preparación del poliestireno expandido reciclado para incorporarlo como sustituto parcial del agregado en la mezcla de concreto. Se elaboraron muestras de bloques y se realizaron ensayos de laboratorio para medir propiedades como resistencia a la compresión, absorción de agua, densidad y capacidad de aislamiento térmico. Se fundamenta en los principios de economía circular, diseño de materiales sostenibles y estudios previos sobre el uso de materiales reciclados en construcción, con referencias a normativas técnicas aplicables. Los resultados concluyen que los bloques elaborados con poliestireno expandido reciclado presentan una densidad reducida, adecuada para su uso en muros no estructurales, y propiedades térmicas mejoradas en comparación con bloques convencionales. Sin embargo, su resistencia a la compresión es inferior, lo que limita su aplicación a elementos no portantes. Los autores recomiendan continuar investigando la optimización de las proporciones de mezcla para mejorar sus propiedades mecánicas y promover su producción a gran escala como una solución sostenible para el manejo de residuos y la construcción en Huánuco.

Marcos (2024) la investigación "Resistencia a la compresión del ladrillo hecho con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024" tiene como objetivo principal Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos comprimidos elaborados con papel reciclado y adhesivo sintético, evaluando cómo esta modificación afecta su resistencia mecánica. Este trabajo busca promover el uso de materiales reciclados en la construcción, fomentando prácticas sostenibles y eficientes en el sector. El método de análisis consistió en la preparación de ladrillos añadiendo adhesivos sintéticos en cantidades de 200ml, 250ml y 300ml. Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión, comparándolos con bloques de tierra comprimido. Se basa en principios de sostenibilidad, química del adhesivo sintético y materiales reciclados. Los resultados indican que la incorporación de adhesivos sintéticos en diferentes cantidades incrementa la resistencia a la compresión de los ladrillos llegando a una resistencia promedio de 12.63 kg/cm², manteniendo niveles adecuados para su uso en construcciones. Además, se observa una mejora en la sostenibilidad del proceso de fabricación, debido a la reducción de desechos. Los autores concluyen que esta técnica es viable y sostenible, recomendando su aplicación en la industria de la construcción, sugiriendo estudios adicionales para explorar su implementación a mayor escala.

Espinoza (2024) la investigación "Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en Huánuco-2023" tiene como objetivo principal determinar cómo la incorporación de plástico reciclado afecta las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto. El estudio se centra en evaluar la viabilidad de utilizar plástico reciclado como componente en la fabricación de ladrillos, con miras a mejorar sus propiedades y contribuir a prácticas constructivas más sostenibles. La estrategia empleada es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Se adoptó un diseño preexperimental, donde se elaboraron ladrillos de concreto sustituyendo el agregado fino por plástico reciclado en proporciones de 10%, 25%, 40%, 55%, 65% y 80%. Se fabricaron un

total de 18 ladrillos, con tres unidades para cada tratamiento. Estos ladrillos fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días, así como a pruebas de absorción y succión, siguiendo las normas técnicas pertinentes. La recolección de datos se realizó mediante observación y registros sistemáticos de las propiedades evaluadas. Los resultados indican que la incorporación de plástico reciclado en porcentajes elevados afecta negativamente las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto. En particular, dosis del 55% al 80% de plástico resultaron en porcentajes de absorción superiores al 12%, y dosis del 25% al 80% mostraron succión inferior a 20 gramos por 200 cm²/minuto. En cuanto a la resistencia a la compresión, el ladrillo con un 10% de plástico alcanzó 239 kg/cm², superando la resistencia del ladrillo patrón, mientras que mayores porcentajes de plástico redujeron significativamente la resistencia, llegando hasta 24.4 kg/cm² con un 80% de plástico. Se concluye que la adición de plástico reciclado no mejora de manera uniforme las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto, siendo necesario controlar las proporciones para asegurar su desempeño adecuado en aplicaciones constructivas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LOSA ALIGERADA

Una losa aligerada es un elemento estructural de concreto reforzado que se utiliza en la construcción de edificaciones para cubrir espacios entre vigas o muros, compuesto por una capa superior de concreto, un refuerzo de acero y elementos aligerantes (como bloques de poliestireno expandido, arcilla o plástico), que reducen el peso de la losa manteniendo su resistencia estructural y optimizando el uso de materiales (Chipana, 2022).

2.2.1.1. LOSA ALIGERADA CON BLOQUES DE ARCILLA

Este tipo de losa utiliza bloques huecos de arcilla cocida como elementos aligerantes entre las nervaduras de concreto. Los bloques de arcilla no aportan resistencia estructural pero sí reducen el peso total de la losa y optimizan el uso del concreto. Son ideales

para construcciones residenciales y comerciales de baja altura, ya que ofrecen un buen aislamiento térmico y acústico. Además, son económicos y fáciles de conseguir en mercados locales, aunque pueden aumentar ligeramente la carga muerta en comparación con otros aligerantes más ligeros (Blas y Luna, 2023).

2.2.2. LADRILLOS PARA LOSA ALIGERADA

Los ladrillos para losa aligerada, también conocidos como bloques huecos o bovedillas, son elementos prefabricados fabricados principalmente de arcilla cocida o concreto, diseñados específicamente para funcionar como aligerantes en las losas estructurales. Estos ladrillos no aportan resistencia estructural directa, pero cumplen con la función de reducir el volumen de concreto necesario, disminuyendo el peso total de la losa (carga muerta) y, en consecuencia, optimizando el diseño estructural (Aguirre y Vidal, 2024).

2.2.2.1. LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA

Son fabricados con arcilla moldeada y cocida a altas temperaturas, lo que los hace ligeros y con cavidades internas que reducen el peso de la losa. Estos ladrillos ofrecen un excelente aislamiento térmico y acústico, además de ser resistentes al fuego, lo que los convierte en una opción ideal para zonas con climas cálidos debido a su capacidad de regular la temperatura.

Figura 1

Ladrillo de arcilla



Nota. Tipos de ladrillos de arcilla cocida.

Fuente: (Promart, 2022)

El uso de ladrillos aligerados en losas tiene raíces históricas en los sistemas de construcción antiguos, donde materiales como el adobe o ladrillos huecos se empleaban para aligerar las cubiertas. En la actualidad, estos componentes han evolucionado hacia soluciones más industriales adaptadas a los requerimientos de la construcción moderna. Su diseño suele incluir huecos o cavidades que optimizan la relación peso-volumen logrando una importante disminución del peso propio de la losa, lo que se traduce en menores demandas estructurales y por ende costos más bajos en cimentaciones y columnas (Calcina y Ccar, 2021).

Tabla 1

Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de losa aligerada

Propiedad	Ladrillos de Arcilla Cocida
Densidad (kg/m ³)	1,400 - 1,800
Resistencia a compresión (MPa)	3 - 6
Peso unitario (kg/pieza)	2 - 3
Absorción de agua (%)	10 - 15
Conductividad térmica (W/m·K)	0.3 - 0.6

Nota: Propiedades de ladrillo tradicional;

Fuente: Vega y Castillo (2019)

2.2.3. LADRILLOS DE CONCRETO CELULAR

El hormigón celular se compone de cemento, arena, agua y un agente espumante que crea una estructura de burbujas de aire en el material. Estas burbujas de aire confieren al ladrillo de concreto celular una baja densidad y un peso reducido, lo que facilita su manipulación y transporte. (Bloques Perú, 2020).

Figura 2

Ladrillo de concreto celular



Nota: Bloques de ladrillo celular con agente espumante, Fuente: (Becosan, 2021)

2.2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO CELULAR

Según Hernández et al. (2023), el concreto celular presenta una densidad promedio de 600 kg/m^3 , lo que representa una reducción del 35% frente a los ladrillos tradicionales, permitiendo estructuras más ligeras sin comprometer la estabilidad en edificaciones de mediana altura (p. 45).

En términos constructivos los ladrillos aligerados son altamente valorados por su facilidad de manejo y colocación. Esto reduce los tiempos de ejecución en obra y disminuye el desperdicio de material contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto. Asimismo, su compatibilidad con otros sistemas constructivos y la posibilidad de integrarlos con elementos prefabricados los convierten en una solución versátil y adaptativa (Vega, 2023).

Tabla 2

Propiedades físicas y mecánicas del concreto celular

Propiedad	Valor
Densidad	609 - 641 kg/m^3
Resistencia a la compresión	2.3 – 4.1 MPa
Absorción de agua	2.6 – 3.5%
Conductividad térmica	0.129 – 0.144 $\text{W/m}\cdot\text{K}$

Porosidad	74.2 – 75.9 %
-----------	---------------

Nota: Propiedades físicas y mecánicas del concreto celular obtenidas experimentalmente. Adaptado de Kaminskis et al. (2023).

2.2.3.2. DENSIDAD DEL CONCRETO CELULAR

El concreto celular es un material de baja densidad debido a su estructura interna porosa generada por la incorporación de agente espumante. Su densidad puede variar aproximadamente entre 300 kg/m³ y 1600 kg/m³, dependiendo de la proporción de espuma utilizada (Olisius, 2025).

Esta característica permite una reducción significativa del peso propio del elemento, lo cual contribuye a disminuir la carga muerta en sistemas estructurales como las losas aligeradas (ACI 523.1R-22).

Asimismo, estudios indican que el uso de concreto celular en densidades cercanas a 600 kg/m³ puede reducir la carga muerta de la estructura hasta en 35%, mejorando la eficiencia del diseño estructural (Morales et al., 2024).

2.2.3.3. PROPIEDADES TÉRMICAS DEL CONCRETO CELULAR

De acuerdo con Becosan (2024), la estructura alveolar del material le confiere una baja conductividad térmica (0.06–0.32 W/m·K), superando al concreto convencional. Esto lo ideal para climas extremos, ya que regula temperaturas interiores y reduce el consumo energético en climatización.

Según Olisius (2025), el concreto celular logra su excelente aislamiento térmico mediante una estructura interna compuesta por microceldas de aire, que ocupan hasta el 85% de su volumen, reduciendo significativamente la transferencia de calor por conducción 15. Complementando esto, Treechem (2023) destaca que su conductividad térmica (0.1–0.3 W/m·K) es un 60% menor que la del ladrillo tradicional, gracias a la distribución uniforme de poros creados por agentes espumantes a base de aluminio.

Patiño-Yépez et al. (2023) demostró que muros de concreto celular (600 kg/m^3) redujeron la temperatura interior en 4°C en climas tropicales, disminuyendo la demanda de aire acondicionado y optimizando el consumo energético 5. Además, CEMEX (2022) corroboró que sus hormigones ligeros mejoran el aislamiento térmico en un 60% frente al concreto convencional, con una λ térmica inferior a $1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, ideal para regiones como Huánuco.

La Revista Hábitat Sustentable (2022), el concreto celular supera a materiales como el ladrillo convencional ($0.5\text{--}0.7 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) y el concreto estándar ($1.4\text{--}1.8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) en aislamiento, debido a su densidad ajustable ($400\text{--}1,800 \text{ kg/m}^3$) y porosidad controlada. Esta ventaja fue respaldada por ATA Concreto Celular (2025), que observó que sus morteros celulares cumplen con normativas internacionales de eficiencia energética, como la clasificación REI 180 para resistencia al fuego y aislamiento.

2.2.3.4. LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CELULAR

Según Olisius (2025), el concreto celular presenta una resistencia a la compresión que varía entre 10 y 400 kg/cm^2 , dependiendo de su densidad y método de fabricación. Por ejemplo, mezclas con densidades de $400\text{--}800 \text{ kg/m}^3$ logran resistencias de $10\text{--}60 \text{ kg/cm}^2$, ideales para elementos no estructurales, mientras que mezclas con $1,200\text{--}1,800 \text{ kg/m}^3$ alcanzan hasta 400 kg/cm^2 , aptas para aplicaciones estructurales.

2.2.3.5. PROPIEDADES ACÚSTICAS DEL CONCRETO CELULAR

Hormigón Celular Archivi (2024) menciona que su estructura microporosa actúa como "colchón" absorbente, reduciendo la transmisión de ruido en hasta un 50% comparado con muros de ladrillo. Esto lo hace ideal para edificaciones residenciales y comerciales.

De acuerdo con Construimos Tu Casa (2021), la estructura microporosa del material absorbe aproximadamente el 70% de las ondas sonoras incidentes, superando significativamente el desempeño acústico del ladrillo tradicional que solo alcanza un 30-40% de absorción. Tal como lo demuestra PSI Concreto (2024), paneles de concreto celular de 10 cm de espesor cumplen con los requisitos de la norma ASTM E413 para clasificación de transmisión acústica (Clase III), siendo aptos para proyectos que exigen control de ruido en zonas urbanas (p. 78).

2.2.3.6. DURABILIDAD Y RESISTENCIA AL FUEGO DEL CONCRETO CELULAR

Según Becosan (2025), el concreto celular es un material altamente duradero, comparable a la roca, que no se descompone con el tiempo y resiste eficazmente la acción de agentes externos como la humedad y las termitas. Su estructura microporosa regula la humedad, absorbiendo el exceso en ambientes húmedos y liberándola en condiciones secas, lo que previene problemas de condensación y hongos.

Ovacen (2025) destaca que el concreto celular tiene una vida útil estimada de 50 a 100 años, gracias a su resistencia a la descomposición y su capacidad para soportar ciclos de humedad y temperatura sin degradarse

Aguayo et al., (2023), menciona que el material es clase A1 no combustible, con capacidad cortafuegos de hasta 6 horas. Además, su estructura cerrada lo hace resistente a humedad, hongos y termitas, garantizando larga vida útil.

El concreto celular es incombustible y ofrece una excelente resistencia al fuego; como lo señala Rubí (2025), su baja conductividad térmica y estructura porosa retardan la propagación de las llamas, permitiendo que soporte altas temperaturas sin perder integridad estructural.

2.2.3.7. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO CELULAR

Según desarrollos-modernos.com (2025), el concreto celular regula la humedad interna con una absorción del 3.5% al 5.7%, evitando condensación y mejorando el confort higrotérmico en interiores

Ilbruck (2023) destaca que el coeficiente de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) del concreto celular oscila entre 5 y 15, dependiendo de su densidad, lo que lo hace más permeable que materiales tradicionales como el hormigón convencional ($\mu = 100-150$).

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla del concreto celular consiste en establecer proporciones adecuadas de cemento, arena, agua y agente espumante, con la finalidad de obtener un material ligero y con propiedades físicas y mecánicas apropiadas para aplicaciones constructivas no estructurales. La incorporación de agentes espumantes genera una estructura interna porosa que reduce significativamente la densidad del material, permitiendo disminuir el peso propio de los elementos constructivos y mejorar sus propiedades de aislamiento térmico y acústico (Champi y Navarro, 2021).

Tabla 3

Ejemplos de diseño de mezcla

Material	Proporción referencial
Cemento	1 parte
Arena fina	2 partes
Agua	0.45 – 0.60
Agente Espumante	1% - 3%

Nota: Proporciones referenciales utilizadas en la fabricación de concreto celular para aplicaciones no estructurales.

Fuente: Adaptado de Champi y Navarro (2021); Vásquez y Brachowicz (2023).

El diseño de mezcla del concreto celular requiere un control riguroso de las proporciones de cemento, agua, agregados y agente espumante, debido a que estas variables influyen directamente en la

densidad, resistencia mecánica y estabilidad del material. Asimismo, la incorporación de aire mediante agentes espumantes modifica las propiedades físicas del concreto, permitiendo obtener materiales más ligeros y con mejor comportamiento térmico y acústico (Gálvez, 2023).

Desde el punto de vista ambiental, el concreto celular presenta ventajas relacionadas con la reducción del consumo de materiales y la disminución del peso estructural, lo que contribuye indirectamente a la optimización de recursos y a prácticas constructivas más sostenibles (Choccelahua y Coveñas, 2020).

El proceso de fabricación del concreto celular implica el uso de agentes espumantes, ya sean químicos o mecánicos, que generan burbujas de aire en la mezcla. Estos agentes deben seleccionarse cuidadosamente para garantizar una distribución uniforme de las celdas de aire, ya que una mala calidad en la mezcla puede comprometer su resistencia mecánica y durabilidad. Por esta razón, es esencial el control estricto de las proporciones de los componentes y las condiciones de curado para garantizar un producto final de alta calidad (Gálvez, 2023).

2.2.5. PROPIEDADES FÍSICAS

El ladrillo es uno de los materiales de construcción más antiguos y versátiles, cuya relevancia en la industria moderna radica en su combinación de propiedades físicas y mecánicas. Estas propiedades, como la absorción, el peso, la densidad y la porosidad, son determinantes para garantizar la funcionalidad, durabilidad y sostenibilidad de las edificaciones. Comprender y optimizar estas características es esencial para seleccionar el ladrillo más adecuado según las necesidades específicas de cada proyecto constructivo (Vilca y Vilca, 2019).

2.2.5.1. DENSIDAD

La densidad del ladrillo es una medida de su masa por unidad de volumen, y está estrechamente relacionada con su resistencia mecánica, durabilidad y capacidad de aislamiento. Los ladrillos con alta densidad suelen tener mayor resistencia a la compresión, lo

que los hace ideales para aplicaciones estructurales. Sin embargo, su mayor peso y menor capacidad aislante limitan su utilidad en ciertos contextos. Por otro lado, los ladrillos de baja densidad, como los huecos o aligerados, ofrecen ventajas significativas en términos de aislamiento térmico y acústico, además de facilitar la manipulación y el transporte, lo que reduce costos de construcción (López y García, 2019).

2.2.5.2. ABSORCIÓN

La absorción de un material es la capacidad de este para retener o incorporar agua en su estructura cuando se encuentra en contacto con ella. En términos de ladrillos y materiales de construcción, la absorción se mide generalmente como el porcentaje de agua que un material puede absorber respecto a su peso seco, lo que indica su porosidad. Un material con alta absorción tiende a ser más poroso y puede ser menos duradero si retiene agua, ya que esto puede afectar sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, y promover la degradación por ciclos de congelación-descongelación o acción de agentes químicos (Vilca y Vilca, 2019).

El nivel de absorción de un ladrillo depende principalmente de su porosidad, que a su vez está influenciada por la calidad de la materia prima, el proceso de fabricación y las condiciones de cocción. Las normas técnicas, como la ASTM C67, establecen límites aceptables de absorción según el tipo de ladrillo y su uso específico. En ladrillos estructurales, por ejemplo, se requieren niveles bajos de absorción para evitar daños por humedad, mientras que en ladrillos decorativos la absorción puede ser mayor sin afectar significativamente su desempeño (Quispe y Tisnado, 2024).

2.2.5.3. PESO UNITARIO

El peso del ladrillo es una propiedad directamente vinculada con su densidad y composición. Los ladrillos más pesados, como

los macizos de arcilla, son valorados por su alta resistencia y estabilidad estructural. Sin embargo, su mayor peso puede generar mayores demandas sobre los sistemas de cimentación y limitar su uso en estructuras de gran altura. Por otro lado, los ladrillos ligeros, como los fabricados con concreto celular o materiales porosos, son más adecuados para aplicaciones donde se busca aligerar las cargas, como en muros divisorios o sistemas de losas aligeradas. Estos ladrillos reducen el peso muerto de la estructura y contribuyen a diseños más eficientes (Macedo, 2019).

2.2.5.4. PESO ESTRUCTURAL

El peso estructural corresponde a la carga permanente que ejerce un elemento constructivo sobre la estructura debido a su propio peso y al de los materiales que lo conforman. En los sistemas de losas aligeradas, el peso estructural suele expresarse en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2) y constituye un parámetro importante en el diseño estructural, debido a que influye directamente en las cargas muertas transmitidas hacia vigas, columnas y cimentaciones (Nilson y Winter, 2018).

Según McCormac y Brown (2016), la reducción del peso estructural en elementos de concreto permite disminuir las solicitaciones internas y optimizar el dimensionamiento de los componentes estructurales, contribuyendo a un diseño más eficiente y económico. En este contexto, el empleo de materiales ligeros como el concreto celular representa una alternativa para disminuir el peso por metro cuadrado de las losas aligeradas sin afectar su funcionalidad como elemento de relleno.

2.2.6. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas son el conjunto de características que describen la capacidad de un material para resistir fuerzas o cargas aplicadas sin fallar, deformarse excesivamente o perder su funcionalidad estructural. En materiales de construcción, estas propiedades son

fundamentales para garantizar la seguridad y el desempeño adecuado de los elementos estructurales (Callister & Rethwisch, 2018).

2.2.6.1. CARGA MÁXIMA

La carga máxima es la mayor fuerza que un material o elemento constructivo puede soportar antes de alcanzar la falla estructural. Esta propiedad se determina mediante ensayos controlados donde el material es sometido a cargas progresivas hasta su ruptura, permitiendo identificar su capacidad límite de resistencia (Gere & Goodno, 2013).

En el caso de materiales utilizados como relleno en losas aligeradas, la carga máxima permite evaluar su comportamiento frente a esfuerzos de compresión indirecta y su contribución al desempeño global del sistema estructural.

2.2.6.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

La resistencia a compresión es la capacidad de un material para soportar esfuerzos axiales que tienden a comprimirlo, sin presentar falla. Se expresa generalmente en unidades de esfuerzo como kg/cm^2 o MPa y constituye una de las propiedades mecánicas más importantes en materiales de construcción como ladrillos y concretos (Neville, 2011).

Según la American Concrete Institute (ACI, 2022), la resistencia a compresión es un parámetro clave en el diseño y control de calidad del concreto, ya que influye directamente en su capacidad estructural y durabilidad. En materiales aligerados como el concreto celular, esta propiedad puede variar en función de la densidad y el contenido de aire incorporado en la mezcla.

2.2.7. IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico en materiales de construcción se refiere al análisis del costo asociado a la producción, adquisición, transporte e instalación de un material, así como su relación con el desempeño técnico y la eficiencia constructiva. Este enfoque permite determinar la

viabilidad económica de una alternativa frente a otras opciones tradicionales (Horngren et al., 2015).

2.2.7.1. COSTO UNITARIO MÁXIMA

El costo unitario corresponde al valor monetario de producción o adquisición de una unidad de material de construcción, considerando insumos, mano de obra, equipos y gastos indirectos asociados. Este indicador es fundamental en la elaboración de presupuestos de obra y en el análisis comparativo de alternativas constructivas.

2.2.7.2. COSTO CONSTRUCTIVO

El costo constructivo es el gasto total requerido para la ejecución de un elemento o sistema constructivo, expresado generalmente por metro cuadrado o metro cúbico. Incluye materiales, mano de obra, equipos, transporte y otros costos asociados al proceso constructivo (RICS, 2019).

En sistemas de losas aligeradas, este indicador permite evaluar el impacto económico de diferentes materiales de relleno, considerando no solo el precio del material, sino también su influencia en el consumo de acero, concreto y tiempo de ejecución.

2.2.8. PERCEPCIÓN PROFESIONAL

La percepción profesional es la evaluación subjetiva y técnica realizada por especialistas del sector construcción respecto al desempeño de un material o sistema constructivo en condiciones reales o experimentales. Este enfoque complementa los análisis cuantitativos al incorporar la experiencia práctica del profesional (Ajzen, 1991).

2.2.8.1. FACILIDAD CONSTRUCTIVA

La facilidad constructiva se refiere al grado de simplicidad con el que un material puede ser manipulado, colocado y ensamblado en obra. Este factor influye directamente en los tiempos de

ejecución, la eficiencia de la mano de obra y la calidad final del proceso constructivo (Koskela, 2000).

2.2.8.2. VIABILIDAD TÉCNICA

La viabilidad técnica es la capacidad de un material o sistema constructivo para cumplir adecuadamente con los requisitos estructurales, funcionales y normativos dentro de un proyecto de ingeniería. Este concepto considera aspectos como resistencia, durabilidad, compatibilidad con otros materiales y cumplimiento de normas técnicas vigentes (ACI, 2022).

2.2.8.3. MANIPULACIÓN

La manipulación se define como la facilidad con la que un material puede ser transportado, levantado e instalado durante el proceso constructivo. Materiales con menor peso y dimensiones adecuadas tienden a mejorar la ergonomía del trabajo y reducir riesgos laborales en obra (International Labour Organization, 2020).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Losa aligerada: Sistema constructivo que consiste en una losa de concreto reforzada, que incluye elementos huecos o livianos (bloques de poliestireno o casetones) para reducir su peso muerto sin comprometer la resistencia estructural. Se utiliza ampliamente en edificaciones de varios niveles por su eficiencia (Graus et al., 2020).

Sistema estructural: Conjunto de elementos interconectados (vigas, columnas, losas, etc.) diseñados para soportar y transferir cargas de manera segura a la cimentación. Es esencial en la estabilidad y funcionalidad de cualquier tipo de edificación (Velarde et al., 2022).

Concreto: Material compuesto de cemento, agregados (arena y grava) y agua que, al fraguar y endurecer, adquiere alta resistencia a la compresión. Es fundamental en la construcción debido a su versatilidad y durabilidad (Pastrana et al., 2019).

Sistemas prefabricados: Conjunto de elementos estructurales o arquitectónicos fabricados fuera del sitio de construcción y ensamblados en el lugar de la obra. Son conocidos por su rapidez de instalación y calidad controlada (Santos Arango, 2022).

Edificios: Estructuras construidas para albergar actividades humanas, ya sean residenciales, comerciales, industriales o culturales. Están compuestos por sistemas estructurales, arquitectónicos y de instalaciones (Jiménez, 2024).

Ladrillos: Elementos de construcción fabricados con arcilla o materiales similares, moldeados en forma rectangular y cocidos a altas temperaturas. Se emplean principalmente en muros, tabiques y revestimientos (Espinoza y Gonzales, 2023).

Peso muerto: Carga permanente que ejerce una estructura debido a su propio peso y los materiales que la componen, como concreto, acero, acabados y sistemas fijos. Es un factor clave en el diseño estructural (Bojorquez y Ruiz, 2019).

Arcilla: Material natural compuesto principalmente de silicatos de aluminio hidratados. Es ampliamente utilizado en la fabricación de ladrillos, cerámicas y como componente en la mezcla de suelos (Dlupal, 2020).

Desempeño estructural: Capacidad de una estructura para resistir cargas y fuerzas externas (viento, sismos, peso) sin fallar o deformarse excesivamente. Determina la seguridad y funcionalidad de una edificación (Velásquez Ortega, 2020).

Cenizas volantes: Subproducto de la combustión de carbón en centrales termoeléctricas, utilizado como aditivo en mezclas de concreto para mejorar su trabajabilidad, durabilidad y resistencia (Pinzón Cuta & Pérez Meneses, 2021).

Agentes espumantes: Sustancias químicas utilizadas para generar burbujas en materiales como concreto celular, reduciendo su densidad y mejorando propiedades como aislamiento térmico y acústico (Silva, 2022).

Agregados: Materiales granulares como arena, grava o piedra triturada que se mezclan con cemento y agua para formar concreto o mortero. Contribuyen a la resistencia y estabilidad de las mezclas (Abanto Castillo, 2018).

Concreto celular: El hormigón celular constituye un material de color blanco empleado en la construcción. Se obtiene mediante una mezcla de agua, cal, arena de sílice y cemento, a la cual se incorpora en la fase final de amasado un agente expansor. Este reacciona generando burbujas de aire en el interior de la masa. (Becosan, 2021).

Propiedades físicas: Se refieren a sus características observables sin cambiar su composición, como densidad, porosidad, y comportamiento ante cambios ambientales. Estas propiedades son cruciales para la estabilidad y apariencia de las estructuras de concreto. (Silva, 2022).

Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas de un material describen su comportamiento ante la aplicación de fuerzas externas, incluyendo su resistencia, capacidad de deformarse y volver a su forma original. Estas propiedades son cruciales para seleccionar el material adecuado para una aplicación específica. (Osorio, 2020).

Cenizas: Las cenizas son los restos pulverulentos que quedan después de la combustión completa de un material, principalmente compuestos por sustancias inorgánicas no combustibles (Gobierno de canarias, 2023).

Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (CEMEX Perú, 2019).

Fraguado del concreto: Es el proceso por el cual la mezcla de cemento, agua y agregados se endurece y pierde su plasticidad, transformándose en un material sólido y resistente. Este proceso es una reacción química llamada hidratación, donde el cemento reacciona con el agua, formando una estructura

cristalina que une los componentes y les da resistencia. (Cementos INKA, 2022).

Mezclado: Un concreto de calidad satisfactoria requiere que sus ingredientes estén adecuadamente mezclados, a fin de obtener una masa homogénea y de color uniforme (Aceros Arequipa, 2020).

Curado del concreto: Es el proceso de mantenerlo húmedo durante un período de tiempo después de su vaciado, con el objetivo de que alcance su resistencia final y evitar fisuras. Este proceso es crucial para la hidratación continua del cemento y el desarrollo de la resistencia del concreto. (Sika Colombia, 2020).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H₀: No existen diferencias significativas entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

H_a: Existen diferencias significativas entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H₀: No existen diferencias significativas en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

H_a: Existen diferencias significativas en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

H₀: No existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

H_a: Existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.

H₀: No existen diferencias económicas significativas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025

H_a: Existen diferencias económicas significativas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025

H₀: No hay diferencias estadísticas significativa en la percepción de los profesionales respecto a la funcionalidad de ambos ladrillos en la construcción de las losas aligeradas en Amarilis, Huánuco, en 2025.

H_a: Hay diferencias estadísticas significativa en la percepción de los profesionales respecto a la funcionalidad de ambos ladrillos en la construcción de las losas aligeradas en Amarilis, Huánuco, en 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Es una variable categórica (no numérica) por lo tanto no tiene dimensiones, el cual tiene 02 componentes:

X₁: Tipos de ladrillo

- Componente 1: Ladrillo tradicional
- Componente 2: Ladrillo de concreto Celular

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y₁: Propiedades físicas

Y₂: Propiedades mecánicas

Y₃: Impacto económico

Y₄: Percepción profesional

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4

Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / Unidad	Instrumento	
Variable independiente							
Tipo de ladrillo	Material prefabricado utilizado como elemento aligerante en losas de concreto, pudiendo ser tradicional de arcilla o de concreto celular con agente espumante (Ramos-Escobar et al., 2023).	Comparación experimental entre ladrillo tradicional y ladrillos de concreto celular con diferentes porcentajes de material espumante.		Tipología del ladrillo	T0 = tradicional T1 = 1% espumante T2 = 2% espumante T3 = 3% espumante	Variable categórica nominal	Fichas técnicas y diseño experimental
Variable dependiente 1							
Propiedades físicas	Características relacionadas con la masa, volumen y comportamiento hídrico del ladrillo, las cuales influyen en el peso estructural y desempeño constructivo (Vilca y Vilca, 2021).	Evaluación mediante ensayos normalizados en laboratorio.	Densidad	Densidad del ladrillo	g/cm³	NTP 339.613	
			Absorción	Porcentaje de absorción de agua	%	NTP 399.613	
			Peso unitario	Peso seco del ladrillo	Kg/und	Balanza digital	
			Peso estructural	Peso por m² de losa aligerada	kg/m²	Hoja de cálculo estructural	
Variable dependiente 2							
Propiedades mecánicas	Propiedades relacionadas con la capacidad resistente del material frente a cargas externas (Wongkvanklom et al., 2021).	Evaluación mediante ensayos mecánicos de laboratorio.	Carga máxima	Resistencia máxima soportada	kN	Máquina universal de compresión	
			Resistencia a compresión	f'c del ladrillo	kg/cm²	NTP 339.034	
Variable dependiente 3							
Impacto económico	Relación entre costo y beneficio técnico del ladrillo aplicado en losas aligeradas (Morales et al., 2024).	Comparación de costos directos por unidad y por área construida.	Costos unitarios	Costo por ladrillo	S/.	Análisis de costos	
			Costos constructivos	Costo por m²	S/.	Presupuesto comparativo	
Variable dependiente 4							
Percepción profesional	Opinión técnica de especialistas respecto al desempeño funcional y constructivo del ladrillo celular en losas aligeradas.	Evaluación mediante encuestas aplicadas a profesionales del sector construcción.	Facilidad constructiva	Facilidad de armado y vaciado	Escala Likert	Cuestionario	
			Viabilidad técnica	Nivel de recomendación profesional	Escala Likert	Encuesta estructurada	
			Manipulación	Facilidad de transporte e instalación	Escala Likert	Encuesta	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que permitió la recolección y el análisis de datos numéricos, facilitando la comparación objetiva entre los tipos de ladrillos evaluados. Mediante este enfoque se pudieron medir y cuantificar variables como el peso, el costo y la percepción de los profesionales, garantizando precisión en la obtención de resultados. El enfoque cuantitativo se sustentó en la recopilación sistemática de datos para la verificación de hipótesis, utilizando métodos de medición numérica y análisis estadístico, con el propósito de identificar patrones de comportamiento y validar planteamientos teóricos (Hernández et al., 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación presentó un nivel descriptivo–comparativo. Fue descriptiva porque permitió caracterizar y contrastar las propiedades de dos materiales de construcción, sin establecer relaciones de causalidad más allá del contexto experimental controlado. Este nivel de estudio facilitó la recolección de información relevante para la comprensión del fenómeno analizado. La investigación descriptiva permitió obtener datos significativos que pudieron ser utilizados para generar hipótesis y apoyar la toma de decisiones informadas sobre el fenómeno estudiado (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014). Asimismo, este nivel se orientó a describir fenómenos, hechos o acontecimientos dentro de un contexto temporal y geográfico específico, empleando herramientas estadísticas para el logro de sus objetivos (Creswell, 2014).

3.1.3. DISEÑO

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental en laboratorio con alcance descriptivo–comparativo, complementado con un componente de recolección de información mediante encuestas. Se manipuló deliberadamente el tipo de ladrillo como variable independiente, con el propósito de describir y contrastar sus ventajas

técnicas, económicas y funcionales como variables dependientes, bajo condiciones controladas y estandarizadas. El componente experimental permitió evaluar objetivamente los parámetros físicos y mecánicos de los materiales, mientras que la aplicación de encuestas a profesionales del sector construcción aportó información sobre la percepción técnica y funcional del ladrillo de concreto celular. Esta combinación de procedimientos fortaleció el análisis integral del estudio, al incorporar tanto mediciones experimentales como información proveniente del entorno profesional. De acuerdo con Creswell (2014), los diseños experimentales se caracterizan por la manipulación de variables y el control de factores externos para examinar relaciones entre variables en entornos controlados; en este caso, dicho enfoque se complementó con técnicas de recolección de datos de tipo no experimental para ampliar la interpretación de los resultados.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo constituida por los elementos de albañilería empleados en losas aligeradas, específicamente ladrillos tradicionales y ladrillos de concreto celular, considerados como unidades de análisis dentro del proceso experimental. Estos materiales presentaron características equivalentes a las utilizadas en edificaciones del distrito de Amarilis, Huánuco, lo que permitió que los resultados fueran representativos del contexto constructivo local. Desde el enfoque metodológico, la población se define como el conjunto total de elementos que comparten características comunes y sobre los cuales se pretende generalizar los resultados de la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Arias, 2012).

En este estudio, la población se delimitó bajo criterios técnicos y normativos vigentes, enmarcándose en lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, principalmente la Norma E.070 (Albañilería) y la Norma E.060 (Concreto Armado), que regulan los sistemas estructurales donde se emplean estos materiales.

3.2.2. MUESTRA

En la investigación se empleó un muestreo no probabilístico intencional, también denominado muestreo por juicio o selectivo, en el cual las unidades de análisis fueron seleccionadas deliberadamente de acuerdo con los objetivos del estudio y las características técnicas requeridas. Este tipo de muestreo permitió elegir casos que aportaron información relevante para la comparación de los materiales evaluados, siguiendo el criterio del investigador.

Las muestras estuvieron conformadas por:

- 05 ladrillos tradicionales de 30 × 30 × 15 cm.
- 05 ladrillos de concreto celular de 30 × 30 × 15 cm con 1,0% de material espumante.
- 05 ladrillos de concreto celular de 30 × 30 × 15 cm con 2,0% de material espumante.
- 05 ladrillos de concreto celular de 30 × 30 × 15 cm con 3,0% de material espumante.
- 30 profesionales del área de construcción civil, quienes participaron en la evaluación técnica mediante encuestas estructuradas.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

La evaluación de las propiedades físicas de los ladrillos se empleó la técnica del ensayo experimental de laboratorio bajo condiciones controladas. Se analizaron las variables densidad, absorción, peso seco y peso por metro cuadrado, utilizando procedimientos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y normas ASTM correspondientes. En el caso de los ladrillos tradicionales y de concreto celular, las mediciones fueron realizadas mediante observación experimental directa. Para la determinación de la densidad y el peso se utilizaron balanzas digitales calibradas; para el ensayo de absorción se emplearon recipientes de inmersión y secado controlado. Asimismo, se registraron las condiciones ambientales mediante termómetro digital, con el propósito de garantizar estabilidad durante la ejecución de los ensayos.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Balanza digital.
- Recipientes de inmersión.
- Horno de secado.
- Hoja de registro de datos

Normas Aplicadas:

- NTP 339.613.
- ASTM C140 (ensayos de unidades de mampostería).

3.3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

La evaluación de las propiedades mecánicas se realizó mediante ensayos experimentales de laboratorio, con la finalidad de determinar la carga máxima y la resistencia a la compresión (f'_c) de los ladrillos evaluados. Las pruebas fueron ejecutadas utilizando una máquina universal de compresión bajo condiciones controladas, permitiendo registrar la carga máxima soportada por cada unidad de ensayo hasta alcanzar la falla estructural. Posteriormente, la resistencia a la compresión fue calculada considerando el área bruta de cada ladrillo.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Máquina universal de ensayos.
- Fichas de registro experimental.

Los procedimientos experimentales se desarrollaron de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.034.

3.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la evaluación del impacto económico se empleó la técnica del análisis comparativo de costos entre los ladrillos tradicionales y los ladrillos de concreto celular. Se determinaron los costos unitarios por ladrillo y el costo por metro cuadrado de losa aligerada, considerando precios actualizados de materiales e insumos del mercado local de Huánuco. El procesamiento de costos se realizó mediante el software Presupeustos.pe, permitiendo comparar económicamente cada tratamiento evaluado.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Base de datos de costos unitarios.

- Presupuestos.pe.
- Fichas de análisis económico.

3.3.4. PERCEPCIÓN PROFESIONAL

La percepción profesional sobre el comportamiento funcional y constructivo de los ladrillos fue evaluada mediante encuestas estructuradas con escala tipo Likert, aplicadas a ingenieros civiles, arquitectos y maestros de obra con experiencia en construcción de losas aligeradas. El cuestionario estuvo conformado por preguntas relacionadas con facilidad de instalación, facilidad de vaciado, manipulación del material, funcionalidad constructiva y recomendación técnica del ladrillo de concreto celular.

La técnica utilizada fue la encuesta y el instrumento aplicado fue un cuestionario estructurado tipo Likert.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Cuestionario estructurado.
- Escala tipo Likert.
- Fichas de encuesta.

3.4. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

El cuestionario aplicado a los profesionales del sector construcción fue validado mediante juicio de expertos, participando tres especialistas en ingeniería civil y metodología de la investigación, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems del instrumento. Las observaciones realizadas fueron incorporadas antes de la aplicación definitiva del cuestionario. Asimismo, se realizó una prueba piloto a 10 profesionales con características similares a la población de estudio, con la finalidad de verificar la comprensión y aplicabilidad del instrumento. La confiabilidad del cuestionario fue determinada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach utilizando el software SPSS versión 22. Se obtuvo un valor de $\alpha = 0.84$, considerado adecuado y de alta confiabilidad para investigaciones aplicadas.

Para la recolección de los datos de las losas

Ladrillo tradicional

Para la recolección de datos de los ladrillos tradicionales, primero se tomó como muestra ladrillos de arcilla tradicionales. La técnica empleada fue la observación directa y medición de los datos correspondientes a la variable

dependiente, relacionada con los parámetros físicos del material. Los instrumentos utilizados fueron: balanzas, para determinar el peso de los ladrillos; equipo para ensayo de absorción de agua, con el fin de evaluar la porosidad y la calidad del ladrillo; y termómetro ambiental, para registrar la temperatura y la humedad del ambiente durante la ejecución de las pruebas, garantizando el control de las condiciones del ensayo

Ladrillo de concreto celular

En el caso del ladrillo de concreto celular, en primer lugar, se realizó la fabricación de los ladrillos celulares incorporando porcentajes de 1.0%, 2.0% y 3.0% de material espumante, de acuerdo con lo establecido en la NTP 339.034. La técnica de recolección de datos y los instrumentos empleados fueron los mismos que se utilizaron en los ladrillos tradicionales, garantizando uniformidad metodológica en la medición de los parámetros físicos evaluados.

Tabla 5

Diseño de mezcla para la fabricación del concreto celular

Material	Cantidad			Unidad
	1%	2%	3%	
Cemento Portland Tipo I	350	335	320	kg/m ³
Yeso CaSO ₄ ·2H ₂ O	100	95	90	kg/m ³
Agua	185	190	195	litros/m ³
Agente espumante	4.5	8.6	12.3	kg/m ³

Nota: el diseño de mezcla se realizará según las normas para diseños de mezcla: Norma Técnica Peruana NTP 339.034.

Percepción profesional

La percepción profesional sobre el desempeño funcional y constructivo de los ladrillos fue evaluada mediante encuestas estructuradas con escala tipo Likert, aplicadas a ingenieros civiles, arquitectos y maestros de obra con experiencia en sistemas de losas aligeradas. El cuestionario estuvo conformado por ítems relacionados con facilidad de instalación, funcionalidad, comportamiento constructivo y recomendación técnica del ladrillo de concreto celular.

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el procesamiento de los datos de las variables de estudio se utilizó el software estadístico InfoStat, así como RStudio versión 4.4.2, para el análisis de datos cuantitativos y el tratamiento estadístico de la información proveniente de las encuestas. Para la comparación de medias entre tratamientos se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA). Cuando se detectaron diferencias significativas, se emplearon las pruebas post hoc de Tukey y Duncan para identificar diferencias entre grupos. En los casos donde se compararon medias entre dos grupos independientes, se utilizó la prueba *t* de Student. Asimismo, se aplicó el Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA), con el propósito de evaluar de manera simultánea el efecto del tratamiento sobre el conjunto de variables físicas y mecánicas de los ladrillos, permitiendo un análisis integral del comportamiento del material. La verificación del supuesto de normalidad se realizó mediante el test de Shapiro–Wilk.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL

4.1.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

Tabla 6

Datos de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular

Trat.	Porcent aje de material espuma nte %	R	Densidad g/cm ³	Absorción %	Peso por Unidad			Peso del ladrillo por m ² Kg
					Peso Temp. Kg	Peso seco Kg	Peso Húmedo Kg	
T0	0	1	1.551	11.80	7.555	7.540	8.430	62.808
		2	1.523	10.00	7.42	7.400	8.140	61.642
		3	1.533	9.400	7.48	7.450	8.150	62.059
		4	1.535	13.27	7.52	7.460	8.450	62.142
		5	1.560	11.08	7.605	7.580	8.420	63.141
T1	1	1	0.396	64.07	5.856	5.346	8.771	44.532
		2	0.401	57.73	5.945	5.415	8.541	45.107
		3	0.400	55.36	5.813	5.403	8.394	45.007
		4	0.412	55.37	5.994	5.564	8.645	46.348
		5	0.392	55.42	5.789	5.298	8.234	44.132
T2	2	1	0.369	68.58	5.422	4.975	8.387	41.442
		2	0.362	73.60	5.384	4.882	8.475	40.667
		3	0.378	63.76	5.512	5.105	8.360	42.525
		4	0.380	64.38	5.524	5.124	8.423	42.683
		5	0.367	66.77	5.477	4.960	8.272	41.317
T3	3	1	0.336	81.30	4.997	4.534	8.220	37.768
		2	0.339	78.21	5.172	4.576	8.155	38.118
		3	0.342	69.88	5.120	4.621	7.850	38.493
		4	0.327	77.96	4.982	4.415	7.857	36.777
		5	0.340	73.13	5.146	4.588	7.943	38.218

Nota: La tabla 6 muestra los datos de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular (LCC) Bajo 4 tratamientos siendo; T0= Testigo – Ladrillo Tradicional, T1= 1% de material espumante, T2= 2% de material espumante y T3= 3% de material espumante y R= Repeticiones. Se evaluaron densidad (gr/cm³) absorción (%), pesos unitarios (a temperatura ambiente, seco y húmedo) y peso del ladrillo por m²; como indicadores físicos del material.

La **tabla 6** muestra los resultados de los datos obtenidos durante la ejecución del proyecto donde se observa El incremento del material

espumante reduce la densidad del ladrillo de concreto celular y disminuye su peso unitario y por metro cuadrado, mientras aumenta significativamente la absorción de agua. Estos cambios evidencian mayor porosidad y menor carga muerta, características favorables para su aplicación en sistemas de losas aligeradas.

Tabla 7

Análisis descriptivo de los datos de los parámetros físicos

Trata.	%	Variable	n	Media	D.E.	CV (%)	Mín	Máx
T0	0	Densidad (g/cm ³)	5	1.540	0.015	0.96	1.523	1.560
		Absorción (%)	5	11.11	1.520	13.72	9.40	13.27
		Peso temperatura (kg)	5	7.516	0.071	0.94	7.42	7.605
		Peso seco (kg)	5	7.486	0.073	0.97	7.40	7.580
		Peso húmedo (kg)	5	8.318	0.158	1.90	8.14	8.450
		Peso por m ² (kg)	5	62.358	0.605	0.97	61.642	63.141
T1	1	Densidad (g/cm ³)	5	0.400	0.007	1.87	0.392	0.412
		Absorción (%)	5	57.59	3.760	6.53	55.36	64.07
		Peso temperatura (kg)	5	5.879	0.087	1.49	5.789	5.994
		Peso seco (kg)	5	5.405	0.100	1.86	5.298	5.564
		Peso húmedo (kg)	5	8.517	0.210	2.47	8.234	8.771
		Peso por m ² (kg)	5	45.025	0.836	1.86	44.132	46.348
T2	2	Densidad (g/cm ³)	5	0.371	0.008	2.05	0.362	0.380
		Absorción (%)	5	67.42	3.960	5.87	63.76	73.60
		Peso temperatura (kg)	5	5.464	0.060	1.09	5.384	5.524
		Peso seco (kg)	5	5.009	0.103	2.05	4.882	5.124
		Peso húmedo (kg)	5	8.383	0.076	0.90	8.272	8.475
		Peso por m ² (kg)	5	41.727	0.855	2.05	40.667	42.683
T3	3	Densidad (g/cm ³)	5	0.337	0.006	1.75	0.327	0.342
		Absorción (%)	5	76.10	4.540	5.97	69.88	81.30
		Peso temperatura (kg)	5	5.083	0.088	1.73	4.982	5.172
		Peso seco (kg)	5	4.547	0.080	1.76	4.415	4.621
		Peso húmedo (kg)	5	8.005	0.172	2.15	7.850	8.220
		Peso por m ² (kg)	5	37.875	0.666	1.76	36.777	38.493

Nota: La tabla muestra el análisis descriptivo del análisis de los datos de los parámetros físicos del concreto celular, los valores representan promedios obtenidos en laboratorio. T0= Testigo, Ladrillo tradicional; T1= 1% con material espumante; T2= 2% con material espumante; T3= 3% con material espumante

La **tabla 7** muestra los resultados del análisis descriptivo de los datos aplicados al Ladrillo de Concreto Celular (LCC). El tratamiento con

mayor media indica mejor desempeño de la propiedad evaluada, mientras que valores menores reflejan menor comportamiento físico. La desviación estándar (D.E.) evidencia la dispersión de los datos, siendo más homogéneos los tratamientos con menor desviación estándar. El coeficiente de variación (CV) permitió evaluar la estabilidad experimental: valores bajos (<10%) indican alta precisión, entre 10–20% variabilidad moderada. Asimismo, los valores mínimo y máximo evidencian el rango real de comportamiento del material, permitiendo identificar consistencia o variabilidad estructural entre unidades experimentales.

Tabla 8

Prueba de normalidad de los datos de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular con diferentes porcentajes de material espumante

Variable	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Densidad (g/cm ³)	T0 (0%)	—	5	—	0.972	5	0.893
	T1 (1%)	—	5	—	0.958	5	0.803
	T2 (2%)	—	5	—	0.964	5	0.842
	T3 (3%)	—	5	—	0.951	5	0.764
Absorción (%)	T0 (0%)	—	5	—	0.915	5	0.506
	T1 (1%)	—	5	—	0.882	5	0.314
	T2 (2%)	—	5	—	0.901	5	0.431
	T3 (3%)	—	5	—	0.927	5	0.578
Peso a temperatura (kg)	T0 (0%)	—	5	—	0.996	5	0.997
	T1 (1%)	—	5	—	0.925	5	0.560
	T2 (2%)	—	5	—	0.925	5	0.564
	T3 (3%)	—	5	—	0.853	5	0.205
Peso seco (kg)	T0 (0%)	—	5	—	0.946	5	0.709
	T1 (1%)	—	5	—	0.928	5	0.584
	T2 (2%)	—	5	—	0.91	5	0.470
	T3 (3%)	—	5	—	0.879	5	0.303
Peso húmedo (kg)	T0 (0%)	—	5	—	0.747	5	0.028
	T1 (1%)	—	5	—	0.986	5	0.966
	T2 (2%)	—	5	—	0.983	5	0.950
	T3 (3%)	—	5	—	0.853	5	0.203
Peso del ladrillo por m ² (kg)	T0 (0%)	—	5	—	0.969	5	0.872
	T1 (1%)	—	5	—	0.954	5	0.778
	T2 (2%)	—	5	—	0.961	5	0.821
	T3 (3%)	—	5	—	0.944	5	0.690

Nota: La tabla muestra la prueba de normalidad de los datos de los parámetros físicos del concreto celular, los valores representan promedios obtenidos en laboratorio. T0=

Testigo – Ladrillo Tradicional; T1= 1% con material espumante; T2= 2% con material espumante; T3= 3% con material espumante. Test de Shapiro – Wilk. $n < 50$; ($p > 0.05$).

La **Tabla 8** muestra los resultados del análisis de la prueba de normalidad de los parámetros físicos, donde se observó que la mayoría de las variables presentan distribución normal en todos los tratamientos, al registrarse valores de significancia mayores a .05 en la prueba de Shapiro–Wilk. solo la variable del peso húmedo en el tratamiento T0 (0%) evidenció desviación de la no normalidad ($W = 0.747$; $p = .028$). En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad para casi todas las variables, permitiendo el uso de pruebas paramétricas, excepto en ese caso específico.

4.1.2. ANÁLISIS INFERENCIAL DE LOS DATOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO CELULAR

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) de los datos de los parámetros físicos de los ladrillos de concreto celular.

Trat.	% M-E	Densidad (g/cm ³)	Absorción (%)	Peso a temperatura (kg)	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)	Peso del ladrillo por m ² (kg)
T0	0	1.540 ^d	11.11 ^a	7.516 ^d	7.486 ^d	8.318 ^b	62.358 ^d
T1	1	0.400 ^c	57.59 ^b	5.879 ^c	5.405 ^c	8.517 ^b	45.025 ^c
T2	2	0.371 ^b	67.42 ^c	5.464 ^b	5.009 ^b	8.383 ^b	41.727 ^b
T3	3	0.337 ^a	76.10 ^d	5.083 ^a	4.547 ^a	8.005 ^a	37.875 ^a
P-valor		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

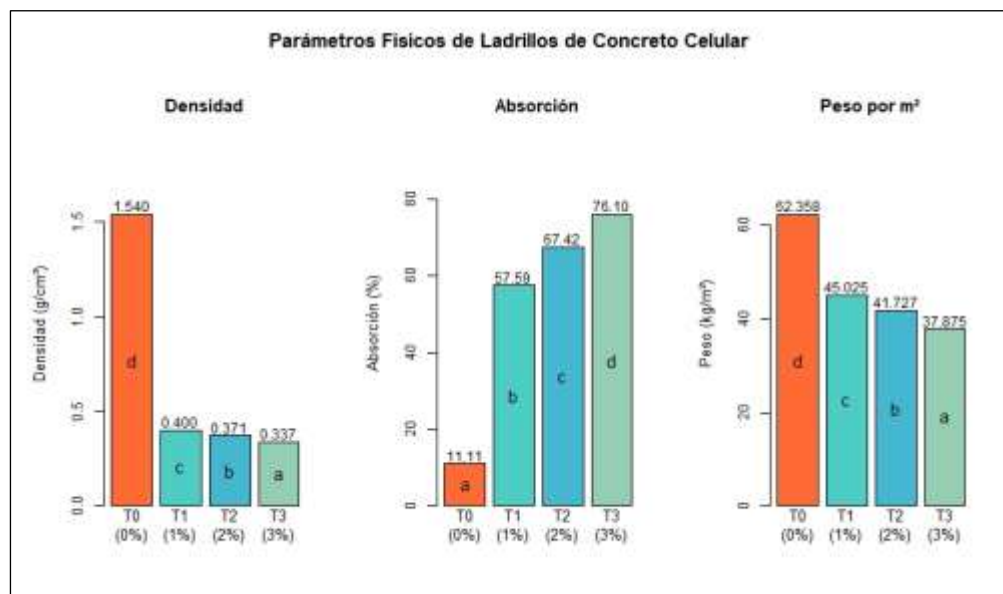
Nota: La tabla muestra: Trat.: tratamiento; % M-E: porcentaje de material espumante; T0 = Ladrillo Tradicional 0%, T1 = 1%, T2 = 2%, T3 = 3%. Valores expresados como medias ($n = 5$). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). El p-valor corresponde al ANOVA o análisis de Varianza.

La **Tabla 9** muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se observa que el porcentaje de material espumante influyó significativamente en todas las propiedades físicas evaluadas ($p < .0001$). La densidad disminuyó progresivamente de 1.540 g/cm³ (T0) a 0.337 g/cm³ (T3), a diferencia de la absorción, que aumentó de 11.11% a 76.10%. El peso a temperatura se redujo de 7.516 a 5.083 kg y el peso

seco de 7.486 a 4.547 kg. De igual manera, el peso del ladrillo por m² descendió de 62.358 a 37.875 kg. A diferencia de estas variables, el peso húmedo presentó menor variación, aunque T3 registró el valor más bajo (8.005 kg). Las letras distintas evidencian diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos, indicando que el incremento del espumante reduce densidad y peso, mientras incrementa la absorción.

Figura 3

Comportamiento de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular (Densidad, Absorción y peso/m²)



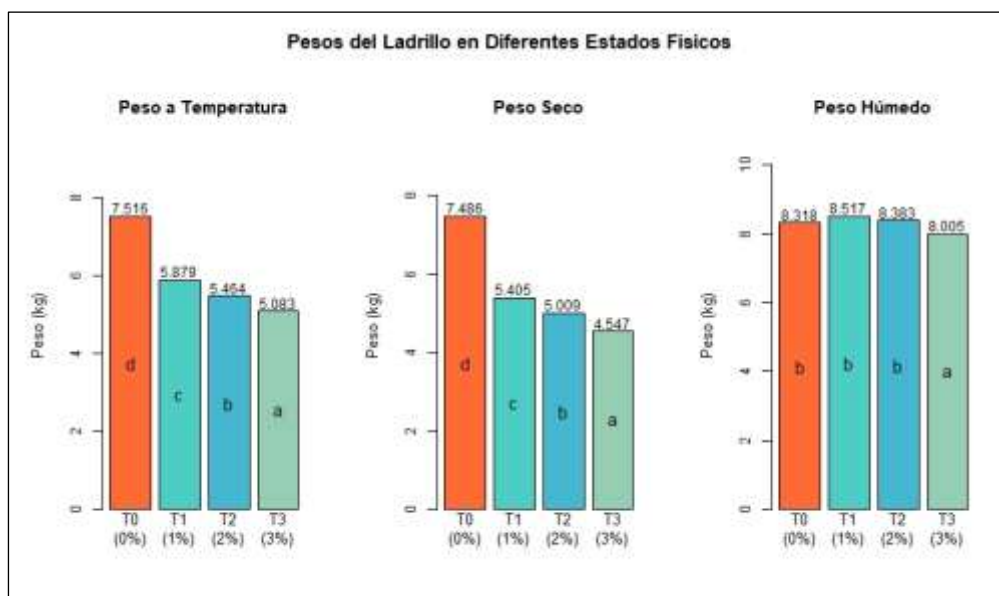
Nota: Las barras representan las medias de densidad (g/cm³), absorción (%) y peso del ladrillo por m² (kg/m²) en función del porcentaje de Material espumante (M-E) incorporado en los ladrillos de concreto celular; T0= Ladrillo tradicional 0%, T1=1%, T2=2%, T3=3%. Letras diferentes en las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según la prueba de comparación múltiple posterior al ANOVA ($p < 0.05$). Tuckey. Restudio versión 4.4.2.

La **figura 3** muestra el comportamiento de las medias de los parámetros físicos de los ladrillos de concreto celular en función del porcentaje de material espumante (M-E). En la variable densidad, se observa una reducción progresiva desde 1.540 g/cm³ en T0 (0%) hasta 0.337 g/cm³ en T3 (3%). El tratamiento T1 presentó 0.400 g/cm³ y T2 registró 0.371 g/cm³. La disminución total entre el tratamiento control (T0) y T3 fue de 1.203 g/cm³, equivalente a una reducción aproximada del 78%. En la absorción de agua, los valores aumentaron conforme se incrementó el porcentaje de material espumante (M-E). El tratamiento T0 registró 11.11%, T1 alcanzó 57.59%, T2 presentó 67.42% y T3 obtuvo

76.10%. El incremento absoluto entre T0 y T3 fue de 64.99%. Respecto al peso del ladrillo por metro cuadrado, se observa una disminución continua desde 62.358 kg/m² en T0 hasta 37.875 kg/m² en T3. El tratamiento T1 presentó 45.025 kg/m² y T2 alcanzó 41.727 kg/m². La reducción total entre T0 y T3 fue de **24.483 kg/m²**, equivalente a una disminución aproximada del **39%**.

Figura 4

Comportamiento de los parámetros físicos del ladrillo de concreto celular (Peso temperatura, seco y Húmedo)



Nota: Las barras representan las medias del peso del ladrillo de concreto celular en tres estados físicos (temperatura ambiente, seco y húmedo) en función del porcentaje de material espumante (M-E) incorporado (T0= Ladrillo tradicional 0%, T1=1%, T2=2%, T3=3%). Letras diferentes en las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según la prueba de comparación múltiple posterior al ANOVA ($p < 0.05$). Tuckey. Restudio versión 4.4.2.

La **figura 4** se muestra el comportamiento de las medias del peso del ladrillo de concreto celular en diferentes estados físicos en función del porcentaje de material espumante (M-E) observándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En el peso a temperatura ambiente, los valores disminuyen progresivamente desde 7.516 kg en T0 hasta 5.083 kg en T3, registrándose valores intermedios de 5.879 kg en T1 y 5.464 kg en T2. La diferencia absoluta entre T0 y T3 fue de 2.433 kg, equivalente a una reducción aproximada del 32%. En el peso seco, los valores variaron desde 7.486 kg en T0 hasta 4.547 kg en T3. Los tratamientos T1 y T2 presentaron valores de 5.405 kg y 5.009 kg,

respectivamente. La reducción entre T0 y T3 fue de 2.939 kg, correspondiente a una disminución cercana al 39%. En el peso húmedo, los valores registrados fueron 8.318 kg (T0), 8.517 kg (T1), 8.383 kg (T2) y 8.005 kg (T3), con una diferencia máxima de 0.512 kg entre tratamientos.

4.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL

4.2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS DATOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 10

Datos de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular

Trat.	Largo m	Ancho cm	Área Bruta cm	Carga Máxima		
				Kg	Kn	F'c Kg/cm ²
T0	30.00	23.00	690	4919.03	48.24	7.13
T0	30.00	23.00	690	5042.42	49.45	7.31
T0	30.00	23.00	690	4973.08	48.77	7.21
T0	30.00	23.00	690	4913.93	49.19	7.12
T0	30.00	23.00	690	5055.67	49.58	7.33
T1	30.00	23.00	690	3854.47	37.80	5.59
T1	30.00	23.00	690	3987.03	39.10	5.78
T1	30.00	23.00	690	3867.72	37.93	5.61
T1	30.00	23.00	690	3899.33	38.24	5.65
T1	30.00	23.00	690	3926.86	38.51	5.69
T2	30.00	23.00	690	3543.46	34.75	5.14
T2	30.00	23.00	690	3494.51	34.27	5.06
T2	30.00	23.00	690	3591.51	35.22	5.20
T2	30.00	23.00	690	3549.58	34.81	5.14
T2	30.00	23.00	690	3605.66	35.36	5.23
T3	30.00	23.00	690	3110.09	30.50	4.51
T3	30.00	23.00	690	3123.34	30.63	4.53
T3	30.00	23.00	690	3173.31	31.12	4.60
T3	30.00	23.00	690	3156.99	30.96	4.58
T3	30.00	23.00	690	3205.94	31.44	4.65

Nota: La tabla muestra los datos de los parámetros mecánicos del ladrillos del concreto celular, donde Trat.= Tratamientos; T0= Testigo – Ladrillo tradicional; T1= 1% con material espumante (M-E), T2= 2% con material espumante; T3= con 3% de material espumante; f'c= Resistencia a la compresión.

La **tabla 10** presenta los datos de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular para los diferentes tratamientos evaluados. En la carga máxima, los valores del tratamiento T0 oscilaron entre 4913.93 y 5055.67 kg, mientras que T1 registró valores entre 3854.47 y 3987.03 kg. En T2, los valores variaron de 3494.51 a 3605.66 kg, y en T3 se observaron los menores valores, entre 3110.09 y 3205.94 kg. Respecto a la resistencia a la compresión (f'_c), el tratamiento T0 presentó valores entre 7.12 y 7.33 kg/cm². El tratamiento T1 registró valores entre 5.59 y 5.78 kg/cm², T2 mostró un rango de 5.06 a 5.23 kg/cm² y T3 presentó los valores más bajos, entre 4.51 y 4.65 kg/cm².

Tabla 11

Prueba de normalidad de la propiedad mecánica resistencia a la compresión (f'_c /cm2)

Trat.	Kolmogorov–Smirnov Statistic	df	Sig.	Shapiro–Wilk Statistic	df	Sig.
T0	0.221	5	0.922	0.872	5	0.276
T1	0.174	5	0.992	0.933	5	0.617
T2	0.215	5	0.934	0.949	5	0.731
T3	0.184	5	0.984	0.965	5	0.846

Nota: En la tabla se presenta la prueba de normalidad de la resistencia a la compresión (f'_c , kg/cm²) por tratamiento. Los valores de significancia (Sig.) corresponden a las pruebas de Shapiro–Wilk.

La **tabla 11** muestra los resultados de las pruebas de normalidad aplicadas a la resistencia a la compresión (f'_c) para cada tratamiento. Los valores de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro–Wilk fueron 0.276 (T0), 0.617 (T1), 0.731 (T2) y 0.846 (T3), todos mayores a 0.05, lo cual nos indica que los datos cumplen los supuestos de normalidad.

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) de los datos de los parámetros mecánicos de los ladrillos de concreto celular

Trat.	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área Bruta (cm ²)	Carga Maxima		f'_c (kg/cm ²)
				Kg (media)	Kn (media)	
T0	30	23	690	4980.83 ^d	49.05 ^d	7.22 ^d
T1	30	23	690	3907.08 ^c	38.32 ^c	5.66 ^c
T2	30	23	690	3556.94 ^b	34.88 ^b	5.15 ^b

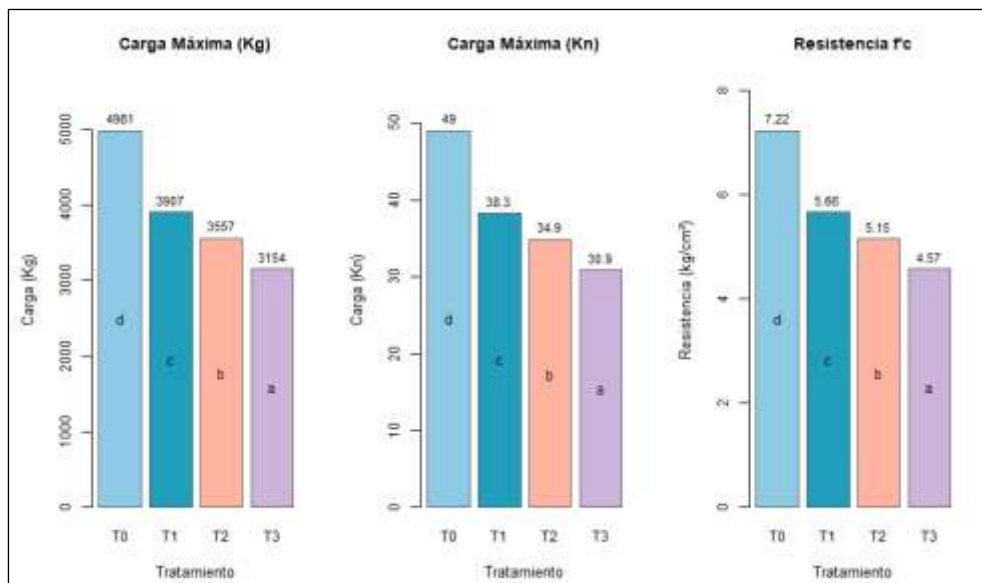
T3	30	23	690	3153.93 ^a	30.93 ^a	4.57 ^a
p-Valor	-	-	-	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota: la tabla muestra los valores correspondientes a las medias por tratamiento. según la prueba de comparación de medias (ANOVA, $p < 0.05$). El p -valor proviene del análisis de varianza (ANOVA) para cada parámetro mecánico. El largo, ancho y área bruta permanecieron constantes. Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas Prueba tuckey.

La **tabla 12** muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde nos indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos para los parámetros mecánicos Kg, Kn y resistencia a la compresión ($R'c$), con valores de $p < 0.0001$ en todos los casos. El valor medio de carga máxima (Kg) fue mayor en el tratamiento T0 (4980.83 kg), seguido por T1 (3907.08 kg), T2 (3556.94 kg) y T3 (3153.93 kg), observándose diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. En términos porcentuales, respecto a T0, los valores de Kg disminuyeron en 27.5 % en T1, 40.0 % en T2 y 57.9 % en T3. Para la variable Kn, el tratamiento T0 presentó el mayor valor medio (49.05 Kn), seguido por T1 (38.32 Kn), T2 (34.88 Kn) y T3 (30.93 Kn), con diferencias significativas entre tratamientos. En comparación con T0, la reducción fue de 21.9 % en T1, 28.9 % en T2 y 36.9 % en T3. En cuanto a la resistencia a la compresión ($f'c$), el mayor valor medio correspondió a T0 (7.22 kg/cm²), seguido por T1 (5.66 kg/cm²), T2 (5.15 kg/cm²) y T3 (4.57 kg/cm²), presentándose diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. La disminución porcentual de $f'c$ con respecto a T0 fue de 21.6 % en T1, 28.7 % en T2 y 36.7 % en T3. Las variables geométricas largo (30 cm), ancho (23 cm) y área bruta (690 cm²) se mantuvieron constantes en todos los tratamientos, por lo que no presentaron variación ni fueron consideradas en el análisis estadístico.

Figura 5

Comportamiento de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular



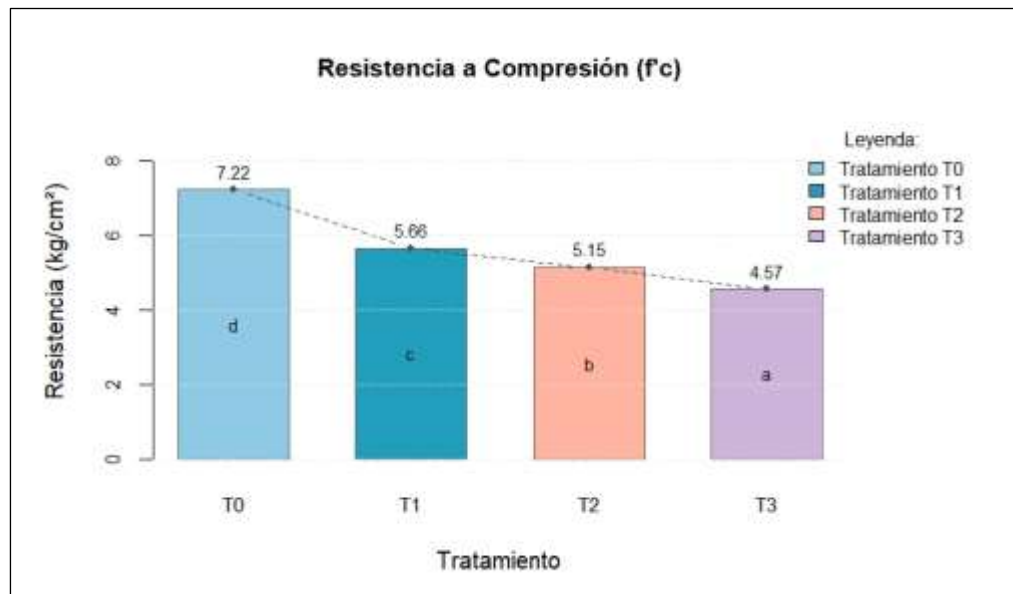
Nota: Las barras representan los valores medios de carga máxima (kg), carga máxima (kN) y resistencia a la compresión (f'_c) de los ladrillos de concreto celular para cada tratamiento. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias Tuckey ($p < 0.05$). T0, T1, T2 y T3. Restudio versión 4.4.2.

La **Figura 5** muestra el comportamiento de los parámetros mecánicos del ladrillo de concreto celular para los distintos tratamientos evaluados, en los tratamientos T0, T1, T2 y T3. En la carga máxima expresada en kilogramos, se registraron valores promedio de 4 981 kg para T0, 3 907 kg para T1, 3 557 kg para T2 y 3 154 kg para T3. En términos relativos, estos valores representan variaciones de -21.6 %, -28.6 % y -36.7 % para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente, en comparación con T0. De forma equivalente, la carga máxima expresada en kilonewtons presentó valores promedio de 49.0 kN en T0, 38.3 kN en T1, 34.9 kN en T2 y 30.9 kN en T3, manteniendo la misma tendencia observada en kilogramos. Las diferencias porcentuales respecto al tratamiento control fueron de -21.8 % para T1, -28.8 % para T2 y -36.9 % para T3. Con respecto a la resistencia a la compresión (f'_c), los valores promedio obtenidos fueron de 7.22 kg/cm² para T0, 5.66 kg/cm² para T1, 5.15 kg/cm² para T2 y 4.57 kg/cm² para T3. Estos resultados corresponden a variaciones relativas de -21.6 %, -28.7 % y -36.7 % para T1, T2 y T3, respectivamente. Las letras diferentes

indicadas sobre las barras señalan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < .05$), de acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey

Figura 6

Resistencia a la compresión del concreto f'_c (kg/cm²) en función del porcentaje de adición de material espumante en cada tratamiento

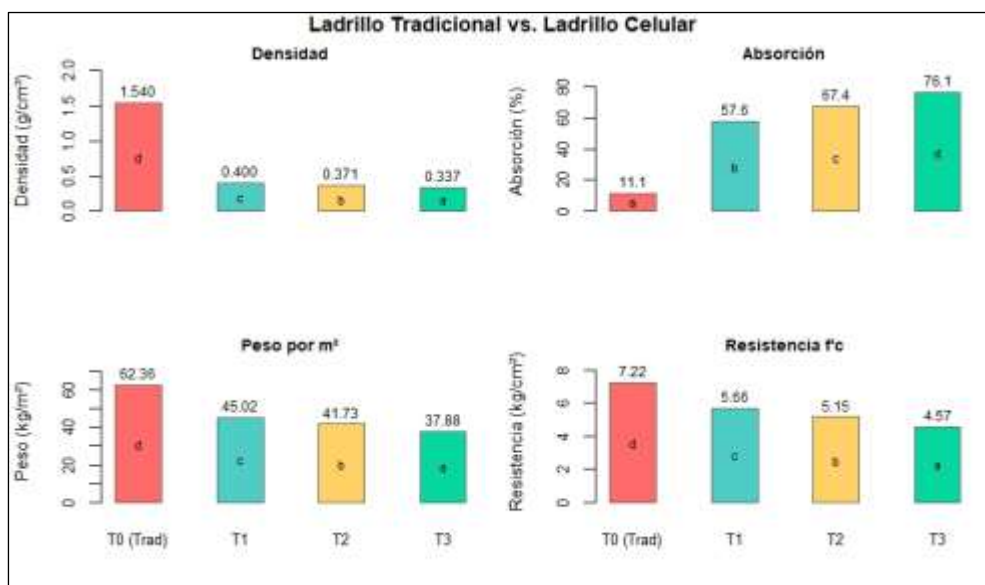


Nota: Los valores representan la resistencia promedio a la compresión del concreto, f'_c (kg/cm²), T0 Ladrillo tradicional (0 %), T1 (1 %), T2 (2 %) y T3 (3 %). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < .05$). Restudio versión 4.4.2.

La **Figura 6** El gráfico muestra la comparación de resistencia a compresión (f'_c) entre el ladrillo tradicional para techos (Tratamiento T0) y tres variantes de ladrillo de concreto celular (T1, T2, T3). El ladrillo tradicional (T0) registra la mayor resistencia con 7.22 kg/cm². Las muestras de concreto celular presentan valores inferiores: T1 alcanza 5.66 kg/cm², lo que representa 21.6% menos que el tradicional. T2 obtiene 5.15 kg/cm², un 9.0% menos que T1 y 28.7% menos que T0. T3 presenta el valor más bajo, 4.57 kg/cm², con una reducción del 11.3% respecto a T2 y del 36.7% respecto al ladrillo tradicional. Esta reducción progresiva y estadísticamente significativa indica que, bajo estas condiciones de ensayo, el ladrillo tradicional supera en resistencia a compresión al concreto celular en un rango del 22% al 37%.

Figura 7

Comparación de propiedades físicas y mecánicas entre ladrillo tradicional y ladrillos celulares (T1, T2 y T3).



Nota: La figura muestra la comparación entre T0 = ladrillo tradicional; T1, T2 y T3 = unidades de ladrillo celular. Se evaluaron las propiedades físicas (densidad, absorción y peso por m²) y la propiedad mecánica de resistencia a la compresión (f'c). Las letras diferentes (a, b, c, d) indican diferencias entre tratamientos. Restudio versión 4.4.2.

La **Figura 7** muestra el comportamiento y las variaciones cuantitativas de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de ladrillo evaluadas, donde T0 representa el ladrillo tradicional y T1–T3 corresponden a ladrillos celulares. En relación con la densidad, el ladrillo tradicional (T0) registró 1.540 g/cm³, mientras que los ladrillos celulares presentaron 0.400 g/cm³ (T1), 0.371 g/cm³ (T2) y 0.337 g/cm³ (T3). Esto equivale a reducciones de densidad de 74.0% en T1, 75.9% en T2 y 78.1% en T3 respecto al ladrillo tradicional. Entre los celulares, T3 mostró una densidad 15.8% menor que T1 y 9.2% menor que T2. En cuanto a la absorción, el T0 presentó 11.1%, mientras que T1 alcanzó 57.6%, T2 67.4% y T3 76.1%. Estos valores representan incrementos de absorción de 419% en T1, 507% en T2 y 586% en T3 respecto al ladrillo tradicional. Además, T3 presentó una absorción 32.1% mayor que T1 y 12.9% superior a T2. Respecto al peso por m², el ladrillo tradicional registró 62.36 kg/m², mientras que los ladrillos celulares presentaron 45.02 kg/m² (T1), 41.73 kg/m² (T2) y 37.88 kg/m² (T3). Esto implica reducciones de peso de 27.8% en T1, 33.1% en T2 y 39.3% en T3 en

comparación con el ladrillo tradicional. Entre tratamientos celulares, T3 es 15.9% más liviano que T1 y 9.2% más liviano que T2. En la resistencia a la compresión (f'_c), el ladrillo tradicional alcanzó 7.22 kg/cm², mientras que los ladrillos celulares registraron 5.66 kg/cm² (T1), 5.15 kg/cm² (T2) y 4.57 kg/cm² (T3). Estos valores representan disminuciones de resistencia de 21.6% en T1, 28.7% en T2 y 36.7% en T3 respecto al ladrillo tradicional. Entre tratamientos celulares, T3 presenta una resistencia 19.3% menor que T1 y 11.3% menor que T2.

4.3. DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR EN COMPARACIÓN CON EL LADRILLO TRADICIONAL

4.3.1.1. DISEÑO DE MEZCLA DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO CELULAR

Tabla 13

Diseño de mezcla de los ladrillos de concreto celular

Tratamiento	Material Espumante %	Yeso kg	Cemento kg/m ³	Agua L/m ³	Lavaplatos kg/m ³
T1	1%	100	350	185	4.5
T2	2%	95	335	190	8.6
T3	3%	90	320	195	12.3

Nota: T1, T2 y T3 corresponden a tratamientos con incrementos del material espumante (1%, 2% y 3%, respectivamente). El lavavajillas fue utilizado como agente espumante, preparado en una proporción 4:1 (agua: lavavajillas) para la generación de espuma. El diseño de mezcla se formuló siguiendo criterios técnicos empleados en materiales cementantes, de acuerdo con lineamientos para concretos celulares y agentes espumantes (ACI 523.3R; ASTM C796), así como especificaciones generales para cemento y agua de mezclado (ASTM C150; ASTM C1602).

La **Tabla 13** presenta el diseño de mezcla de los tratamientos T1, T2 y T3, elaborado con base en criterios técnicos establecidos en normas para materiales cementantes y dosificación de mezclas, donde se controlan las proporciones de yeso, cemento, agua y agente espumante por metro cúbico.

4.3.1.2. COSTOS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL

Tabla 14

Costo del ladrillo de concreto celular con material espumante y del ladrillo tradicional

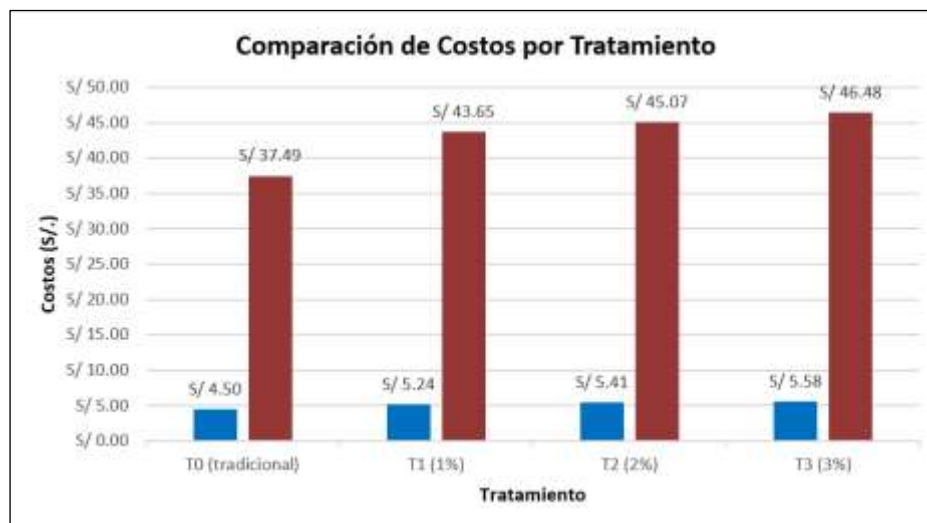
Tratamiento	Costo Unitario S./	Cantidad/m ²	Costo/m ² S./
T0	4.50	8.33	37.49
T1	5.24	8.33	43.65
T2	5.41	8.33	45.07
T3	5.58	8.33	46.48

Nota: la tabla muestra los costos de producción del ladrillo de concreto celular con material espumante y del ladrillo tradicional

La **tabla 14** presenta la comparación de costos unitarios por metro cuadrado de muro entre el sistema de ladrillo tradicional (T0) y los sistemas de ladrillo de concreto celular (T1, T2 y T3). Los resultados evidencian que el ladrillo tradicional (T0) registra el menor costo unitario de S/ 37.49/m², mientras que los tratamientos con concreto celular presentan costos superiores de S/ 43.65 (T1), S/ 45.07 (T2) y S/ 46.48 (T3), lo que representa incrementos de 16.4%, 20.2% y 24.0% respectivamente en relación con el sistema convencional. Se identifica una relación directa entre el porcentaje de material espumante incorporado y el costo unitario del sistema constructivo, observándose una tendencia incremental del costo a medida que aumenta la dosificación del agente espumante en la mezcla.

Figura 8

Comparación de costos entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional



Nota: T0 corresponde al ladrillo tradicional; T1, T2 y T3 representan ladrillos de concreto celular con 1%, 2% y 3% de material espumante, respectivamente. Los valores monetarios están expresados en soles (S/). Restudio versión 4.4.2.

La **Figura 8** muestra la variación de costos entre el ladrillo tradicional (T0) y los ladrillos de concreto celular. El costo del ladrillo tradicional fue de S/ 37.49, mientras que los tratamientos celulares presentaron costos mayores: S/ 43.65 en T1, S/ 45.07 en T2 y S/ 46.48 en T3. Esto representa incrementos de costo de 16.4% en T1, 20.2% en T2 y 24.0% en T3 respecto al ladrillo tradicional. Se observa una tendencia creciente del costo a medida que aumenta el porcentaje de material espumante. Entre los tratamientos celulares, T3 supera a T1 en 6.5% y a T2 en 3.1%, lo que indica que el mayor contenido de agente espumante se asocia con un mayor costo de producción.

4.3.2. DEL ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN

Tabla 15

Percepción de los profesionales sobre el ladrillo celular

Profesión	Cantidad %	M-L %	B-A %	R-C %	F-A-V %	M-P %	R %
Civil	40	100	80	90	97.6	100	100
Arquitecto	33.3	100	100	95	97.0	100	100
Maestro Obra	26.7	100	80	93	98.0	100	100

Nota: La tabla muestra los resultados de las encuestas a los profesionales de construcción civil sobre el ladrillo de concreto celular, siendo B-A= Buena Adherencia; F-A-V= Facilita armado y Vaciado; M-L= Mas Liviano; R= Recomendación: R-C= Reducción de Costos

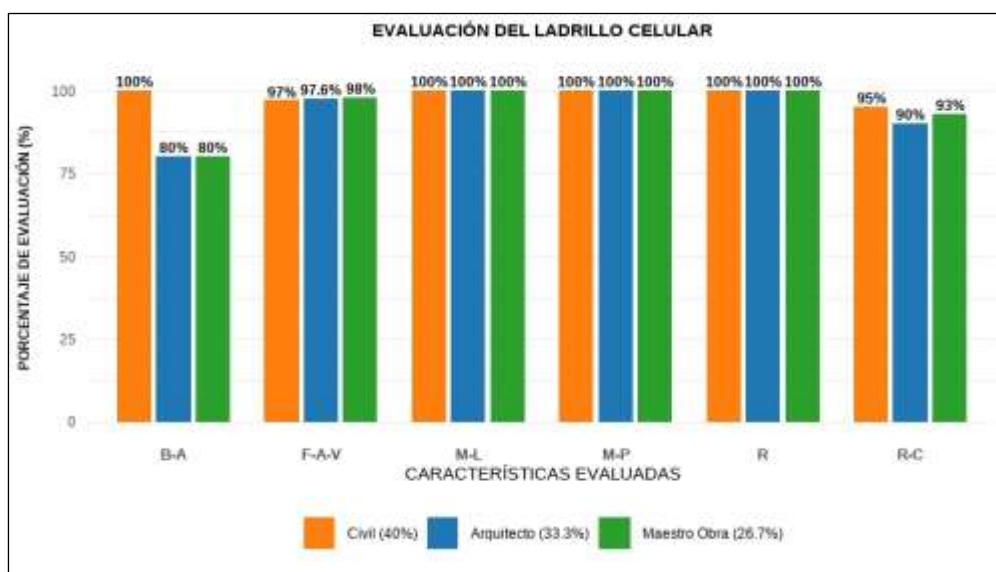
La **Tabla 15** presenta la percepción de profesionales del sector construcción respecto al desempeño del ladrillo de concreto celular, considerando la participación de ingenieros civiles (40%), arquitectos (33.3%) y maestros de obra (26.7%). Los resultados evidencian una alta aceptación del material en términos de desempeño técnico y constructivo. En la variable menor peso o material más liviano (M-L), el 100% de los profesionales de los tres grupos reconoce esta propiedad, confirmando la reducción significativa de masa del elemento como una característica consistente del sistema de concreto celular.

En relación con la buena adherencia (B-A), se observan valores de 100% en arquitectos y 80% tanto en ingenieros civiles como en maestros de obra, lo que indica cierta variabilidad en la percepción de esta propiedad, posiblemente asociada a diferencias en experiencia práctica y criterios de evaluación en obra.

Respecto a la variable facilidad de armado y vaciado (F-A-V), se registran valores elevados y homogéneos entre los grupos profesionales (97.0%–98.0%), lo que sugiere que el material presenta condiciones favorables de trabajabilidad en proceso constructivo. Referente al mejor desempeño del producto (M-P) y la recomendación de uso (R), se alcanza el 100% de aceptación en todos los grupos encuestados, lo que evidencia una valoración positiva global del sistema en términos funcionales.

Figura 9

Evaluación del ladrillo celular por los profesionales del área



Nota: la figura muestra la evaluación del ladrillo celular por los profesionales del área, siendo: B-A= Buena Adherencia; F-A-V= Facilita armado y Vaciado; M-L= Mas Liviano; R= Recomendación; R-C= Reducción de Costos. Restudio versión 4.4.2.

La **Figura 9** presenta la evaluación del ladrillo de concreto celular realizada por profesionales del área de la construcción, considerando las variables: más liviano (M-L), buena adherencia (B-A), reducción de costos (R-C), facilita el armado y vaciado (F-A-V), mejor desempeño del producto (M-P) y recomendación de uso (R). Se observa que la característica más liviana (M-L) alcanza el 100% de valoración en todos los grupos profesionales. De igual manera, la recomendación de uso (R) y el mejor desempeño del producto (M-P) registran valores de 100% en ingenieros civiles, arquitectos y maestros de obra. La variable buena adherencia (B-A) presenta variación entre profesiones, con 100% en arquitectos y 80% en ingenieros civiles y maestros de obra. En cuanto a la reducción de costos (R-C), los porcentajes se sitúan entre 90% y 95%, siendo mayor en arquitectos (95%) y ligeramente menor en ingenieros civiles (90%) y maestros de obra (93%). Respecto a facilita el armado y vaciado (F-A-V), los valores se mantienen elevados en todos los casos, con 97,6% en ingenieros civiles, 97,0% en arquitectos y 98,0% en maestros de obra.

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.4.1. DE LA FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

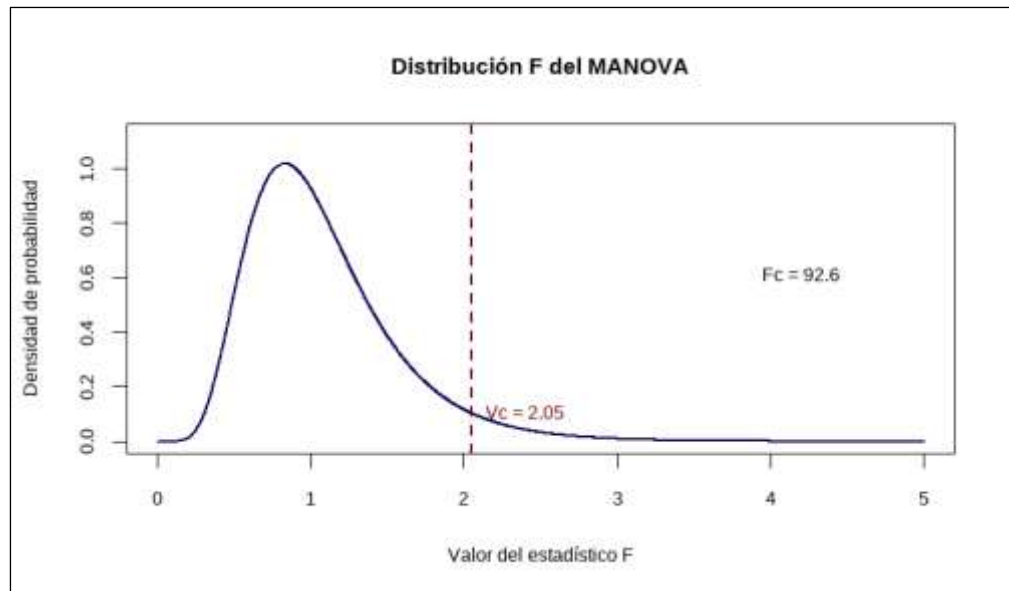
H₀: No existen diferencias estadísticas significativas entre las propiedades del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025

H_a: Existen diferencias estadísticas significativas entre las propiedades del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025

4.4.2. DE LA CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Figura 10

Contrastación de la hipótesis de las variables físicas del ladrillo celular



Nota: La figura muestra la contrastación de la hipótesis de las variables de las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular. MANOVA (Análisis Multivariante de Varianza), análisis prueba Wilks' Lambda. Paquete estadístico Restudio versión 4.4.2. VC= Valor Crítico (2.05); Fc= F calculado (92.6).

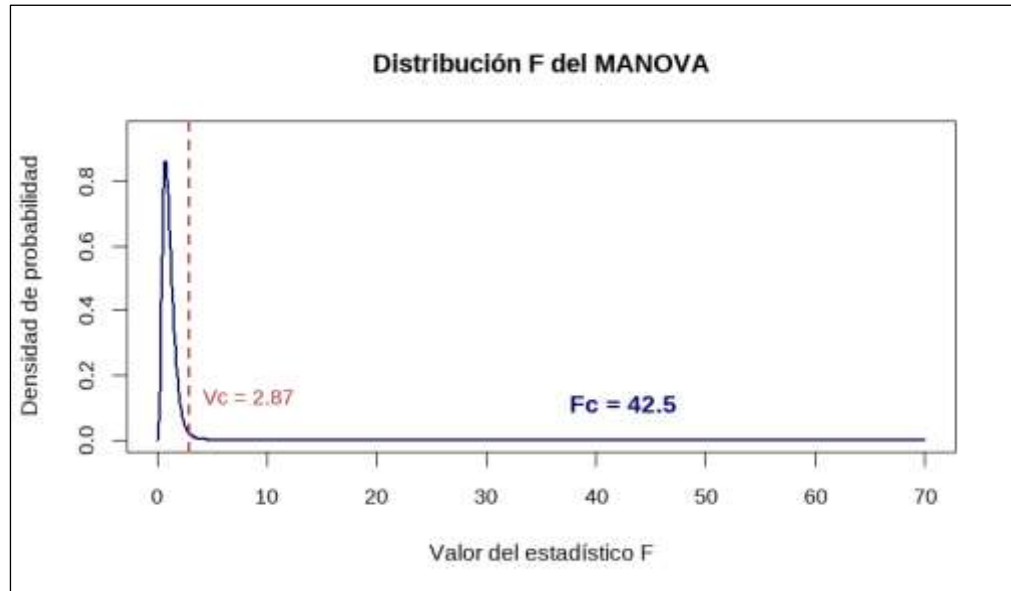
4.4.3. DE LA TOMA DE DECISIÓN

Como el FCalculado= 92.6 es mayor que el valor critico= 2.05 y se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H₀), se acepta la hipótesis alterna (H_a), donde; las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular muestran diferencia estadística significativa con respecto al ladrillo tradicional en la construcción de losas aligeradas en Amarilis, Huánuco, en 2025.

4.4.4. DE LA CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LAS VARIABLES MECÁNICAS DEL LADRILLO CELULAR

Figura 11

Contrastación de la hipótesis de los variables mecánicas del ladrillo celular



Nota: La figura muestra la contrastación de la hipótesis de las variables de las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular. MANOVA (Análisis Multivariante de Varianza), análisis prueba Wilks' Lambda. Paquete estadístico Restudio versión 4.4.2. VC= Valor Crítico (2.87); Fc= F calculado (42.5).

4.4.5. DE LA TOMA DE DECISIÓN

El F calculado (42.5) es mayor que el valor crítico o F Tabular (2.87) y se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0), se acepta la hipótesis alterna (H_a), donde; las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular muestran diferencia estadística significativa con respecto al ladrillo tradicional en la construcción de losas aligeradas en Amarilis, Huánuco, en 2025.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados demuestran que las principales ventajas del ladrillo de concreto celular se relacionan con la reducción de densidad, disminución de carga muerta y facilidad constructiva; sin embargo, estas ventajas generan una reducción progresiva de la resistencia mecánica conforme aumenta el contenido de material espumante.

5.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL EN LOSAS ALIGERADAS.

Los resultados de las propiedades físicas evidenciaron que el incremento del material espumante produjo cambios significativos en el comportamiento del ladrillo de concreto celular. La densidad disminuyó progresivamente de 1.540 g/cm^3 en el tratamiento control T0 a 0.337 g/cm^3 en T3, representando una reducción aproximada del 78%. Asimismo, el peso del ladrillo por metro cuadrado disminuyó de 62.358 kg/m^2 a 37.875 kg/m^2 , equivalente a una reducción cercana al 39%, evidenciando una disminución considerable de carga muerta en losas aligeradas. Estos resultados coinciden con Champi y Navarro (2021), quienes reportaron que el ladrillo de concreto celular reduce significativamente el peso estructural manteniendo funcionalidad como elemento de relleno. Asimismo, Véliz Aguayo et al. (2023) sostienen que los materiales celulares presentan ventajas relacionadas con la reducción de peso, facilidad de manejo y menor carga estructural. La absorción presentó un incremento considerable, pasando de 11.11% en T0 hasta 76.10% en T3, equivalente a un incremento aproximado del 586% respecto al ladrillo tradicional. Este comportamiento se relaciona directamente con el aumento de la porosidad interna generado por el material espumante, el cual produce vacíos de aire dentro de la matriz del concreto celular. Según Neville (2022), la absorción en materiales cementicios aumenta proporcionalmente con el volumen de poros conectados, debido a que el agua ingresa con mayor facilidad a través de los capilares internos. Del mismo modo, Mehta y Monteiro (2021) señalan que los concretos celulares presentan alta absorción debido a su estructura alveolar, característica que reduce el

peso, pero incrementa la permeabilidad y susceptibilidad a la humedad. Resultados similares fueron reportados por Cruz y Anrango (2023), quienes concluyeron que mayores proporciones de espumante disminuyen la densidad e incrementan significativamente la absorción de agua. Sin embargo, técnicamente, una absorción de 76.10% resulta elevada para materiales de construcción convencionales, debido a que puede afectar la durabilidad del material, favorecer el ingreso de humedad y reducir la estabilidad física del ladrillo en condiciones ambientales adversas. En este sentido, la American Concrete Institute (2022) señala que el exceso de porosidad en materiales cementicios puede disminuir la durabilidad y acelerar procesos de deterioro asociados a humedad y agentes externos. Del mismo modo, el peso seco disminuyó de 7.486 kg en T0 a 4.547 kg en T3, equivalente a una reducción aproximada del 39%, mientras que el peso a temperatura ambiente descendió de 7.516 kg a 5.083 kg, representando una reducción cercana al 32%. Estos resultados muestran que el incremento del material espumante mejora considerablemente la ligereza del material, condición favorable para sistemas constructivos livianos y losas aligeradas.

5.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y DEL LADRILLO TRADICIONAL EN LOSAS ALIGERADAS

Los resultados de las propiedades mecánicas evidenciaron que el incremento del porcentaje de material espumante produjo una disminución significativa en la capacidad resistente del ladrillo de concreto celular. La resistencia a la compresión (f'_c) disminuyó progresivamente de 7.22 kg/cm² en el tratamiento control T0 a 4.57 kg/cm² en T3, representando una reducción aproximada del 36.7%. Del mismo modo, la carga máxima disminuyó de 4980.83 kg en T0 a 3153.93 kg en T3, equivalente a una reducción cercana al 36.6%, mientras que la carga expresada en kilonewtons descendió de 49.05 kN a 30.93 kN, mostrando una reducción aproximada del 36.9%. Los resultados evidencian que el incremento del material espumante genera mayor cantidad de vacíos internos y porosidad, disminuyendo la capacidad resistente del material. Según Mehta y Monteiro (2021), el incremento de vacíos en concretos celulares reduce la continuidad de la matriz cementicia y, en consecuencia, disminuye la resistencia mecánica del material. Asimismo,

Neville (2022) sostiene que la resistencia a compresión en materiales cementicios está directamente relacionada con su densidad y compactación interna, por lo que mayores niveles de porosidad producen pérdidas significativas de capacidad estructural.

Los resultados obtenidos coinciden con Champi y Navarro (2021), quienes reportaron que los ladrillos de concreto celular presentan menor resistencia mecánica respecto a los ladrillos tradicionales, aunque mantienen funcionalidad adecuada como elementos de relleno en losas aligeradas. De manera similar, Baca y López (2021) concluyeron que la disminución de densidad en bloques celulares genera reducción progresiva de resistencia debido al aumento de poros internos. Porcentualmente el tratamiento T1 presentó una disminución de resistencia de 21.6% respecto al ladrillo tradicional, mientras que T2 y T3 redujeron su resistencia en 28.7% y 36.7%, respectivamente. Estos resultados guardan relación con Vásquez y Brachowicz (2023), quienes señalaron que el uso de espumantes reduce significativamente el peso y densidad del concreto celular, aunque también disminuye progresivamente su resistencia mecánica. Sin embargo, pese a la reducción observada en la resistencia a compresión, los tratamientos T1 y T2 mantuvieron valores relativamente aceptables considerando que el ladrillo celular evaluado cumple principalmente función de relleno no estructural en sistemas de losas aligeradas. En este sentido, la American Concrete Institute (2022) establece que los materiales livianos destinados a elementos no estructurales pueden priorizar la reducción de peso siempre que mantengan estabilidad física y funcionalidad constructiva.

5.3. DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

El análisis de los resultados de los costos evidenció un incremento progresivo en el precio de los ladrillos de concreto celular conforme aumenta el porcentaje de material espumante. El costo por m² se incrementó de S/. 37.49 en el ladrillo tradicional (T0) a S/. 43.65 en T1 (+16.4%), S/. 45.07 en T2 (+20.2%) y S/. 46.48 en T3 (+24.0%). Este comportamiento se relaciona con el uso de agentes espumantes y el control de la porosidad, los cuales modifican la estructura interna del material y permiten la reducción de la densidad y el peso unitario, tal como señalan Olisius (2025) y Choccelahua y Coveñas (2020) en materiales cementicios celulares. En términos de

interpretación económica, aunque el ladrillo de concreto celular presenta un mayor costo unitario respecto al sistema tradicional, su comportamiento físico evidencia una reducción significativa de peso ($\approx 39\%$) y densidad ($\approx 78\%$), lo cual constituye una característica relevante en términos de aligeramiento del sistema constructivo. Sin embargo, a diferencia de lo planteado en algunos estudios referenciales, en esta investigación no se ha modelado el impacto estructural global ni el comportamiento del sistema completo (vigas, columnas o cimentaciones), por lo que no es posible afirmar directamente reducciones cuantificables de carga estructural o ahorro energético en obra. En este sentido, los aportes reportados por Morales et al. (2024) y Vela y Díaz (2023), respecto a posibles beneficios en eficiencia constructiva, deben entenderse como efectos potenciales dependientes del diseño estructural global, más que como resultados directos del comportamiento del material aislado evaluado en este estudio.

5.4. DEL ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN

La percepción de los profesionales sobre el ladrillo de concreto celular evidencia amplia aceptación. Todos los encuestados (100%) consideran que es más liviano (M-L), lo que coincide con los resultados del objetivo 1, donde T3 redujo densidad y peso hasta 39% frente al ladrillo tradicional (Tabla 4), favoreciendo manipulación, transporte y reducción de cargas estructurales (Olisius, 2025; Morales et al., 2024). Respecto a la adherencia (B-A), arquitectos reportaron 100% y maestros de obra 80%, reflejando que la experiencia práctica influye en su valoración. Aunque el ladrillo celular presenta menor resistencia mecánica que el ladrillo convencional (Tabla 7), sigue siendo suficiente para su correcta colocación (Hernández et al., 2023). La facilidad de armado y vaciado (F-A-V) obtuvo 97–98%, evidenciando que permite construcciones más rápidas, reduciendo desperdicio y optimizando tiempos de obra (Vega, 2023; Becosan, 2021). Sobre la reducción de costos (R-C), 90–95% de los profesionales reconoce su aporte al ahorro, en línea con los datos de costos por m^2 (Tabla 9), donde la eficiencia en colocación y menor peso compensan el mayor costo unitario.

CONCLUSIONES

- Se concluye que las comparativas del ladrillo de concreto celular como relleno en losas aligeradas se evidencian principalmente en la reducción del peso estructural, disminución de carga muerta y facilidad constructiva; no obstante, el incremento del material espumante reduce progresivamente la resistencia mecánica del material, limitando su aplicación a elementos no estructurales.
- Los resultados demostraron que el incremento del material espumante redujo significativamente la densidad y el peso del ladrillo de concreto celular, alcanzando disminuciones de hasta 78% y 39%, respectivamente; sin embargo, incrementó la absorción de agua hasta 76.10%, evidenciando mayor porosidad interna. En consecuencia, los tratamientos con mayor contenido de espumante presentan ventajas como material liviano para relleno no estructural en losas aligeradas.
- Los resultados evidenciaron que el incremento del material espumante disminuyó significativamente la resistencia mecánica del ladrillo de concreto celular, reduciendo la resistencia a compresión en 36.7% respecto al ladrillo tradicional. No obstante, los tratamientos intermedios mantuvieron comportamiento aceptable para aplicaciones como elemento de relleno no estructural en losas aligeradas, favoreciendo la reducción de carga muerta en sistemas constructivos livianos.
- Los resultados evidenciaron que el incremento del porcentaje de material espumante aumentó progresivamente el costo del ladrillo de concreto celular, alcanzando incrementos de hasta 24.0% respecto al ladrillo tradicional. Sin embargo, la reducción significativa de peso y carga muerta, así como las ventajas en facilidad de manipulación y optimización constructiva, permiten compensar parcialmente el mayor costo inicial, favoreciendo su aplicación en sistemas de losas aligeradas y construcciones livianas.
- La percepción de los profesionales de la construcción fue altamente positiva, destacando la ligereza, buena adherencia, facilidad de armado y vaciado, así como la recomendación general del material. La aceptación del 100% en recomendación y la valoración favorable de la reducción de

costos y manejo práctico confirma que el ladrillo de concreto celular es un material viable y atractivo para la construcción moderna, tanto técnica como económicamente.

RECOMENDACIONES

- Implementar el uso de ladrillos de concreto celular con 2–3% de material espumante en proyectos de baja y mediana altura, priorizando su aplicación como relleno no estructural, para optimizar la reducción de peso y verificando previamente que cumplan con la resistencia mecánica requerida.
- Realizar controles de calidad estrictos en la mezcla y curado del ladrillo celular para garantizar que las propiedades físicas y mecánicas cumplan con los estándares estructurales y de durabilidad.
- Evaluar la relación costo-beneficio de los ladrillos de concreto celular en proyectos con grandes superficies, considerando ahorro en transporte, manipulación y carga estructural.
- Promover la capacitación de los profesionales en técnicas de colocación de ladrillos celulares para optimizar tiempos de obra y minimizar desperdicio de material, amortizando el costo unitario más alto.
- Incentivar el uso del ladrillo de concreto celular en edificaciones residenciales y comerciales mediante difusión de sus ventajas técnicas y económicas entre ingenieros, arquitectos y maestros de obra.
- Incorporar el ladrillo de concreto celular en programas de formación profesional y talleres prácticos, resaltando su facilidad de manejo, ligereza y aporte a la eficiencia constructiva, asegurando su correcta adopción en obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2018). *Tecnología del concreto*. Editorial San Marcos.
- ACI Committee 523. (2022). Guide for cast-in-place low-density cellular concrete (ACI PRC-523.1R-22). American Concrete Institute.
- Aguirre Córdova, K. M., & Vidal Rodríguez, O. D. (2 de mayo de 2024). Evaluación estructural de losas aligeradas convencionales y losas prefabricadas en Nuevo Chimbote 2022. Universidad Nacional del Santa.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alomoto Limones, M. Á., & Mejillones Suárez, K. V. (4 de abril de 2023). Estudio comparativo de 3 tipos de espumantes para la fabricación de un hormigón celular de densidad de 800 kg/m³ (d800) en Santa Elena. Ecuador: Universidad Estatal Península Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9219>
- Alvitres Vásquez, E. G., & Sec Brachowicz, E. E. (2023). *Análisis de las propiedades de los bloques de concreto celular incorporando espumante y fibras de polipropileno, Chiclayo 2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/140307>
- Baca Ricardo Jorge, G., & Urrutia López, V. R. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de muros fabricados con bloques apilables de concreto celular, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85827>
- Becosan. (2021). ¿Qué es el hormigón celular? Becosan. <https://www.becosan.com>
- Blas Gamarra, J., & Luna Rodríguez, L. (2023). Propuesta de diseño de losas aligeradas en edificaciones con esferas de Prenova en la ciudad de

Huaraz, Perú [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Bojorquez Mora, J., & Ruiz Gómez, S. (2019). Factores de carga óptimos para el diseño sísmico de edificios: carga muerta y carga viva. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2018000100025

Calcina Huanque, L. L., & Ccari Tapia, E. J. (2021). Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa. Universidad Cesar Vallejo.

Callister, W. D., Jr., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). Wiley.

Cementos INKA. (2022). Fraguado del concreto, secado y curado. Obtenido de <https://www.cementosinka.com.pe/blog/fraguado-secado-y-curado-del-concreto/>

CEMEX Perú. (2019). ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto? Artículos de Construcción. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->

Champi Florez, J., & Navarro Durand, C. Y. (2021). La influencia de ladrillo concreto celular para su uso en la construcción de losas aligeradas, Lima - 2021. Universidad Cesar Vallejo.

Chipana Aguirre, M. R. (18 de febrero de 2022). Bloquetas de Arcilla o de Poliestireno Expandido en la Eficiencia del Proceso Constructivo de Losas Aligeradas en Edificios Multifamiliares. Huancayo, Peru: Universidad Peruana los Andes.

Choccelahua Monge, J. A., & Coveñas Yovera, C. R. (2020). Influencia del poliestireno expandido de un concreto celular en la utilización de elementos estructurales, Lima, 2020. Universidad Cesar Vallejo.

- Corporación Aceros Arequipa. (2020). *Manual del constructor*. Corporación Aceros Arequipa.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications. Recuperado de <https://us.sagepub.com/en-us/nam/research-design-qualitative-quantitative-and-mixed-methods-approaches/book242763>
- Cruz Ricardo, R. R., & Anrango Sánchez, C. S. (23 de agosto de 2023). Estudio comparativo para la fabricación de hormigón celular de densidad 400 kg/m³ con diferente líquidos espumantes KV-LITE AFFF, Sika poro plus, RV 2000-2 y jaboncillo Sapindus saponaria. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Dlupal. (2020). *Hacer nuevo a partir de lo viejo: la arcilla como material de construcción sostenible*. Obtenido de https://www.dlupal.com/es/noticias-y-eventos/noticias/blog/000076?srsId=AfmBOoo_PcoeY5-mSSRQG44LISCz_0LikER1VctviKAFvPHkdf7PQviP
- Espinoza Valdivia, D. O. (2024). Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en Huánuco-2023. Universidad de Huanuco.
- Espinoza Vigo, M., & Gonzales Montesinos, L. R. (2023). Características de ladrillos de arcilla cocida semiindustriales diseñados para viviendas autoconstruidas en distrito Supe, Lima. Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/138800/Espinoza_VM-Gonzales_MLR-SD.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Galvez Sanabria, P. A. (2023). Estudio de factibilidad del concreto celular espumoso como unidad de albañilería en la ciudad de Huancayo. Universidad Peruana de los Andes.
- Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2013). *Mechanics of materials* (8th ed.). Cengage Learning.

- González, A. (2020). Emisiones de CO₂ en la producción de ladrillos pesados. Universidad de Barcelona. Edición 2, pp. 30-50. 10.21703/0718-2813.2023.34.2448
- Gobierno de Canarias. (2023). Ceniza. Mediateca Eco escuela. Obtenido de https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/mediateca/ecoescuela/?attachment_id=8325
- Graus Medina, D. A., Vidal Cardeña, M. J., & David Polanco, A. A. (2020). Propuesta técnica para el diseño y construcción de losas en dos sentidos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18818/ALVARADO%20CABRERA_INCA%20MARTINEZ_DAVID%20POLANCO_VIDAL%20CARDE%20C3%91A_GRAUS%20MEDINA.pdf?sequence=1
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://www.mheducation.es/metodologia-investigacion-hernandez-9788448171535-espanol>
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2015). *Cost accounting: A managerial emphasis* (15th ed.). Pearson Education.
- International Labour Organization. (2020). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience*. International Labour Office.
- Jiménez, N. (8 de octubre de 2024). *¿Qué es una Estructura en Arquitectura? / Estructura*. Recuperado el 13 de diciembre de 2024, de El Arquí MX: https://elarquimx.com/que-es-una-estructura-en-arquitectura/#google_vignette
- Kaminskas, R., Kligys, M., Kairytė, A., Vaitkus, S., & otros autores. (2023). High-strength and heat-insulating cellular building concrete based on calcined gypsum. *Materials*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/ma16010156>

- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Lazo Arraya, J. (2017). Diseño de concreto celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones. Universidad Nacional de San Gustin de Arequipa.
- López, M. (2019). Energía y huella de carbono en la producción de ladrillos. Universidad de Buenos Aires. Edición 1, pp. 15-25. 10.21703/0718-2813.2023.34.2448
- López, M. (2019). Sostenibilidad en la producción de ladrillos: un análisis para Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Edición 1, pp. 58-73. 10.1234/abcd.2019.003.
- Macedo Patricio, Y. (2019). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal adicionando aserrín, Huaraz, 2019. Universidad Cesar Vallejo.
- Marcos Silva, E. A. (2025). *Resistencia a la compresión del ladrillo hecho con papel reciclado y adhesivo sintético, Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5911>
- Martínez Canales, H., Hernández, E., & Meneses Meneses, A. (2023). Concreto celular con espuma preformada y agregados ligeros. *Researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/374687399_Concreto_celular_con_espuma_preformada_y_agregados_ligeros
- Martínez, J. (2021). *Impacto del peso del ladrillo tradicional en la construcción de losas aligeradas*. Universidad Nacional de Ingeniería. Edición 1, pp. 45-60. 10.21703/0718-2813.2023.34.2448.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2016). *Diseño de concreto reforzado* (10.^a ed.). Alfaomega.

- Muñoz Perez, S. P., García Chumacero, W. R., & Salazar Pretel, T. M. (2021). Uso de residuos sólidos en la elaboración de concreto celular: una revisión. Obtenido de https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/714
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Nilson, A. H., Darwin, D., & Dolan, C. W. (2018). *Design of Concrete Structures*. McGraw-Hill Education.
- Osorio, J.D. (2020). Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. 360 en concreto. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/>
- Pastrana Ayala, J., Silva Urrego, Y., Adrada Molano, J., & Delvasto Arjona, S. (2019). Propiedades físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto. *Universidad del Valle*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7097640.pdf>
- Pinzón Cuta, C. H., & Pérez Meneses, J. A. (Julio de 2021). Cenizas volantes de carbón, un residuo de la combustión en centrales termo eléctricas: revisión bibliográfica de sus propiedades físicas, químicas y morfológicas en el ámbito internacional y regional. Universidad de Pamplona.
- Promart. (2022). Tipos de ladrillos de arcilla. *Pagina Web*. Promart.pe.
- Quispe Aranda, K. J., & Tisnado Leon, A. L. (2024). Influencia de la Proporción de Caolín: Tierra y ubicación de cocción sobre el Control de Calidad Físico, Químico y Mecánico en Ladrillos King Kong de la Ladrillera Huanchaco. Universidad Nacional trujillo.
- Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2019). *International construction measurement standards (ICMS): Global consistency in presenting construction costs and other life cycle costs*. RICS.

- Sampieri, R. H., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://www.mheducation.es/metodologia-investigacion-hernandez-9788448171535-espano>
- Sánchez Martínez, D. V. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *Escuela Superior Tepejé del Río*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/7928>
- Sánchez, R. (2021). *Dependencia de ladrillos tradicionales en la construcción peruana y sus implicaciones*. Universidad de San Marcos. <https://doi.org/10.1234/abcd.2021.005>
- Sánchez, R. (2021). Sostenibilidad y residuos en la industria de la construcción. Universidad de Santiago de Chile. Edición 1, pp. 100-115. 10.21703/0718-2813.2023.34.2448.
- Santos Arango, C. (2022). La prefabricación como modelo sostenible de construcción. *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de https://oa.upm.es/69702/1/TFG_Enero22_Santos_Arango_Cristina.pdf
- Silva, O. J. (2022). *Propiedades y aplicaciones del concreto celular*. Obtenido de 360 concreto. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/propiedades-fisicas-del-cemento/>
- Sika Colombia S.A. (2020). Curado del concreto. Sika Informaciones Técnicas. Obtenido de <https://col.sika.com/dam/dms/co01/e/Curado%20del%20Concreto.pdf>
- Vega Castillo, J., & Salinas Quezada, M. (2019). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos elaborados con bolsas recicladas de base polimérica para techos aligerados, Chimbote 2019. *Tesis*. Universidad Cesar Vallejo.
- Vela Ortiz, J. L., & Díaz Zumaeta, J. H. (11 de noviembre de 2023). Análisis Comparativo de tiempos y costos entre Sistema Constructivo en concreto celular autoclave y Sistema Constructivo con paneles muros

prefabricados de concreto en una vivienda en el distrito de Julcán, Provincia de Julcán, Departamento de la Libertad. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Velarde Cruz, F. D., Bojórquez Mora, J., & Bojórquez Mora, E. (2022). Confiabilidad estructural de edificios de concreto reforzado y sistema dual. *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2022000100074

Velásquez Ortega, S. J. (2020). Publicación: Evaluación del desempeño estructural de una edificación de concreto armado mediante un Análisis Push Over y propuesta de intervención (Caso de estudio: Torre Trecca). Universidad Ricardo Palma.

Véliz Aguayo, A. C., Herrera Brunett, G. A., Ramirez Palma, R. I., & Salvatierra Barzola, M. (2023). El hormigón celular: análisis y difusión a nivel industrial en el Ecuador. *Científica y Tecnológica UPSE*. Obtenido de <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/676/625>

Vilca Paredes, L. C., & Vilca Silva, K. G. (2019). Influencia del porcentaje de ladrillo de desecho como agregado fino sobre la absorción, porosidad y resistencia a la compresión de un concreto, en la ciudad de Trujillo – La libertad. Universidad Privada del trujillo.

Villegas Villanueva, F. J. (2022). Elaboración de bloques de concreto para muros no estructurales a partir de la trituración del poliestireno expandido reciclado en la ciudad de Huánuco. Universidad de Huanuco.

Zafra Rabanal, J. (2014). Características físicas y mecánicas de los ladrillos de concretos fabricados en la ciudad de San Marcos - Cajamarca. *Tesis*. Universidad Nacional de Cajamarca.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Bibiano Gonzales, Y. D. (2026). Evaluación comparativa del ladrillo de concreto celular y tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1969-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 22 de setiembre de 2025

Visto, el Oficio N° 1144-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yhomir Diego BIBIANO GONZALES**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2522-2024-D-FI-UDH, de fecha 12 de noviembre de 2024, perteneciente al Bach. **Yhomir Diego BIBIANO GONZALES**, se le designó como ASESOR(A) al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1144-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yhomir Diego BIBIANO GONZALES**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Presidente), Dr. Carlos Antonio Torres Ponce (Secretario) y Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Yhomir Diego BIBIANO GONZALES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Yoverni Manzano Lozano
SECRETARÍA DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Maximiliano Cruz-Huacachino
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo
MCH/EML/Agc

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 0338-2026-D-FI-UDH

Huánuco, 13 de marzo de 2026

Visto, el Oficio N° 0250-2026-C-PAIC-FI-UDH, presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 587642-0000001304, del Bach. Yhomir Diego BIBIANO GONZALES, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 587642-0000001304, presentado por el (la) Bach. Yhomir Diego BIBIANO GONZALES, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 2522-2024-D-FI-UDH, de fecha 12 de noviembre de 2024, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. Yhomir Diego BIBIANO GONZALES, al Dr. Carlos Esteban Huaman Cuespan, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DEJAR SIN EFECTO, la Resolución N° 2522-2024-D-FI-UDH, de fecha 12 de noviembre de 2024.

Artículo Segundo. - DESIGNAR, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. Yhomir Diego BIBIANO GONZALES, al MG. Omar Palmiro Gonzalez Hidalgo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Fidel Ignacio Manzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Maximiliano Cruz Huacachino
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
MCH/FIMI/Idar

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR Y TRADICIONAL COMO RELLENO EN LOSAS ALIGERADAS EN AMARILIS, HUÁNUCO – 2025”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Qué diferencias existen entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?	Evaluar comparativamente el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	H0: No existen diferencias significativas entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	Variable Independiente X₁: Tipos de ladrillo	T0 = tradicional T1 = 1% espumante T2 = 2% espumante T3 = 3% espumante	Enfoque: Cuantitativo Nivel: Descriptivo Comparativo Diseño: Experimental Puro
		H_a: Existen diferencias significativas entre el ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	Variable dependiente Y₁: Propiedades físicas	- Densidad del ladrillo (g/cm³) - Porcentaje de absorción de agua (%) - Peso seco del ladrillo (kg/und) - Peso por m² de losa aligerada (kg/m²)	Población: Ladrillos utilizados como elementos de relleno en losas aligeradas, correspondientes al ladrillo tradicional y al ladrillo de concreto celular. Muestra: Serán 15 ladrillos de concreto celular de 30x30x15 cm y 5 ladrillos tradicionales (Testigo)

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Y2: Propiedades mecánicas	
- ¿Qué diferencias existen en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?	- Determinar las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y del ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.-	H₀: No existen diferencias significativas en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.		• Resistencia máxima soportada (kn) • f'c del ladrillo (kg/cm²)
- ¿Qué diferencias existen en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?	- Determinar las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y del ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	H_a: Existen diferencias significativas en las propiedades físicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025. H₀: No existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno	Y3: Impacto económico Y4: Percepción profesional	• Costo por ladrillo • Costo por m² • Facilidad de armado y vaciado • Nivel de recomendación profesional • Facilidad de transporte e instalación

- ¿Qué diferencias económicas existen entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?	- Evaluar las diferencias económicas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025 H_a: Existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.
- ¿Cuál es la percepción de los profesionales del sector construcción respecto al desempeño funcional del ladrillo de concreto celular como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025?	- Analizar la percepción de los profesionales del sector construcción respecto al desempeño funcional del ladrillo de concreto celular como material de relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025.	H₀: No existen diferencias económicas significativas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como relleno en losas aligeradas en Amarilis, Huánuco – 2025 H_a: Existen diferencias económicas significativas entre el uso del ladrillo de concreto celular y el ladrillo tradicional como

relleno en losas
aligeradas en Amarilis,
Huánuco – 2025

H0: No hay diferencias
estadísticas
significativa en la
percepción de los
profesionales respecto
a la funcionalidad de
ambos ladrillos en la
construcción de las
losas aligeradas en
Amarilis, Huánuco, en
2025

Ha: Hay diferencias
estadísticas
significativa en la
percepción de los
profesionales respecto
a la funcionalidad de
ambos ladrillos en la
construcción de las
losas aligeradas en
Amarilis, Huánuco, en
2025.

ANEXO 4

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Instrumento de recolección de datos

Título: "EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025"

Objetivo: Analizar la percepción los profesionales de la construcción en Amarilis sobre las ventajas y desventajas de la funcionabilidad del ladrillo de concreto celular en Amarilis, Huánuco, en 2025

Alumno: Bibiano Gonzales, Yhomir Diego

I. Datos Generales

Pregunta	Opción	Selección (✓)
1. Profesión:	Ingeniero Civil	☐
	Arquitecto	☐
	Maestro de Obras	☐
	Contratista	☐
	Otro: _____	☐
2. Experiencia:	<3 años	☐
	3–5 años	☐
	6–10 años	☐
	>10 años	☐



Bibiano Gonzales, Yhomir Diego
INGENIERO CIVIL
CIP: 171398



SALLY D'YKE BARRIETA SILVA
INGENIERO CIVIL
CIP: 298279



Ing. Iomar I. Capcho Yalico
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 193858

II. Evaluación Técnica

Instrucciones: Marque con (✓) según su percepción:

1 = Muy en desacuerdo | 2 = En desacuerdo | 3 = Neutral | 4 = De acuerdo | 5 = Muy de acuerdo

Ítem	Pregunta	1	2	3	4	5
3	¿El material es más liviano que el ladrillo tradicional?	☐	☐	☐	☐	☐
4	¿Tiene adherencia el ladrillo celular?	☐	☐	☐	☐	☐
5	¿Reduce costos de mano de obra?	☐	☐	☐	☐	☐
6	¿El ladrillo celular facilita el armado y vaciado de la losa?	☐	☐	☐	☐	☐
7	¿El uso de ladrillo celular reduce el riesgo de accidentes laborales?	☐	☐	☐	☐	☐



Ing. J. González Hidalgo
INGENIERO CIVIL
CIP: 1571598



Emilly D'YKE BARRUETA SILVA
INGENIERO CIVIL
CIP: 298279



Ing. Jomar I. Cacho Yallico
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 158358

III. Checklist de Ventajas/Desventajas

Aspecto	Sí (✓)	No (✓)	Observaciones
8. ¿Mejora la productividad en obra?	☐	☐	_____
9. ¿Existe disponibilidad local?	☐	☐	_____
10. ¿Requiere herramientas especiales?	☐	☐	_____

IV. Escala Mixta (Checklist + Likert)

Pregunta	Sí/No (✓)	Grado de Importancia (1–5)
11. ¿Lo recomendaría?	☐ Sí ☐ No	1 (Poco) – 5 (Mucho): ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
12. ¿Necesita capacitación?	☐ Sí ☐ No	1 (Nada) – 5 (Mucha): ☐ ☐ ☐ ☐ ☐


BOLLY D'YKE BARRIETA SILVA
INGENIERO CIVIL
CIP: 298279


P. Gonzalez Pinedo
INGENIERO CIVIL
CIP 1171598


Ing. Ignar I. Cuscho Yalco
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 199358

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 12

Encofrado para bloque de concreto celular



Nota: La imagen muestra la elaboración del encofrado para el bloque de concreto celular de medidas de 30cmx30cmx15cm.

Figura 13

Preparación de la espuma



Nota: La imagen muestra preparación de la espuma con una mezcladora de mano.

Figura 14

Preparación de la mezcla



Nota: La imagen muestra preparación de la mezcla combinando cemento, yeso y agua simultáneamente.

Figura 15

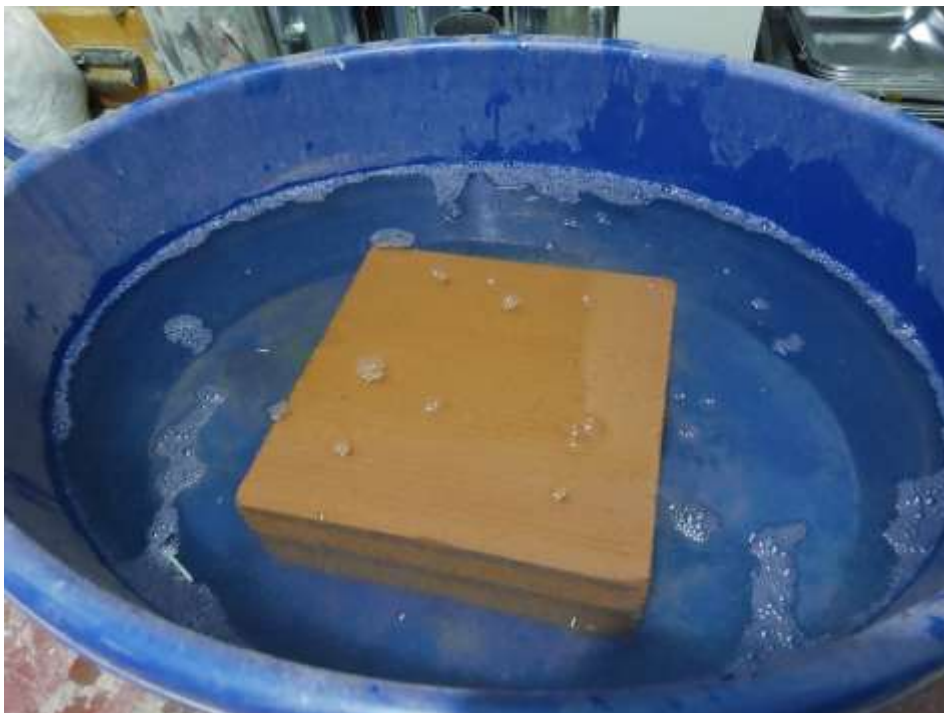
Ensayo de absorción del bloque de concreto celular



Nota: La imagen muestra el ensayo de absorción de agua del bloque de concreto celular para evaluar su porosidad como propiedad física del estudio comparativo.

Figura 16

Ensayo de absorción del ladrillo tradicional



Nota: La imagen muestra el ensayo de absorción de agua del ladrillo tradicional para evaluar su porosidad como propiedad física del estudio comparativo.

Figura 17

Secado del bloque de concreto celular



Nota: La imagen muestra el secado del bloque de concreto celular en el horno por 24 horas para así obtener el peso real de la muestra.

Figura 18

Secado del ladrillo tradicional



Nota: La imagen muestra el secado del ladrillo tradicional en el horno por 24 horas para así obtener el peso real de la muestra.

Figura 19

Peso de ladrillo tradicional saturado



Nota: La imagen muestra el resultado del peso del ladrillo tradicional completamente saturado.

Figura 20

Peso del ladrillo tradicional



Nota: La imagen muestra el resultado del peso del ladrillo tradicional sin saturar.

Figura 21

Peso del bloque de concreto celular saturado



Nota: La imagen muestra el resultado del peso del bloque de concreto celular completamente saturado.

Figura 22

Peso del bloque de concreto celular



Nota: La imagen muestra el resultado del peso del bloque de concreto celular sin saturar.

Figura 23

Ensayo a la compresión del ladrillo tradicional



Nota: La imagen muestra el ensayo a la compresión realizada al ladrillo tradicional.

Figura 24

Ensayo a la compresión del bloque de concreto celular



Nota: La imagen muestra el ensayo a la compresión realizada al bloque de concreto celular.

Figura 25

Laboratorio donde se realizó los estudios



Figura 26

Ubicación del proyecto



ANEXO 6

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

1.1 BLOQUE DE CONCRETO CELULAR TIPO I					
Rendimiento: 100.0000 UND/DIA					
Insumo	Unidad	Unidad: UND Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario: PU	Parcial
MANO DE OBRA					
OPERARIO	DIA	1.0000	0.0100	87.30	0.87
PEON	DIA	0.5000	0.0100	61.65	0.31
					1.18
MATERIALES					
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BL5		0.1110	26.50	2.94
AGUA	M3		0.0025	5.00	0.01
LAVAVAJILLAS (AGENTE ESPUMANTE)	LT		0.0610	6.00	0.37
YESO (15KG)	BL5		0.0900	6.00	0.54
					3.86
EQUIPO					
TALADRO ELECTRICO	DIA	1.0000	0.0100	15.00	0.15
PALETA MEZCLADORA	DIA	1.0000	0.0100	5.00	0.05
					0.20

1.1 BLOQUE DE CONCRETO CELULAR TIPO II					
Rendimiento: 100.0000 UND/DIA					
Insumo	Unidad	Unidad: UND Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario: PU	Parcial
MANO DE OBRA					
OPERARIO	DIA	1.0000	0.0100	87.30	0.87
PEON	DIA	0.5000	0.0100	61.65	0.31
					1.18
MATERIALES					
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BL5		0.1060	26.50	2.81
AGUA	M3		0.0026	5.00	0.01
LAVAVAJILLAS (AGENTE ESPUMANTE)	LT		0.1160	6.00	0.70
YESO (15KG)	BL5		0.0850	6.00	0.51
					4.03
EQUIPO					
TALADRO ELECTRICO	DIA	1.0000	0.0100	15.00	0.15
PALETA MEZCLADORA	DIA	1.0000	0.0100	5.00	0.05
					0.20

1.1 BLOQUE DE CONCRETO CELULAR TIPO III					
Rendimiento: 100.0000 UND/DIA					
Insumo	Unidad	Unidad: UND Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario: PU	Parcial
MANO DE OBRA					
OPERARIO	DIA	1.0000	0.0100	87.30	0.87
PEON	DIA	0.5000	0.0100	61.65	0.31
					1.18
MATERIALES					
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BL5		0.1020	26.50	2.70
AGUA	M3		0.0026	5.00	0.01
LAVAVAJILLAS (AGENTE ESPUMANTE)	LT		0.1660	6.00	1.00
YESO (15KG)	BL5		0.0810	6.00	0.49
					4.20
EQUIPO					
TALADRO ELECTRICO	DIA	1.0000	0.0100	15.00	0.15
PALETA MEZCLADORA	DIA	1.0000	0.0100	5.00	0.05
					0.20

ANEXO 7

RESULTADOS DE LABORATORIO

ENSAYOS PARA VERIFICAR LA CALIDAD DEL LADRILLO



TESIS

EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO - 2025



DEPARTAMENTO

Huánuco

PROVINCIA

Huánuco

DISTRITO

Amarilis

Amarilis - Perú

2025

	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO					
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
	EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025					
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Sólido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo I	30.00 cm	23.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA
				kg	KN	
M - 01	30.00	23.00	690.00	3854.47 kg	37.80 KN	5.59 kg/cm ²
M - 02	30.00	23.00	690.00	3987.03 kg	39.10 KN	5.78 kg/cm ²
M - 03	30.00	23.00	690.00	3867.72 kg	37.93 KN	5.61 kg/cm ²
M - 04	30.00	23.00	690.00	3899.33 kg	38.24 KN	5.65 kg/cm ²
M - 05	30.00	23.00	690.00	3926.86 kg	38.51 KN	5.69 kg/cm ²
Resistencia a la compresión						5.66 kg/cm ²
Desviación Estándar						0.08
Coeficiente de Variación						0.01
Resistencia Característica de la Unidad de Albañilería						5.59 kg/cm ²
Resistencia según Norma						No Requiere
Conclusión						-


INGPROY CyC
 Noé A. Behavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


 Marcos Custody Salas Huanac
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P.: 93251

		CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC				
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO				
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
		EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025				
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Solido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo II	30.00 cm	23.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA
				kg	KN	
M - 06	30.00	23.00	690.00	3543.46 kg	34.75 KN	5.14 kg/cm ²
M - 07	30.00	23.00	690.00	3494.51 kg	34.27 KN	5.06 kg/cm ²
M - 08	30.00	23.00	690.00	3591.38 kg	35.22 KN	5.20 kg/cm ²
M - 09	30.00	23.00	690.00	3549.58 kg	34.81 KN	5.14 kg/cm ²
M - 10	30.00	23.00	690.00	3605.66 kg	35.36 KN	5.23 kg/cm ²
Resistencia a la compresión						5.15 kg/cm ²
Desviación Estándar						0.06
Coeficiente de Variación						0.01
Resistencia Característica de la Unidad de Albañilería						5.09 kg/cm ²
Resistencia según Norma						No Requiere
Conclusión						-


INGPROY C y C
 Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


 Marcos Casazay Salas Huarac
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 08251

		CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC				
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO				
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
		EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025				
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Solido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo III	30.00 cm	23.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA
				kg	KN	
M - 11	30.00	23.00	690.00	3110.09 kg	30.50 KN	4.51 kg/cm2
M - 12	30.00	23.00	690.00	3123.34 kg	30.63 KN	4.53 kg/cm2
M - 13	30.00	23.00	690.00	3173.31 kg	31.12 KN	4.60 kg/cm2
M - 14	30.00	23.00	690.00	3156.99 kg	30.96 KN	4.58 kg/cm2
M - 15	30.00	23.00	690.00	3205.94 kg	31.44 KN	4.65 kg/cm2
Resistencia a la compresión						4.57 kg/cm2
Desviación Estándar						0.06
Coeficiente de Variación						0.01
Resistencia Característica de la Unidad de Albañilería						4.52 kg/cm2
Resistencia según Norma						No Requiere
Conclusión						-


INGPROY CyC
Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


Noé A. Benavente Salas Huarc
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P.: 98251

	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO					
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
	EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025					
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Hueco	MATERIAL	Arcilla	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	LADRILLO	Techo Tradicional	30.00 cm	23.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA		RESISTENCIA
				kg	KN	
M - 16	30.00	23.00	690.00	4919.03 kg	48.24 KN	7.13 kg/cm2
M - 17	30.00	23.00	690.00	5042.42 kg	49.45 KN	7.31 kg/cm2
M - 18	30.00	23.00	690.00	4973.08 kg	48.77 KN	7.21 kg/cm2
M - 19	30.00	23.00	690.00	4913.93 kg	48.19 KN	7.12 kg/cm2
M - 20	30.00	23.00	690.00	5055.67 kg	49.58 KN	7.33 kg/cm2
Resistencia a la compresión						7.22 kg/cm2
Desviación Estándar						0.10
Coeficiente de Variación						0.01
Resistencia Característica de la Unidad de Albañilería						7.12 kg/cm2
Resistencia según Norma						No Requiere
Conclusión						-


INGPROY C y C
 Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20010358244


Marcos Córdova Salas Huarc
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P.: 98251

	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC					
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO					
	ABSORCIÓN					
	EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025					
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Sólido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo I	30.00 cm	30.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	PESO SATURADO		PESO SECO	PESO HUMEDO	ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
	05 h	24 h				
M - 01	7,583.00 g	8,771.00 g	5,346.00 g	3425.00 kg	64.07%	1.53
M - 02	7,569.15 g	8,541.00 g	5,415.00 g	3126.00 kg	57.73%	1.45
M - 03	7,536.14 g	8,394.00 g	5,403.00 g	2991.00 kg	55.36%	1.40
M - 04	7,658.14 g	8,645.00 g	5,564.00 g	3081.00 kg	55.37%	1.47
M - 05	7,499.50 g	8,234.00 g	5,298.00 g	2936.00 kg	55.42%	1.33
PROMEDIO					57.98%	1.44


INGPROY C y C
Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


Noé A. Benavente Salas
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P.: 0825

		CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC				
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO				
		ABSORCIÓN				
		EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025				
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Solido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo II	30.00 cm	30.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	PESO SATURADO		PESO SECO	PESO HUMEDO	ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
	05 h	24 h				
M - 06	7,986.00 g	8,387.00 g	4,975.00 g	3412.00 kg	68.58%	1.13
M - 07	8,001.25 g	8,475.00 g	4,882.00 g	3593.00 kg	73.60%	1.15
M - 08	7,654.38 g	8,360.00 g	5,105.00 g	3255.00 kg	63.76%	1.28
M - 09	7,777.71 g	8,423.00 g	5,124.00 g	3299.00 kg	64.38%	1.24
M - 10	7,546.14 g	8,272.00 g	4,960.00 g	3312.00 kg	66.77%	1.28
PROMEDIO					67.62%	1.22


INGPROY C y C
 Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


 María Cecilia Salas Huarc
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 98251

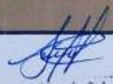
		CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC				
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO				
		ABSORCIÓN				
		EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025				
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Solido	MATERIAL	Concreto	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	BLOQUE	Tipo III	30.00 cm	30.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	PESO SATURADO		PESO SECO	PESO HUMEDO	ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
	05 h	24 h				
M - 11	7,789.15 g	8,220.00 g	4,534.00 g	3686.00 kg	81.30%	1.13
M - 12	7,689.47 g	8,155.00 g	4,576.00 g	3579.00 kg	78.21%	1.15
M - 13	7,536.14 g	7,850.00 g	4,621.00 g	3229.00 kg	69.88%	1.11
M - 14	7,425.31 g	7,857.00 g	4,415.00 g	3442.00 kg	77.96%	1.14
M - 15	7,546.39 g	7,943.00 g	4,588.00 g	3355.00 kg	73.13%	1.13
PROMEDIO					76.02%	1.13


INGPROY C y C SAC
 Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20600358244


 Marcos Coszaly Salas Huarac
 INGENIERO CIVIL
 C.A.P. 08291

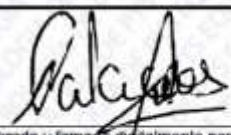
		CONSULTORA Y CONSTRUCTORA INGPROY C y C SAC				
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO				
		ABSORCIÓN				
		EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL LADRILLO DE CONCRETO CELULAR CON RESPECTO AL TRADICIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOSA ALIGERADA, AMARILIS, HUÁNUCO – 2025				
NORMA	NTP - 399.613	FECHA	15/11/2025	DIMENSIONES ESTANDARES		
TIPO DE LADRILLO	Hueco	MATERIAL	Arcilla	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
CANTIDAD DE MUESTRAS	5 Unid	LADRILLO	Techo Tradicional	30.00 cm	30.00 cm	15.00 cm
MUESTRAS	PESO SATURADO		PESO SECO	PESO HUMEDO	ABSORCIÓN	COEFICIENTE DE SATURACIÓN
	05 h	24 h				
M - 16	7,965.45 g	8,430.00 g	7,540.00 g	890.00 kg	11.80%	2.09
M - 17	7,652.34 g	8,140.00 g	7,400.00 g	740.00 kg	10.00%	2.93
M - 18	7,789.25 g	8,150.00 g	7,450.00 g	700.00 kg	9.40%	2.06
M - 19	7,705.34 g	8,450.00 g	7,460.00 g	990.00 kg	13.27%	4.04
M - 20	7,986.35 g	8,420.00 g	7,580.00 g	840.00 kg	11.08%	2.07
PROMEDIO					11.13%	2.64


INGPROY C y C
 Noé A. Benavente Salas
 REPRESENTANTE LEGAL
 RUC 20610358244


 Alvaro Caszely Salas Huarac
 INGENIERO CIVIL
 C.R.P. 98251

ANEXO 8

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PyS EQUIPOS	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LABORATORIO	
LABORATORIO DE MASA LM-2927-2025		Página 1 de 3
Solicitante	CONSORCIO VIAL JOSÉ GÁLVEZ	
Dirección	AV. BENAVIDES NRO. 457 DPTO. 804D URB. EL LEURO LIMA - LIMA - MIRAFLORES	
Equipo	BALANZA	
Marca	OHAUS	
Modelo	NV622ZH	
Serie	8347681678	
Procedencia	CHINA	
Capacidad Máxima	620 g	
División De Escala	0.01 g	
Divis. De Verificación	0.01 g	
Clase	II	
Tipo	Electrónico	
Capacidad Mínima	0.2 g	
Variación de ΔT Local	1 °C	
Identificación	N/I	
Fecha de calibración	2025-06-11	
Lugar	Laboratorio de masa de PYS EQUIPOS E.I.R.L.	
Método utilizado	Método de comparación según el PC-018-2da edición, junio 2009 "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermicos con aire como medio termóstático" publicada por el snim/INDECOPI.	
Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.		
Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.		
P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.		
Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).		
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.		
		
Revisado y firmado digitalmente por: Eler Pozo S. Dpto. Metrología		Calibrado y firmado digitalmente por: Julio Coronado R. Dpto. Metrología
● Calle 4, Mz F111.05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31 ● 945 183 033 / 945 183 317 / 970 055 989 ● apozos@pys.pe / metrologia@pys.pe / ventas@pys.pe ● www.pys.pe		"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L." PyS EQUIPOS



Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón utilizado	Cert. De Calibración
Patrones de referencia DSI PERU AUTOMATION E.I.R.L.	Juego de pesas de 1g a 2kg	M-0025-2025
Patrones de referencia METROIL	Termohigrómetro digital con incertidumbres 0.3°C / 2.8%	1AT-1252-2025

Inspección visual

Resultados de medición

Ajuste de cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22.5	22.4
Humedad Relativa (%)	71	71

Medición Nº	Carga L1 300 g			Medición Nº	Carga L2 600 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.01	0.00	1	600.00	0.01	0.00
2	300.01	0.01	0.01	2	600.00	0.01	0.00
3	300.00	0.01	0.00	3	600.00	0.01	0.00
4	300.00	0.01	0.00	4	600.00	0.01	0.00
5	300.01	0.01	0.01	5	599.99	0.00	-0.01
6	300.00	0.01	0.00	6	600.00	0.01	0.00
7	300.00	0.01	0.00	7	600.00	0.01	0.00
8	300.00	0.01	0.00	8	599.99	0.00	-0.01
9	300.00	0.01	0.00	9	600.00	0.01	0.00
10	300.00	0.01	0.00	10	600.00	0.01	0.00
Diferencia Máxima			0.0	Diferencia Máxima			0.0
E.M.P.			0.0	E.M.P.			0.0



Ensayo De Excentricidad

2	5
1	
3	4

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22.4	22.4
Humedad Relativa (%)	71	70

N°	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (g)
	Carga Minima	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	(g)	0.09	0.00	-0.01	200	199.99	0.01	-0.01	0.00	0.02
2	0.1	0.09	0.00	-0.01		200.00	0.01	0.00	0.01	0.02
3		0.09	0.01	-0.01		200.00	0.01	0.00	0.01	0.02
4		0.09	0.01	-0.01		199.99	0.00	-0.01	0.00	0.02
5		0.09	0.00	-0.01		200.00	0.01	0.00	0.01	0.02

Ensayo De Pesaje

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22.4	22.6
Humedad Relativa (%)	70	70

N°	Carga L (g)	Crecientes				Decreciente				E. M. P. ± (g)
		I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	0.10	0.09	0.00	-0.01						0.01
2	0.20	0.19	0.00	-0.01	0.00	0.19	0.00	-0.01	0.00	0.01
3	1.00	0.99	0.01	-0.01	0.00	0.99	0.01	-0.01	0.00	0.01
4	10.00	9.99	0.01	-0.01	0.00	9.99	0.01	-0.01	0.00	0.01
5	20.00	19.99	0.00	-0.01	0.00	19.99	0.00	-0.01	0.00	0.01
6	50.00	49.99	0.01	-0.01	0.00	49.99	0.01	-0.01	0.00	0.01
7	100.00	99.99	0.01	-0.01	0.00	99.99	0.01	-0.01	0.00	0.02
8	150.00	149.99	0.01	-0.01	0.00	149.99	0.01	-0.01	0.00	0.02
9	200.00	200.00	0.01	0.00	0.01	199.99	0.01	-0.01	0.00	0.02
10	400.00	399.99	0.01	-0.01	0.00	399.99	0.01	-0.01	0.00	0.03
11	600.00	600.00	0.01	0.00	0.01	600.00	0.01	0.00	0.01	0.03

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga adicional

Eo : Error en cero

R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

E : Error del instrumento

Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\begin{aligned} \text{Lectura corregida} &= R - 0,00000278 \times R \\ \text{Incertidumbre expandida} &= 2 \times \sqrt{0,000031g^2 + 0,0000000071 \times R^2} \end{aligned}$$

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de

FIN DEL DOCUMENTO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AT-1252-2025



Expediente N° 1A34487
Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2025-05-05

1. Solicitante : P Y S EQUIPOS E.I.R.L.
2. Dirección : CALLE 4, MZ F1 LT 05 URB. VIRGEN DEL ROSARIO - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA
3. Instrumento calibrado : MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (TERMOHIGRÓMETRO)
- Marca / Fabricante : AMARELL
- Identificación : E915006 (*)
- Serie : 121220
- Modelo : No indica
- Intervalo de indicación : IN: 0 °C a 50 °C / OUT: -50 °C a 70 °C
20 % H.R. a 99 % H.R.
- Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
1 % H.R.
- Procedencia : No indica
- Ubicación : No indica
4. Lugar de calibración : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C. - Sede Lima
5. Fecha de calibración : Del 2025-05-03 al 2025-05-05
6. Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002: Procedimiento de calibración de medidores de Humedad y/o Temperatura Rev. 00: 2017 METROIL (Basado en "A Guide to the Measurement of Humidity" NPL-Published 1996, Validado - Modificado - Aplicado fuera del alcance)

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DNI, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-479	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 2,1 % H.R. a 2,3 % H.R.	1AT-0797-2025 / METROIL S.A.C.
IT-480	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 2,1 % H.R. a 2,3 % H.R.	1AT-0798-2025 / METROIL S.A.C.
IT-595	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,029 °C a 0,046 °C	1AT-4705-2024 / METROIL S.A.C.
IT-596	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,029 °C a 0,046 °C	1AT-4706-2024 / METROIL S.A.C.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.



Firmado digitalmente por: LUIS DAVID CALVO CAUTANA
Número de Certificación: 1252-2025
Fecha: 2025-05-05 10:40:57

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú. E-mail: ventas@metroil.pe. Atención al Cliente: 975 183 739
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: unidadmovil1@metroil.com.pe. Atención al Cliente: 999 048 181
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Pucallpa, Arequipa. E-mail: ventasarequipa@metroil.pe. Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 607 843
Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5656. Consulta Técnica: 975 432 445 / 965 403 256. Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 001



INACAL
DA – Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° 1AT-1253-2025

Página 2 de 2

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 20,6 °C Final : 21,9 °C
Humedad relativa : Inicial : 58,7 % H.R. Final : 62,6 % H.R.

9. Resultados

PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
16,1	-1,10	15,00	0,23
21,0	-1,00	20,00	0,20
30,7	-0,70	30,00	0,29

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
34	1,0	35,0	2,8
49	1,0	50,0	2,8
91	-1,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° 1A/MA-50211.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: unidadmovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 607-943
Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 Consulta Técnica: 975 432 445 / 965 403 256 Web: www.metroil.com.pe



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-677-2025

Página : 1 de 2

Expediente : T 275-2025
Fecha de emisión : 2025-05-28

1. Solicitante : SALAS HUARAC MARCOS CASZELY

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.

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : PYS EQUIPOS
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 1906010
Capacidad de Prensa : 2000 kN

Marca de indicador : ZHE
Modelo de indicador : LM-02
Serie de indicador : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

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 Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. TINGO MARÍA NRO. 129 - AMARILIS - HUÁNUCO
27 de mayo de 2025

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 079-25	PUCP
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,6	25,4
Humedad %	53	54

7. Observaciones

Los resultados se muestran en la siguiente página del presente documento.

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.



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



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-677-2025

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLO Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,76	100,58	-0,76	-0,58	100,67	-0,67	0,18
200	200,64	200,79	-0,32	-0,39	200,72	-0,38	-0,07
300	300,92	301,02	-0,31	-0,34	300,97	-0,32	-0,03
400	400,70	400,86	-0,17	-0,22	400,78	-0,19	-0,04
500	500,67	500,79	-0,17	-0,16	500,83	-0,17	0,02
600	600,27	600,11	-0,04	-0,02	600,19	-0,03	0,03
700	700,59	700,71	-0,08	-0,10	700,65	-0,09	-0,02
800	799,98	800,05	0,00	-0,01	800,01	0,00	-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 : $R^2 = 1$

$$\text{Ecuación de ajuste} : y = 1,0009x - 0,9898$$

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

GRÁFICO N° 1

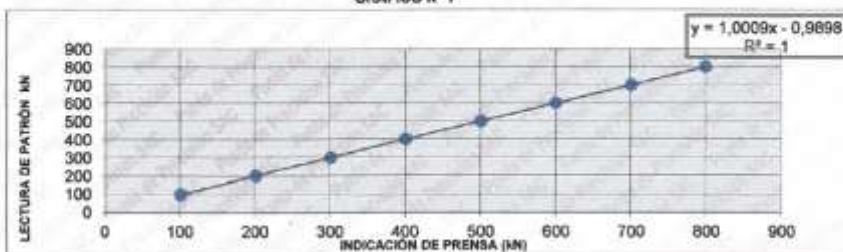
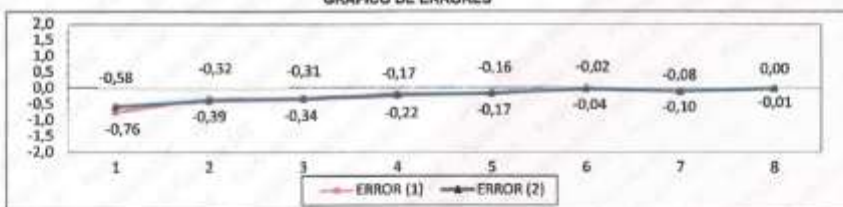


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. (01) 698-9620 - 997131833
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.