



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---

**TESIS**

**Evaluación de la resistencia a la compresión diagonal en muros  
portantes y no portantes de ladrillo afectado por cortes realizados para  
instalaciones de tuberías eléctricas y/o sanitarias**

---

**Para optar el título profesional de  
Ingeniero Civil**

**Autores**

**Bach. Saldaña Oblitas, Michel**

**Bach. Pizarro Flores , Victor Daniel**

**Asesor**

**Msc. Ing. Borja Suarez, Manuel Alejandro**

**Lambayeque, 2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---

**TESIS**

**Evaluación de la resistencia a la compresión diagonal en muros  
portantes y no portantes de ladrillo afectado por cortes realizados para  
instalaciones de tuberías eléctricas y/o sanitarias**

---

**Aprobada por los miembros del jurado:**

**Dr. Ing. Mondragon Castañeda, Carlos Ernesto  
Presidente**

**Ing. Martinez Santos, Jorge  
Secretario**

**MS. Ing. Serrano Zelada, Ovidio  
Vocal**

**Lambayeque, 2025**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

---

**TESIS**

**Evaluación de la resistencia a la compresión diagonal en muros  
portantes y no portantes de ladrillo afectado por cortes realizados para  
instalaciones de tuberías eléctricas y/o sanitarias**

---

**Elaborada por:**

**Bach. Saldaña Oblitas, Michel  
Autor**

**Bach. Pizarro Flores , Victor Daniel  
Autor**

**Msc. Ing. Borja Suarez, Manuel Alejandro  
Asesor**

**Lambayeque, 2025**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN  
 N° 312-2025-UI-FICSA**

Siendo las 12:00 pm del día 12 de diciembre del 2025, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS PORTANTES Y NO PORTANTES DE LADRILLO AFECTADO POR CORTES REALIZADOS PARA INSTALACIONES DE TUBERÍAS ELÉCTRICAS Y/O SANITARIAS", con código IC\_V\_2024\_040, y designado por Resolución Decanal N°514-2024-UNPRG-FICSA con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionado, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGON CASTAÑEDA  
 ING. JORGE LUIS MARTINEZ SANTOS  
 MSC. ING. OVIDIO SERRANO ZELADA

PRESIDENTE  
 SECRETARIO  
 VOCAL

Asesorado por MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ.

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 284-2025-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: MICHEL SALDAÑA OBLITAS Y VICTOR DANIEL PIZARRO FLORES, tuvo una duración de 90 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
MICHEL SALDAÑA OBLITAS	<u>N</u>	<u>Quince</u>	<u>Regular</u>
VICTOR DANIEL PIZARRO FLORES	<u>N</u>	<u>Quince</u>	<u>Regular</u>

Por lo que queda APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:30; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGON CASTAÑEDA  
 PRESIDENTE

ING. JORGE LUIS MARTINEZ SANTOS  
 SECRETARIO

MSC. ING. OVIDIO SERRANO ZELADA  
 VOCAL

MSC. ING. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ  
 ASESOR



## CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro, usuario revisor de Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional  y/o Trabajo Académico

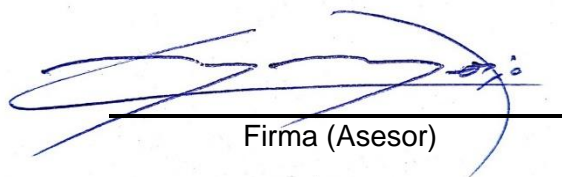
Titulado: "**Evaluación de la Resistencia a la Compresión Diagonal en Muros Portantes y No Portantes de Ladrillo Afectado por Cortes Realizados para Instalaciones de Tuberías Eléctricas y/o Sanitarias**"

Cuyos autores son: Saldaña Oblitas Michel; con DNI N° 71071508 y Pizarro Flores Victor Daniel; con DNI N° 75669757, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud del 12 %, verificables en el Resumen del Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 23 de abril del 2026



Firma (Asesor)

Msc. Ing. Borja Suarez, Manuel Alejandro

DNI: 16690047

Defina la modalidad con (X)

Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo Digital

# Evaluación de la Resistencia a la Compresión Diagonal en Muros Portantes y No Portantes de Ladrillo Afectado por Cortes Realizados para Instalaciones de Tuberías Eléctricas y/o Sanitarias.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>12%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	
<b>10</b>	<b>Submitted to Universidad Científica del Sur</b> Trabajo del estudiante	

  
Asesor  
Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro  
DNI: 16690047

11	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
12	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
16	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Luza Ponce, Lady Di Marillac. "Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada bajo cargas gravitacionales y laterales cíclicas", Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru), 2025 Publicación	<1 %
20	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	

  
 Asesor  
 Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro  
 DNI: 16690047

23	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	Jan Kubica, Arkadiusz Kwiecień, Łukasz Bednarz. "Brick and Block Masonry - From Historical to Sustainable Masonry", CRC Press, 2020 Publicación	<1 %
25	<a href="http://repositorio.ucsm.edu.pe">repositorio.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
28	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
31	"Structural Analysis of Historical Constructions", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publicación	<1 %
32	<a href="http://idoc.tips">idoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

  
 Asesor  
 Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro  
 DNI: 16690047

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo



Asesor  
Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro  
DNI: 16690047



## Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Michel Saldaña Oblitas  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Evaluación de la Resistencia a la Compresión Diagonal en Mur...  
Nombre del archivo: SALDA\_A\_Y\_PIZARRO\_-\_TESIS\_3.pdf  
Tamaño del archivo: 6.11M  
Total páginas: 148  
Total de palabras: 17,019  
Total de caracteres: 85,162  
Fecha de entrega: 14-may-2026 11:16p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2961659377



  
Asesor  
Msc. Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro  
DNI: 16690047

## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue analizar las variaciones en la resistencia a la compresión diagonal de muros de albañilería portantes y no portantes, comparando un muro sin cortes (considerado como muro patrón) con otros que presentaban distintos tipos de cortes vinculados a la instalación de sistemas eléctricos y sanitarios, conforme a los lineamientos de la Norma E.070. Para dicho análisis, se utilizaron especímenes prismáticos de albañilería como unidades de ensayo.

Los especímenes se construyeron con unidades de albañilería tipo King Kong de 18 Huecos (TIPO III y TIPO IV), fabricadas industrialmente y asentadas con mortero en proporción 1:4 (cemento/arena). En la preparación del mortero se emplearon agregados procedentes de la cantera La Victoria, ubicada en Pátapo, junto con cemento Portland tipo I y agua potable.

Además, se realizaron pruebas físico-mecánicas tanto a los agregados como a las unidades de albañilería de arcilla utilizadas, materiales de alta demanda en el mercado de la región Lambayeque.

Para la ejecución del ensayo de compresión diagonal, se elaboraron 36 muretes de forma cuadrada con dimensiones aproximadas de 61,5 cm por lado, 30 con unidades de albañilería de TIPO III y 6 con unidades de albañilería de TIPO IV. Se produjeron tres especímenes para cada tipo de patrón de corte y tres adicionales para el muro sin cortes, conformando un total de 12 grupos (10 con cortes y 2 sin corte). Asimismo, se moldearon probetas cúbicas de 5 cm por lado para el ensayo de resistencia a compresión del mortero.

Todos los ensayos se efectuaron a los 28 días, de acuerdo con los requisitos de la Norma E.070 de albañilería, complementada por las Normas Técnicas Peruanas NTP 399.605, NTP 399.621, NTP 331.017 y NTP 399.613.

Los resultados obtenidos revelaron hallazgos significativos, destacando que la resistencia a compresión diagonal del muro sin cortes se ve reducida de manera considerable cuando se incorporan aberturas o ranuras destinadas a instalaciones. Las pérdidas porcentuales registradas en el lote I (Unidad de albañilería TIPO III ) fueron: PC I = 15%, PC II = 17%, PC III = 12%, PC IV = 39%, PC V = 35%, PC VI = 26%, PC VII = 22%, PC VIII = 34% y PC IX = 27% y en el lote II ( Unidad de albañilería TIPO IV) en el cual se ensayó el PC IV 27%. Estos valores muestran que la presencia de cortes puede reducir la resistencia significativamente, confirmando así la hipótesis planteada: “los diferentes patrones de corte empleados para la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias afectan significativamente la resistencia a la compresión diagonal de los muros de albañilería”, logrando observar que la mayor disminución de la resistencia de los muros es cuando hay presencia de cortes verticales y horizontales en el mismo muro, como se aprecia en los muros de patrones de corte: PC IV, PC V, PC VIII.

**Palabras clave:** Muros portantes, Muros no portantes, Ensayo de resistencia a la compresión diagonal, Muros de albañilería, Unidades de albañilería.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to analyze variations in the diagonal compressive strength of load-bearing and non-load-bearing masonry walls, comparing a wall without cuts (considered as a standard wall) with others that had different types of cuts related to the installation of electrical and sanitary systems, in accordance with the guidelines of Technical Standard E.070. For this analysis, prismatic masonry specimens were used as test units.

The specimens were constructed with 18-hole King Kong masonry units (TYPE III and TYPE IV), manufactured industrially and laid with mortar in a 1:4 ratio (cement/sand). Aggregates from the La Victoria quarry, located in Pátapo, were used in the preparation of the mortar, together with Portland cement type I and drinking water.

In addition, physical-mechanical tests were carried out on both the aggregates and the clay masonry units used, which are materials in high demand in the Lambayeque region market.

To perform the diagonal compression test, 36 square walls were built with approximate dimensions of 61.5 cm per side, 30 with TYPE III masonry units and 6 with TYPE IV masonry units. Three specimens were produced for each type of cut pattern and three additional specimens for the wall without cuts, making a total of 12 groups (10 with cuts and 2 without cuts). Likewise, cubic test specimens measuring 5 cm per side were molded to test the compressive strength of the mortar.

All tests were carried out after 28 days, in accordance with the requirements of Standard E.070 on masonry, supplemented by Peruvian Technical Standards NTP 399.605, NTP 399.621, NTP 331.017, and NTP 399.613.

The results obtained revealed significant findings, highlighting that the diagonal compressive strength of the wall without cuts is considerably reduced when openings or slots for installations are incorporated. The percentage losses recorded in batch I (TYPE III masonry unit)

were: PC I = 15%, PC II = 17%, PC III = 12%, PC IV = 39%, PC V = 35%, PC VI = 26%, PC VII = 22%, PC VIII = 34%, and PC IX = 27%. In batch II (TYPE IV masonry unit), PC IV was tested at 27%. These values show that the presence of cuts can significantly reduce strength, thus confirming the hypothesis that “the different cutting patterns used for the installation of electrical and/or sanitary pipes significantly affect the diagonal compressive strength of masonry walls,” observing that the greatest decrease in wall strength occurs when there are vertical and horizontal cuts in the same wall, as can be seen in the walls with cutting patterns: PC IV, PC V, PC VIII.

**Keywords:** Load bearing walls, Non load bearing walls, Diagonal compression test, Masonry walls, Masonry units.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
I. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES .....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Hipótesis .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.5. Justificación de la Investigación .....	4
1.6. Alcances y Limitaciones .....	5
1.7. Variables .....	5
II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	7
2.2. Bases Teóricas .....	7
2.3. Enfoque de la Investigación .....	35
2.4. Nivel de la Investigación .....	35
2.5. Población y Muestra .....	35
2.5.1. Población: .....	35
2.5.2. Muestra: .....	35
2.6. Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos .....	38
2.6.1. Análisis Granulométrico de Agregado Fino .....	38
2.6.2. Ensayos Unidades de Albañilería – Lote I (MUROS NO PORTANTES) .....	46
2.6.1. Ensayos Unidades de Albañilería – Lote II (MUROS PORTANTES) .....	77

2.6.2.	Resistencia a la compresión de mortero.....	100
2.6.3.	Resistencia a la compresión diagonal en muros (PORTANTES Y NO PORTANTES)	
	105	
2.7.	Tipo de Falla en Muretes portantes y no portantes ensayados.....	110
III.	RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	116
3.1.	Resultados.....	116
3.2.	Análisis Estadístico.....	123
	CONCLUSIONES.....	125
	RECOMENDACIONES.....	126
	BIBLIOGRAFÍA.....	127
	ANEXOS.....	128

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación se centra en analizar el efecto que producen los cortes realizados en muros de albañilería portantes y no portantes destinados a la instalación de sistemas eléctricos y sanitarios. Dichos cortes, comúnmente efectuados sin la adecuada supervisión técnica o sin seguir los criterios establecidos en la normativa vigente, pueden comprometer la integridad estructural de la tabiquería, provocando una disminución significativa en la resistencia de los muros que conforman el sistema constructivo.

En el desarrollo de esta tesis, se evaluó el comportamiento mecánico de muretes de albañilería sometidos a cargas de compresión diagonal, comparando muros sin intervenciones (muros de control) con otros que presentaban distintos patrones de corte característicos de las modificaciones realizadas para instalaciones eléctricas y sanitarias. Para ello, se emplearon unidades de albañilería tipo King Kong de 18 huecos (TIPO III y TIPO IV) y se elaboraron especímenes prismáticos conforme a las especificaciones de la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería, complementada por las normas NTP 399.605 y NTP 399.621.

El objetivo general del estudio fue determinar cómo varía la resistencia a la compresión diagonal en los muros de albañilería portantes y no portantes en función de los diferentes patrones de corte aplicados, con el propósito de ofrecer fundamentos técnicos que contribuyan a optimizar las prácticas constructivas y asegurar la estabilidad estructural en edificaciones

## **I. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad generar evidencia técnica que contribuya al fortalecimiento del conocimiento en el campo de la albañilería estructural., abordando una problemática puntual vinculada con las prácticas constructivas en el departamento de Lambayeque en donde se observó irregularidades mediante visitas a diferentes zonas de la región entre las cuales tenemos: distrito de Lambayeque, urbanización los portales en Lambayeque, urbanización la ensenada en Pimentel, urbanización los sauces en Pimentel, distrito de Illimo, distrito de Túcume, distrito la Victoria. En estas construcciones se observó que utilizan unidades de albañilería no adecuadas para el sistema constructivo elegido, como es el caso de utilización de ladrillo pandereta (unidades tubulares) o ladrillo tipo III y IV, generando una resistencia menor a la requerida para esos muros, además, en estos muros realizan cortes o ranuras para la instalación de tuberías eléctricas y sanitarias bajando aún más la resistencia de los muros.

Estas prácticas se pueden dar por diversas razones como falta de profesionales en la construcción, desinformación de sistemas de albañilería portantes y no portantes, ausencia de mano calificada, malas prácticas en instalaciones de tuberías eléctricas y/o sanitarias, entre otros. En este contexto, se formula la siguiente pregunta central: ¿Qué impacto tienen los diferentes patrones de cortes realizados en los muros de albañilería para la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias sobre su resistencia a la compresión diagonal?

Esta interrogante orienta el estudio hacia dos ejes principales:

Examinar cómo cambia la resistencia a la compresión diagonal en muros que presentan diferentes patrones de corte, en comparación con aquellos que no han sido intervenidos con cortes.

- a. Examinar el modo de falla que presentan los muros al ser sometidos a esfuerzos de carga.

La albañilería tradicional está compuesta por unidades de ladrillo unidas mediante mortero, característica que le otorga una alta resistencia a la compresión, dependiente principalmente de las propiedades mecánicas de las unidades utilizadas. En contraposición, su resistencia a la tracción es reducida y se encuentra estrechamente relacionada con la calidad de la adherencia entre el ladrillo y el mortero. Estas particularidades serán analizadas detalladamente en el planteamiento del problema de la presente investigación.

Ante la resistencia a la compresión que presentan los muros de albañilería, se debe seguir procedimientos constructivos adecuados con el objetivo de obtener muros que posean una resistencia igual o superior a las mínimas indicadas en la norma técnica E.070.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Qué efectos en la resistencia a la compresión diagonal causan los diversos patrones de cortes que se realizan en los muros de albañilería portantes y no portantes para la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias?

## **1.3. Hipótesis**

Los diversos patrones de corte realizados para la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias afectan significativamente la resistencia al corte diagonal en los muros de albañilería portantes y no portantes.

## **1.4. Objetivos**

Objetivo General

1. Evaluar la variación de la resistencia cortante por ensayo a compresión diagonal en muros de ladrillo portantes y no portantes con mortero, debido a cortes realizados para la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias.

## Objetivos Específicos

1. Evaluar la variación de la resistencia al corte de los muros portantes y no portantes por efecto de diferentes patrones de cortes que se hacen para las instalaciones eléctricas y/o sanitarias, con relación de mortero C/A: 1:4.
2. Evaluar la variación de la resistencia al corte de los muros portantes y no portantes por efecto de diferentes patrones de cortes que se hacen para las instalaciones eléctricas y/o sanitarias, con espesor de junta de  $e=1.5\text{cm}$ .
3. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas más representativas de las unidades de albañilería que componen los muros de albañilería.
4. Identificar el tipo de falla en muros ensayados a compresión diagonal, con cortes y sin cortes.
5. Realizar análisis estadístico de las resistencias a compresión diagonal de los muros portantes y no portantes sin cortes y con cortes para ver su relación entre ellos.

### **1.5. Justificación de la Investigación**

La presente investigación aporta al cuerpo de conocimientos existentes sobre el comportamiento mecánico de los muros de albañilería portantes y no portantes, centrándose específicamente en el impacto que generan los cortes realizados para instalaciones en la resistencia a la compresión diagonal.

Al realizar los ensayos, obtenemos resultados que nos permitirán cuantificar de manera exacta la variación de la resistencia a la compresión de diagonal de los muros portantes y no portantes y poder identificar cuanto es la variación de la resistencia de dichos muros, debido a los cortes realizados para la colocación de tuberías ya sean estas para uso eléctrico o sanitario.

Al identificar que patrones de corte afectan más la resistencia de los muros se tendrá que evitar esos cortes para no afectar de manera significativa la resistencia de los muros de albañilería, se puede lograr una mayor durabilidad y seguridad en las construcciones, lo cual puede traducirse en menores costos de mantenimiento y reparaciones a largo plazo.

### **1.6. Alcances y Limitaciones**

La presente investigación analizará el impacto que tienen los cortes realizados para las instalaciones eléctricas y/o sanitarias en la resistencia a la compresión diagonal de los muros portantes y no portantes, se desarrolló a partir de la elaboración de 36 muretes construidos en la UNPRG (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo) con unidades de albañilería TIPO III y TIPO IV, como representación a las construcciones de albañilería de la región Lambayeque. Cabe señalar que las propiedades de los materiales empleados tanto del mortero como de los ladrillos pueden presentar variaciones dependiendo del proveedor.

El estudio se limitó al uso exclusivo de ladrillos tipo King Kong de 18 huecos TIPO III y TIPO IV, asentados con mortero preparado en una proporción cemento/ arena de 1:4. El agregado fino utilizado provino de la cantera La Victoria, ubicada en el distrito de Pátapo, mientras que el cemento empleado correspondió al tipo I.

### **1.7. Variables**

Una variable se define como una característica, cualidad o propiedad observable que puede presentarse en diversos valores o condiciones, y que puede ser medida, evaluada o cuantificada en el marco de una investigación científica.

**Tabla 1***Cuadro de Variables.*

Variables	Indicador	Tipo de Variable
Propiedades mecánicas de muros portantes y no portantes	1. Resistencia a la compresión diagonal	Variables Dependientes
Muros cortados para la instalación de tuberías eléctricas y/sanitarias	1. Patrones de cortes realizados 2. Espesor de los cortes realizados (e=1")	Variables Independientes
Variables Intervinientes		
1. Tipo de ladrillo: King Kong 18 huecos TIPO III Y TIPO IV 2. Relación A/C: 1:4 3. Espesor de juntas (cm): 1.5 4. Tipo de cemento: Portland Tipo I		

*Nota.* Fuente: Los autores.

## II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Salinas y Llanque (2017) realizaron un estudio comparativo con el objetivo de analizar la influencia del espesor de las juntas de mortero, así como de distintas calidades del mismo, sobre el comportamiento de muretes de albañilería sometidos a compresión diagonal. Para ello, emplearon ladrillos tipo King Kong de 18 huecos, fabricados en el distrito de San Jerónimo, Cusco. Los resultados evidenciaron que la resistencia a compresión diagonal disminuye conforme aumenta el espesor de la junta, mientras que se incrementa cuando mejoran las propiedades físico-mecánicas del mortero y las características de las unidades de albañilería.

### 2.2. Bases Teóricas

#### Albañilería o Mampostería

La albañilería, también denominada mampostería, constituye un sistema estructural de construcción compuesto por unidades modulares dispuestas unas sobre otras, unidas mediante mortero o integradas posteriormente con la aplicación de concreto fluido. Esta conceptualización está establecida en la Norma E.070.

#### Tipos de Albañilería

##### a. Según su Función Estructural

**Muros Portantes.** Son elementos estructurales diseñados para resistir y transmitir cargas verticales y horizontales desde los niveles superiores hacia los inferiores y finalmente hacia la cimentación. Constituyen el sistema resistente principal en edificaciones de albañilería y deben garantizar continuidad vertical sin interrupciones estructurales (Norma E.070 Albañilería, 2020).

Para que un muro portante desempeñe correctamente su función estructural, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Presentar una sección transversal preferiblemente simétrica.
- b. Mantener continuidad vertical desde la parte superior hasta la cimentación.
- c. Tener una longitud mínima de 1,20 metros para ser considerado elemento resistente frente a cargas horizontales.
- d. Conservar longitudes equivalentes en las dos direcciones principales del edificio.
- e. Incorporar juntas de control en zonas estratégicas que permitan mitigar los efectos de contracción, dilatación o asentamientos diferenciales. Estas deben colocarse en:
  - Cambios de espesor del muro.
  - Coincidencia con juntas de control existentes en cimentaciones, losas y cubiertas.
  - Las distancias máximas entre juntas de control varían según el tipo de unidad empleada:
    - 8 m para muros contruidos con unidades de concreto.
    - 16 m para muros de unidades de arcilla.
    - 24 m para muros con unidades silicio-calcáreas.
  - Asimismo, los muros portantes deben contar con refuerzos adecuados que les permitan resistir esfuerzos perpendiculares a su plano.

**Muros no Portantes.** Son aquellos que no tienen una función estructural relevante, ya que únicamente soportan su propio peso y las cargas horizontales aplicadas perpendicularmente a su superficie. Generalmente se emplean en elementos secundarios, como parapetos o cerramientos (Norma E.070 Albañilería, 2020)

## **Unidades de Albañilería**

De acuerdo con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las unidades de albañilería se clasifican en función de sus dimensiones y peso. Se denomina ladrillo a aquella unidad que puede ser manipulada con una sola mano, mientras que el bloque corresponde a unidades de mayor tamaño o peso que requieren ambas manos para su colocación.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas o tubulares, y su fabricación puede realizarse de manera artesanal o industrial, dependiendo del nivel de control tecnológico y de calidad aplicado en el proceso productivo.

En la práctica constructiva, la elección del tipo de unidad de albañilería no solo depende de su tamaño o forma, sino también de las exigencias estructurales y las condiciones del entorno donde será utilizada. Por ejemplo, en zonas sísmicas es fundamental priorizar unidades que ofrezcan un buen comportamiento mecánico y una adecuada adherencia con el mortero, ya que esto influye directamente en la estabilidad del muro. Asimismo, el nivel de control en su fabricación cobra especial relevancia, debido a que unidades producidas bajo procesos más tecnificados suelen presentar mayor uniformidad en sus dimensiones y mejores propiedades resistentes, lo que finalmente se traduce en construcciones más seguras y duraderas.

## **Clasificación de las Unidades de Albañilería**

### **a. Por el Porcentaje de Huecos (% de Vacíos)**

**Unidades Sólidas.** Son aquellas cuya sección transversal, medida en un plano paralelo a la base de asentamiento, presenta un área sólida superior al 70% del área bruta total. Esta configuración permite reducir el peso de la pieza y optimizar su comportamiento en cuanto a aislamiento térmico y acústico, conforme a lo establecido en la norma E.070 .

En la práctica, este tipo de unidades es ampliamente utilizado en muros portantes, ya que ofrecen mayor resistencia y estabilidad frente a cargas. Su menor cantidad de vacíos permite una mejor distribución de esfuerzos, lo que las hace más confiables en zonas sísmicas. Además, suelen presentar un mejor desempeño estructural a largo plazo.

**Unidades Huecas.** Corresponden a las piezas cuya sección transversal, tomada en un plano paralelo a la superficie de asentamiento, posee un área sólida inferior al 70% del área bruta. Esta característica contribuye a disminuir el peso de la unidad y a mejorar su desempeño térmico y acústico (Norma E.070 Albañilería, 2020).

Estas unidades son bastante utilizadas cuando se busca reducir el peso propio de la estructura sin comprometer demasiado el desempeño del muro. Su diseño permite una construcción más ligera y rápida, aunque se debe tener cuidado en su uso estructural, ya que su resistencia es menor en comparación con las unidades sólidas.

**Unidades Tubulares.** También conocidas como panderetas, se distinguen por presentar vacíos u orificios dispuestos en dirección paralela a la superficie de asentamiento. Esta disposición influye directamente en su resistencia y comportamiento estructura (Norma E.070 Albañilería, 2020).

En obra, las unidades tubulares se emplean principalmente en elementos no estructurales, como tabiquería, debido a su menor capacidad resistente. Sin embargo, su configuración facilita el manejo y reduce costos, lo que las hace una opción práctica cuando no se requiere soportar cargas importantes.

## b. **Por el Material Elaborado**

**Unidades de Arcilla.** Los ladrillos de arcilla se producen a partir de dos tipos principales de materias primas: arcillas calcáreas y no calcáreas. Las arcillas calcáreas contienen aproximadamente un 15% de carbonato de calcio, lo que les da un color amarillento característico. En cambio, las arcillas no calcáreas están compuestas principalmente por silicato de alúmina y alrededor de un 5% de óxido de hierro, lo que les confiere un tono rojizo distintivo (San Bartolomé, Quiun, & Wilson , 2018).

Estas unidades son muy comunes en la construcción tradicional debido a su buena resistencia y comportamiento frente a condiciones ambientales. Además, ofrecen un adecuado aislamiento térmico y acústico, lo que contribuye al confort en las edificaciones. Su uso sigue siendo predominante por su disponibilidad y facilidad de fabricación.

**Unidades Silicio – Calcáreas.** Estas unidades se elaboran con una mezcla compuesta por aproximadamente 10% de cal hidratada normalizada y 90% de arena, la cual contiene cerca de 75% de sílice, dando como resultado piezas de color blanco grisáceo. En algunos casos se incorporan pigmentos para modificar su apariencia. Una de sus principales ventajas es que mantienen prácticamente estables sus dimensiones entre el estado fresco y el producto final. Sin embargo, su principal limitación es que presentan una superficie lisa y con poros muy cerrados, lo que reduce la adherencia con el mortero. Por ello, se han desarrollado versiones mejoradas con ranuras y perforaciones que favorecen la unión con el mortero (San Bartolomé, Quiun, & Wilson , 2018).

En la práctica, estas unidades destacan por su uniformidad dimensional, lo que facilita una colocación más precisa y ordenada en obra. No obstante, su menor adherencia con el mortero exige mayor cuidado durante la ejecución, especialmente en el control de juntas, para asegurar un buen comportamiento del muro.

**Unidades de Concreto.** Estos elementos, que pueden ser bloques o ladrillos fabricados de manera artesanal o industrial, se elaboran a partir de una mezcla de cemento, arena y confitillo (piedra chancada de 1/4"). Dependiendo de la proporción de sus componentes, es posible obtener unidades con distintos niveles de resistencia a la compresión, lo que permite su uso tanto en edificaciones de baja altura como en estructuras más exigentes que requieren mayor capacidad resistente (San Bartolomé, Quiun, & Wilson , 2018).

Estas unidades son muy versátiles y se adaptan a distintos tipos de proyectos, desde viviendas hasta edificaciones de mayor envergadura. Su principal ventaja radica en la posibilidad de controlar sus propiedades mediante el diseño de la mezcla, lo que permite obtener resistencias específicas según las necesidades del proyecto.

#### **Características de Aceptación de la Unidad Según el RNE-E070**

La Norma E.070 establece los requisitos mínimos que deben cumplir las unidades de albañilería para su uso en obras de edificación. Dichos lineamientos garantizan tanto la calidad del producto como su desempeño estructural. Los principales requisitos son los siguientes:

- a. Si los ensayos presentan una dispersión de resultados (coeficiente de variación) superior al 20% en unidades de fabricación industrial o mayor al 40% en las producidas artesanalmente, se deberá repetir la prueba. Si la dispersión persiste, el lote será declarado no conforme.
- b. La absorción máxima permitida es del 22% para unidades elaboradas con arcilla o materiales silicio-calcáreos, mientras que en las unidades de concreto no debe superar el 12%.
- c. Las piezas no deben contener materiales extraños o impurezas, como fragmentos de piedra, conchuelas o nódulos calcáreos, tanto en la superficie como en el interior.

- d. No se aceptarán unidades que presenten grietas, fisuras, fracturas u otros defectos que puedan afectar su durabilidad o capacidad resistente.
- e. En las unidades de arcilla, se exige una cocción uniforme, color homogéneo, ausencia de vitrificación y un sonido metálico claro al ser golpeadas con un objeto metálico.
- f. Además, las unidades de arcilla deben estar libres de manchas o vetas blancas derivadas de la presencia de sales u otras impurezas.

## **Propiedades Físicas de la Unidad de Albañilería**

Las propiedades físicas comprenden características observables y medibles sin modificar la estructura interna del material. Aunque no determinan por completo el comportamiento estructural, son esenciales para asegurar la calidad del producto. De acuerdo con el subartículo 5.5 de la Norma E.070, se deben considerar los siguientes aspectos:

- a. Variación dimensional: diferencia entre las dimensiones reales y las medidas nominales.
- b. Alabeo: deformación que impide el adecuado alineamiento entre las piezas.
- c. Succión: capacidad de la unidad para absorber agua en el contacto inicial.
- d. Absorción: cantidad total de agua que la pieza puede retener después de un tiempo determinado.
- e. Porcentaje de vacíos: proporción de espacios huecos respecto al área total de la sección transversal.

## **Las Propiedades Mecánicas de la Unidad de Albañilería**

- a. Las propiedades mecánicas describen la respuesta del material frente a la aplicación de cargas o esfuerzos externos. Según lo establecido en la E.070, los parámetros principales asociados a la resistencia del material son:
- b. Resistencia a la compresión ( $f'_b$ ): capacidad del material para soportar esfuerzos aplicados perpendicularmente a su superficie.
- c. Resistencia a la tracción: aptitud del material para resistir fuerzas que tienden a separarlo o estirarlo.

## Ensayos de las Unidades de Albañilería

### a. Ensayos Clasificatorios

Para determinar las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería, especialmente su resistencia, se realizan ensayos clasificatorios que permiten establecer su calidad estructural y su aptitud para el uso en obras.

#### a.1 Resistencia a la Compresión ( $f'b$ ).

El ensayo de resistencia a la compresión constituye uno de los principales indicadores para evaluar la capacidad portante de las unidades de albañilería. Este ensayo se realiza conforme a lo establecido en la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

La resistencia a la compresión ( $f'b$ ) se obtiene dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo entre el área bruta de la sección transversal de la unidad, determinando así su capacidad resistente individual.

$$fb = \frac{P}{A}$$

$fb$ : Resistencia a la compresión. (Kg/cm<sup>2</sup>)

P: Carga máxima registrada. (Kg)

A: Área de la sección transversal. (cm<sup>2</sup>)

El procedimiento se realiza utilizando unidades de albañilería secas y a temperatura ambiente, pudiendo emplearse piezas enteras o fraccionadas. En el presente estudio se usaron unidades completas, aplicándose un factor de corrección conforme a lo estipulado en la Norma Técnica Peruana NTP 399.613. Esta norma señala que, al utilizar unidades

enteras, se debe aplicar un coeficiente de correlación obtenido mediante ensayos experimentales, el cual se encuentra especificado en el Anexo A de dicha norma.

Antes de la prueba, las unidades fueron refrentadas para igualar sus superficies de apoyo, garantizando una adecuada distribución de la carga entre los platillos de la máquina de compresión y la pieza analizada.

Finalmente, la resistencia característica a la compresión ( $f'b$ ) se calcula restando la desviación estándar al promedio de los valores de resistencia obtenidos, expresándose mediante la siguiente ecuación:

$$f'b = \bar{fb} - \sigma$$

Donde:

$f'b$ : Resistencia característica a la compresión. (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\bar{fb}$ : Promedio de la resistencia a la compresión. (Kg)

$\sigma$ : Desviación estándar

Resistencia promedio a compresión

$$\bar{fb} = \frac{fb_1 + fb_2 + fb_3 + \dots + fb_n}{n}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'b_i - \bar{fb})^2}{n - 1}}$$

## **a.2 Variación Dimensional**

La verificación dimensional de las unidades se realiza según las normas técnicas peruanas NTP 399.604 y NTP 399.613, mediante la medición de las dimensiones de largo

(L), ancho (A) y altura (H), expresadas en milímetros. El largo y el ancho corresponden a la superficie de asentamiento de la unidad.

Para calcular la variación dimensional (V%), se emplea como referencia la dimensión nominal proporcionada por el fabricante ( $D_e$ ) y el promedio de las dimensiones obtenidas en las muestras ensayadas ( $D_p$ ), aplicando la siguiente ecuación:

$$(V\%) = \frac{D_e - D_p}{D_e} * 100$$

El valor  $D_p$  se calcula como el promedio de las mediciones en la parte media de cada cara del ladrillo:

$$h = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

### **a.3 Alabeo**

Este ensayo tiene como propósito determinar las deformaciones de tipo cóncavo o convexo presentes en las unidades de albañilería. Para ello, se coloca la pieza sobre una superficie perfectamente plana.

- En el caso de una superficie cóncava, se dispone una varilla recta de manera diagonal sobre la cara evaluada y, mediante una cuña graduada, se mide la mayor distancia existente entre la varilla y la superficie de la unidad.
- Si la superficie es convexa, la varilla se apoya entre los extremos del borde sobresaliente, registrándose con la cuña la máxima separación entre el borde del ladrillo y la varilla.

Este procedimiento permite verificar la regularidad geométrica de las unidades, lo cual es fundamental para garantizar su correcta adherencia y estabilidad dentro del muro durante la construcción.

En la práctica, el control del alabeo cobra especial importancia porque incluso pequeñas deformaciones pueden generar problemas durante el asentado de las unidades, como juntas irregulares o una distribución no uniforme del mortero. Esto no solo afecta la apariencia del muro, sino también su comportamiento estructural, ya que se pueden originar puntos débiles o concentraciones de esfuerzo. Por ello, verificar este aspecto desde etapas tempranas permite seleccionar unidades más uniformes y asegurar una mejor calidad en la ejecución de la albañilería, contribuyendo a la durabilidad y buen desempeño de la edificación.

## **b. Ensayos no Clasificatorios**

### **b.1 Succión (Absorción Inicial)**

La succión se define como la velocidad con la que una unidad de albañilería absorbe agua por su cara de asentamiento durante los primeros instantes de contacto. Este parámetro resulta fundamental para el proceso de colocación de los ladrillos, ya que asegura una adecuada adherencia entre el mortero y la unidad, lo cual repercute directamente en la resistencia a la tracción del conjunto estructural.

Una succión excesiva provoca que la unidad absorba rápidamente el agua del mortero, reduciendo su fluidez y acelerando su endurecimiento. Esto impide una correcta unión entre las piezas, generando juntas con baja resistencia mecánica y alta permeabilidad. De acuerdo con Gallegos y Casabonne (2005), esta condición afecta la calidad del enlace y compromete el comportamiento estructural de la mampostería.

El rango óptimo de succión para una unidad antes del asentado se encuentra entre 10 y 20 g/(200 cm<sup>2</sup>·min). Cuando estos valores se superan, el mortero pierde trabajabilidad debido a la absorción acelerada del agua. En condiciones normales, los ladrillos industriales de arcilla presentan una succión aproximada de 40 g/(200 cm<sup>2</sup>·min), mientras

que los artesanales pueden alcanzar los 80 g/(200 cm<sup>2</sup>·min), por lo que se recomienda prehumedecer o saturar las unidades antes de su uso (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

El cálculo de la succión se realiza mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{200 * W}{L * B}$$

Donde

*S*: Succión Normalizada a 200 cm<sup>2</sup>.

*W*: Peso húmedo - Peso seco.

*L*: Largo de la superficie de asiento.

*B*: Ancho de la superficie de asiento.

## **b.2 Absorción**

La absorción se refiere a la capacidad que tiene una unidad de albañilería para retener agua procedente del entorno. Cuando el porcentaje de absorción supera el 22%, esto refleja una alta porosidad del material, lo que reduce su resistencia ante la exposición ambiental y, por tanto, disminuye la durabilidad del ladrillo.

Este ensayo resulta esencial para determinar el nivel de porosidad de las unidades, ya que un mayor grado de absorción implica una mayor susceptibilidad a los agentes climáticos y una menor capacidad estructural.

De acuerdo con la Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las unidades de arcilla no deben superar una absorción del 22%.

En obra, este parámetro tiene implicancias directas en la calidad del asentado, ya que una unidad con alta absorción tiende a “chupar” rápidamente el agua del mortero, afectando su correcta hidratación y reduciendo la adherencia entre ambos materiales. Esto puede generar juntas débiles y, con el tiempo, fisuras o desprendimientos en el muro. Por esa razón, es común humedecer ligeramente los ladrillos antes de su colocación, especialmente en climas cálidos, con el fin de equilibrar la absorción y mejorar el comportamiento del conjunto. Controlar este aspecto no solo ayuda a cumplir con la normativa, sino que también asegura un mejor desempeño y mayor vida útil de la construcción.

### **b.3 Área de Huecos o Porcentaje vacíos**

El porcentaje de vacíos en una unidad de albañilería determina su clasificación estructural como sólida o hueca. Según la Norma E.070 una unidad se considera sólida cuando los orificios o perforaciones perpendiculares a la superficie de asentado no superan el 30% del área total de su sección bruta; si exceden este valor, se clasifica como hueca.

Aunque las perforaciones internas facilitan la cocción uniforme del ladrillo, un número excesivo de vacíos puede provocar fallas frágiles al someter la unidad a esfuerzos de compresión. Por esta razón, se sugiere que el porcentaje de vacíos no exceda el 30% de la cara de asentado, valor que habitualmente cumplen los ladrillos analizados.

El cálculo del porcentaje de vacíos se obtiene mediante la fórmula:

$$V(\%) = \frac{100 * V_v}{V_A}$$

Donde

$V(\%)$ : Porcentaje de vacíos.

$V_v$ : Volumen de arena.

$V_A$ : Volumen de ladrillo.

En términos prácticos, el control del porcentaje de vacíos resulta clave porque influye directamente en el comportamiento mecánico de la unidad y, en consecuencia, del muro en su conjunto. Unidades con demasiados vacíos pueden ser más livianas y fáciles de manipular, pero también tienden a ser menos resistentes y más susceptibles a agrietarse bajo carga. Por el contrario, aquellas con menor porcentaje de huecos suelen ofrecer una mayor capacidad portante y mejor desempeño estructural. Por ello, mantener un equilibrio adecuado entre peso, resistencia y funcionalidad permite optimizar tanto el proceso constructivo como la seguridad y durabilidad de la edificación.

### **Resistencia a la Compresión Diagonal en Muros Albañilería**

El ensayo de compresión diagonal se ejecuta de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 399.621, basada en la norma ASTM E519-2000. Este método experimental permite determinar la resistencia al corte de muretes de albañilería mediante la aplicación de una carga de compresión aplicada a lo largo de su diagonal.

Los especímenes empleados poseen dimensiones mínimas de 600 mm x 600 mm y están diseñados para reproducir las condiciones reales de carga que se presentan en muros estructurales. Al aplicar la carga, se genera una falla por tracción diagonal, evidenciada por la aparición de una fisura orientada paralelamente a la dirección de la carga, lo que permite determinar la capacidad del sistema frente a esfuerzos cortantes.

Este tipo de ensayo resulta esencial para estimar la resistencia al corte de la albañilería bajo condiciones reales de servicio, aportando información valiosa para el diseño estructural y la evaluación sísmica de edificaciones.

En la práctica, este ensayo permite tener una idea bastante cercana de cómo se comportará un muro frente a acciones sísmicas, ya que durante un sismo los esfuerzos de corte son los que más afectan a la albañilería. Por ello, no solo se evalúa la carga máxima que soporta el murete, sino también la forma en que se desarrolla la fisura y la interacción entre el ladrillo y el mortero. Estos aspectos ayudan a identificar si el sistema constructivo presenta una adecuada adherencia y si los materiales utilizados trabajan de manera conjunta. En consecuencia, los resultados obtenidos no solo sirven para validar el diseño estructural, sino también para mejorar las técnicas constructivas y prevenir fallas prematuras en la edificación.

#### **a. Equipos Utilizados en el Ensayo**

**Máquina de Ensayo.** El equipo debe poseer la capacidad necesaria para aplicar cargas de compresión y permitir un control preciso de la velocidad de carga. En el caso de muretes elaborados en laboratorio, la aplicación de la carga debe ser continua y uniforme, alcanzando el valor máximo en un tiempo comprendido entre 1 y 2 minutos. Para muretes obtenidos directamente de obra, este intervalo se amplía entre 2 y 4 minutos. Si al alcanzar la carga máxima no se identifica claramente el modo de falla, el procedimiento continuará hasta que dicha condición sea evidente, registrando tanto la carga como el tipo de falla observado.

**Escuadra de Carga.** Se emplean dos cabezales metálicos uno superior y otro inferior que garantizan la distribución homogénea de la carga sobre las esquinas del murete. Estas escuadras deben tener alas metálicas con un espesor equivalente al de una hilada del tabique y no sobrepasar las dimensiones de la unidad de albañilería, con un máximo permitido de 152 mm, conforme a lo estipulado por la norma técnica.

#### **b. Especímenes de Ensayo**

**Tamaño y Forma.** Los especímenes consisten en muretes de forma cuadrada con dimensiones mínimas de 600 mm x 600 mm, conformados por al menos dos unidades

completas por hilada y con un espesor correspondiente al tipo de muro en evaluación. La configuración y características deben cumplir con las disposiciones establecidas por la NTP 399.621.

**Número de Especímenes.** El ensayo debe realizarse sobre un mínimo de tres muretes iguales, elaborados con las mismas unidades de albañilería, el mismo tipo de mortero y por la misma cuadrilla de trabajo, asegurando así la uniformidad de las muestras.

**Mortero.** Para determinar la resistencia del mortero utilizado en los muretes, se moldean tres cubos de 50 mm por cada lote, los cuales deben curarse bajo las mismas condiciones que los especímenes y ensayarse conforme a la NTP 334.051, aplicable a unidades de arcilla.

**Unidades de Albañilería.** Las unidades deben ser muestreadas y ensayadas según la Normas NTP 339.613.

**Colocación de las escuadras de cargas.** Las escuadras metálicas superior e inferior deben posicionarse centradas en las caras de contacto del murete con la máquina de ensayo, asegurando una correcta distribución de la carga.

**Colocación del Especimen.** El murete debe ubicarse centrado y perfectamente vertical sobre una base de yeso que actúa como material de refrentado, asentada sobre la escuadra inferior. Si las unidades son perforadas, las áreas de contacto deben rellenarse previamente con mortero cemento-arena, garantizando una adecuada transmisión de la carga durante el ensayo.

### c. Cálculos

Esfuerzo cortante: El esfuerzo cortante en los muretes se determina considerando la carga aplicada a lo largo de la diagonal y dividiéndola entre el área bruta correspondiente a dicha diagonal cargada. La expresión utilizada es:

$$V_m = \frac{0.707 * P}{A_b}$$

Donde:

$V_m$ : Esfuerzo cortante sobre el área bruta, en Mpa

P: Carga aplicada en N

$A_b$ : Área bruta del espécimen, mm<sup>2</sup>

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

Donde:

$l$ : Largo del murete, en mm

$h$ : Altura del murete, en mm

$t$ : Espesor del murete, en mm

#### **d. Formas de falla**

La resistencia al corte puro en la albañilería y el modo de falla asociado dependen en gran medida del nivel de adherencia desarrollado en la interfaz unidad–mortero. A partir de los resultados obtenidos en los muretes de ensayo, es posible estimar tanto la resistencia a corte como el tipo de falla que podrían presentar los muros a escala real. En este sentido, cuando la adherencia es adecuada, la falla se presenta atravesando simultáneamente las unidades y el mortero, lo que permite alcanzar la máxima resistencia a cortante. Por el contrario, cuando la adherencia no es óptima, la falla tiende a desarrollarse de manera escalonada a lo largo de las juntas o en forma mixta, combinando el recorrido por las juntas con la rotura de las unidades (San Bartolomé, Quiun, & Wilson , 2018).

Asimismo, pueden identificarse otros modos de falla en los muretes, tales como el deslizamiento o corte por cizalle, el cual ocurre cuando la adherencia en la junta horizontal es insuficiente. Otro modo de falla corresponde a la trituración localizada de la unidad en la zona de contacto con el cabezal angular de la máquina de ensayo, fenómeno que se presenta con mayor frecuencia en unidades huecas. Para evitar este tipo de daño localizado, se recomienda rellenar previamente los alvéolos con mortero cemento–arena en proporción 1:3 en aquellas unidades que estarán en contacto directo con el equipo de ensayo (San Bartolomé, Quiun, & Wilson , 2018).

El modo de falla más habitual en los muretes sometidos a compresión diagonal es el corte o tracción diagonal, que se manifiesta de forma frágil luego de la aparición de la primera grieta. En el caso de unidades huecas, perforadas o de baja resistencia, también puede presentarse una falla por aplastamiento, originada por la acción de la compresión diagonal.

### **Requisitos de Resistencia Mínimos (Según la Normativa Vigente en Edificaciones)**

La resistencia mínima de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) debe determinarse de manera empírica, a través del uso de tablas normativas o registros históricos de ensayos, o mediante la realización de ensayos experimentales en prismas.

La elección del método de determinación depende de la importancia estructural de la edificación y de la zona sísmica en la que se ubique, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 7 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) – Norma E.070: Albañilería.

TABLA 7 MÉTODOS PARA DETERMINAR $f'_m$ y $v'_m$									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'_m)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

Cuando se ejecutan conjuntos de edificaciones, la verificación de la resistencia de la albañilería debe realizarse tanto antes como durante la construcción mediante ensayos de laboratorio. En la etapa previa se ensayan cinco especímenes. Durante la obra, el control de calidad se realiza bajo los siguientes criterios:

- a) Para edificaciones de hasta dos pisos en zonas sísmicas 2 y 3, la resistencia a compresión axial ( $f'_m$ ) se verifica mediante tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada, mientras que la resistencia al corte ( $v'_m$ ) se evalúa con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup>.
- b) Para edificaciones de tres o más pisos en zonas sísmicas 2 y 3,  $f'_m$  se controla con tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup>.

Los prismas empleados en los ensayos deberán mantenerse a una temperatura no inferior a 10 °C durante un período mínimo de 28 días. Sin embargo, es posible realizar las pruebas antes de dicho plazo, siempre que hayan transcurrido al menos 14 días, en cuyo caso la resistencia obtenida deberá ajustarse aplicando los factores de corrección establecidos en la Tabla 8 de la Norma E.070.

TABLA 8 INCREMENTO DE $f'_m$ y $v'_m$ POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

La resistencia característica de la albañilería, representada por  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes, se determina a partir del promedio de los resultados experimentales, restando una desviación estándar como criterio de seguridad estadística.

Para el cálculo de la resistencia individual de una pila, se divide la carga máxima de compresión entre el área bruta de su sección transversal, obteniéndose así el valor representativo de cada espécimen ensayado.

El valor de diseño de  $v'_m$  no debe exceder los siguientes límites:

$$0.319\sqrt{f'_m} \text{ en unidades de MPa } \text{ ó } \left( \sqrt{f'_m} \frac{kg}{cm^2} \right)$$

En los casos en que no se disponga de ensayos sobre prismas, se permite utilizar los valores referenciales establecidos en la Tabla 9 de la Norma E.070, los cuales corresponden a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 en unidades de arcilla, o con mezcla 1:½:4 en unidades fabricadas de sílice-cal o concreto.

Si se emplean otros tipos de unidades o proporciones de mezcla diferentes, será indispensable realizar los ensayos experimentales específicos que permitan determinar la resistencia real del material empleado.

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

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor  $f'_b$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f'_c = 13,72 \text{ MPa}$  (140 kg/cm<sup>2</sup>). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

En la práctica, estos requisitos no solo buscan obtener valores numéricos, sino asegurar que la albañilería realmente cumpla con un desempeño confiable en condiciones reales de servicio. Por eso, el control mediante ensayos permite detectar a tiempo posibles deficiencias en los materiales o en el proceso constructivo. Además, trabajar con valores característicos y no solo promedios introduce un margen de seguridad que resulta fundamental, especialmente en zonas sísmicas. De esta manera, se logra que el diseño no solo sea teóricamente adecuado, sino también seguro y consistente con lo que realmente se ejecuta en obra.

### Factores que Influyen en la Resistencia del muro.

**Relación C/A del Mortero.** Las proporciones volumétricas de los materiales que componen el mortero, en su estado suelto, deben ajustarse a las especificaciones indicadas en la Tabla 4 de la Norma E.070, con el propósito de mantener una relación cemento/agua (C/A) adecuada. Este equilibrio garantiza que la mezcla cumpla tanto con

las propiedades mecánicas como con la trabajabilidad necesarias para asegurar un correcto desempeño estructural de la albañilería.

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

Se admite el uso de morteros de diferente composición, incluyendo aquellos elaborados con cemento de albañilería o productos premezclados de origen industrial, siempre que los ensayos realizados sobre pilas y muretes evidencien valores de resistencia iguales o superiores a los exigidos en los planos estructurales (Norma E.070 Albañilería, 2020).

En los casos donde no se disponga de cal hidratada que cumpla con los requisitos de calidad especificados en las normas técnicas, este componente puede omitirse, elaborando el mortero únicamente con cemento y arena, respetando las proporciones establecidas en la Tabla 4 de la Norma E.070.

**Tipo de Calidad del Ladrillo.** En cuanto a la calidad de las unidades de albañilería, los ladrillos empleados con fines estructurales deben cumplir con las especificaciones técnicas estipuladas en la Tabla 1 de la Norma E.070, donde se clasifican según su resistencia, densidad y tipo de fabricación.

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

<sup>(1)</sup> Bloque usado en la construcción de muros portantes

<sup>(2)</sup> Bloque usado en la construcción de muros no portantes

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

### Limitaciones en su Aplicación

El uso de las unidades de albañilería se encuentra restringido por los criterios descritos en la tabla 2, los cuales varían según las propiedades físico-mecánicas del material y el tipo de elemento estructural en el que serán empleadas. Asimismo, resulta fundamental tener en cuenta la clasificación sísmica definida por la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente, ya que esta norma establece los parámetros estructurales y constructivos aplicables de acuerdo con el nivel de peligrosidad sísmica correspondiente a cada región del país.

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

*Nota.* Adaptada de NORMA E.070, 2020.

## **Método de Proceso Constructivo.**

De acuerdo con los lineamientos de la Norma E.070 – Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la construcción de muros debe desarrollarse siguiendo las etapas que se detallan a continuación:

1. Personal calificado: La ejecución de las labores de albañilería deberá estar a cargo de trabajadores con capacitación técnica adecuada, garantizando la correcta aplicación de los procedimientos constructivos.
2. Preparación de la base: La superficie de apoyo (losa o sobrecimiento) de la primera hilada debe acondicionarse para que presente textura rugosa, eliminar cualquier residuo o polvo, y humedecerse antes del asentado.
3. Preparación de las unidades: Las unidades deben encontrarse limpias, sin polvo ni agua superficial. Durante el asentado, se aplicará presión vertical, evitando movimientos laterales o inclinaciones.
4. Cumplimiento de especificaciones: Solo se emplearán unidades de albañilería que cumplan las exigencias técnicas establecidas en el numeral 5.3 de la Norma E.070.
5. Tipo de aparejo: Las unidades deben disponerse con traslape entre hiladas consecutivas, garantizando la correcta unión en los encuentros de muros.
6. Alineamiento y verticalidad: Los muros se construirán rectos y a plomo, asegurando su estabilidad estructural.
7. Juntas de mortero: Las juntas horizontales y verticales se rellenarán completamente con mortero para garantizar la adherencia entre las unidades. El espesor de las juntas será de 10 mm a 15 mm, o el doble de la tolerancia dimensional en la altura de la unidad más

4 mm, eligiéndose el valor mayor. Si se emplea refuerzo horizontal, la junta deberá tener al menos 6 mm adicionales al diámetro de la barra de acero utilizada.

8. Retemplado del mortero: Se permitirá un único retemplado del mortero para conservar su trabajabilidad, reponiendo solo el agua evaporada. Este proceso deberá realizarse antes del término del fraguado inicial del cemento.
9. Altura máxima por jornada: No se permitirá levantar más de 1,30 m de muro por jornada laboral. En el caso de unidades sólidas, la junta vertical de la primera hilada deberá completarse al iniciar la siguiente jornada.
10. Juntas de construcción: Antes de reiniciar el trabajo, las juntas deberán limpiarse de residuos sueltos y humedecerse adecuadamente.
11. Instalaciones empotradas: Las instalaciones eléctricas e hidráulicas se ejecutarán conforme a los numerales 2.6 y 2.7 del reglamento correspondiente.
12. Protección del muro: Se deberán implementar medidas preventivas que eviten la afectación del muro recién construido, resguardando su estabilidad y resistencia estructural.

En la práctica, más allá de seguir cada paso de forma aislada, lo realmente importante es entender que todo el proceso constructivo funciona como un sistema integrado, donde cada etapa influye directamente en la siguiente. Un pequeño descuido, como una mala preparación de la base o un incorrecto llenado de juntas, puede afectar significativamente el desempeño del muro en el tiempo. Por ello, la supervisión constante en obra y el compromiso del personal son fundamentales para asegurar que estos lineamientos se cumplan adecuadamente, logrando así una construcción más uniforme, segura y de mejor calidad.

## Requisitos generales según la Norma E.070

1. Las edificaciones de albañilería deben diseñarse mediante métodos racionales sustentados en principios de mecánica estructural y resistencia de materiales. En el análisis de esfuerzos deben considerarse las cargas muertas, cargas vivas, acciones sísmicas, viento, excentricidades, efectos torsionales, variaciones térmicas y asentamientos diferenciales, entre otros. El análisis sísmico debe cumplir con lo establecido en la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, además de las disposiciones específicas de la Norma E.070.
2. Los planos y especificaciones técnicas deben detallar la geometría y ubicación de los elementos estructurales, el acero de refuerzo, así como las instalaciones sanitarias y eléctricas dentro de los muros. También deben incluirse las previsiones por deformaciones diferidas, retracciones, cambios térmicos y asentamientos, además de las características de los materiales (unidad de albañilería, mortero, concreto y acero), las cargas de diseño, juntas de separación sísmica y toda información necesaria para garantizar una correcta ejecución y funcionamiento de la edificación.
3. Las instalaciones eléctricas y similares solo pueden alojarse en muros cuando los conductos no superen los 55 mm de diámetro. En estos casos, deben colocarse en cavidades previstas durante la construcción o en los alvéolos de las unidades, los cuales posteriormente se rellenarán con concreto. En todos los casos, las instalaciones deben disponerse en sentido vertical, quedando prohibido el picado o corte de los muros para su instalación.
4. Por otro lado, las instalaciones sanitarias y tuberías de diámetro mayor a 55 mm deben ubicarse fuera de los muros portantes, en falsas columnas o ductos específicos, o en muros no estructurales.

5. En cuanto al refuerzo estructural, deben emplearse barras de acero con comportamiento dúctil y una elongación mínima del 9%. Las cuantías de refuerzo indicadas en la norma están referidas a un esfuerzo de fluencia de  $f_y = 412MPa$  ( $4200 \frac{Kg}{cm^2}$ ), Para otros valores de fluencia, las cuantías deben ajustarse mediante los factores de corrección correspondientes  $412/f_y$  (en MPa) o  $4200/f_y$  (en kg/cm<sup>2</sup>)

En conjunto, estos requisitos no solo buscan cumplir con una normativa, sino garantizar que la edificación tenga un comportamiento seguro y predecible frente a distintas condiciones de carga, especialmente en un contexto sísmico como el nuestro. en la práctica, respetar estas disposiciones desde la etapa de diseño hasta la ejecución en obra permite reducir errores constructivos, optimizar el desempeño estructural y evitar intervenciones posteriores que puedan comprometer la integridad del sistema. por ello, la correcta interpretación y aplicación de la norma se convierte en un aspecto clave para lograr construcciones más seguras, funcionales y duraderas.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **2.3. Enfoque de la Investigación**

La investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, dado que implica la recopilación sistemática de datos numéricos y su posterior análisis estadístico, con el propósito de contrastar empíricamente la hipótesis formulada y dar respuesta objetiva a las interrogantes planteadas en el estudio.

### **2.4. Nivel de la Investigación**

Debido a que en la presente tesis hay manipulación de variables se clasifica como experimental. Se manipula la variable independiente para producir un efecto en la variable dependiente, para posteriormente medir este efecto antes y después de la intervención. En esta tesis se manipulo los diferentes patrones de cortes realizados en muros de albañilería portantes y no portantes para verificar su efecto y variación frente a los muros sin cortes. En específico es una tesis cuasi experimental.

### **2.5. Población y Muestra**

#### **2.5.1. Población:**

La población de estudio está constituida por el conjunto de muros de albañilería portantes y no portantes. Se define específicamente como aquellos muros que presentan cortes o modificaciones debido a la instalación de tuberías eléctricas y/o sanitarias, construidos en la región Lambayeque utilizando ladrillos tipo King Kong de 18 huecos TIPO III Y TIPO IV.

#### **2.5.2. Muestra:**

La muestra se conformó por 36 muros de albañilería portantes y no portantes construidos en laboratorio de la UNPRG, los cuales 30 muros presentan distintos patrones de corte destinados a la instalación de tuberías eléctricas y sanitarias, y 6 muros sin cortes (muros

patrones). Todos los especímenes fueron elaborados empleando ladrillos King Kong de 18 huecos (30 TIPO III y 6 TIPO IV) y utilizando un mortero con una relación cemento/arena (C/A) de 1:4.

El total de los 36 muros de albañilería se dividirá de la siguiente manera:

### **MUROS NO PORTANTES (LOTE I)**

1. **Muro normal** (3 unidades): Este no presentará ningún tipo de corte.
2. **Muros con cortes** (27 unidades): Estos presentarán 9 diferentes patrones de cortes.

### **MUROS PORTANTES (LOTE II)**

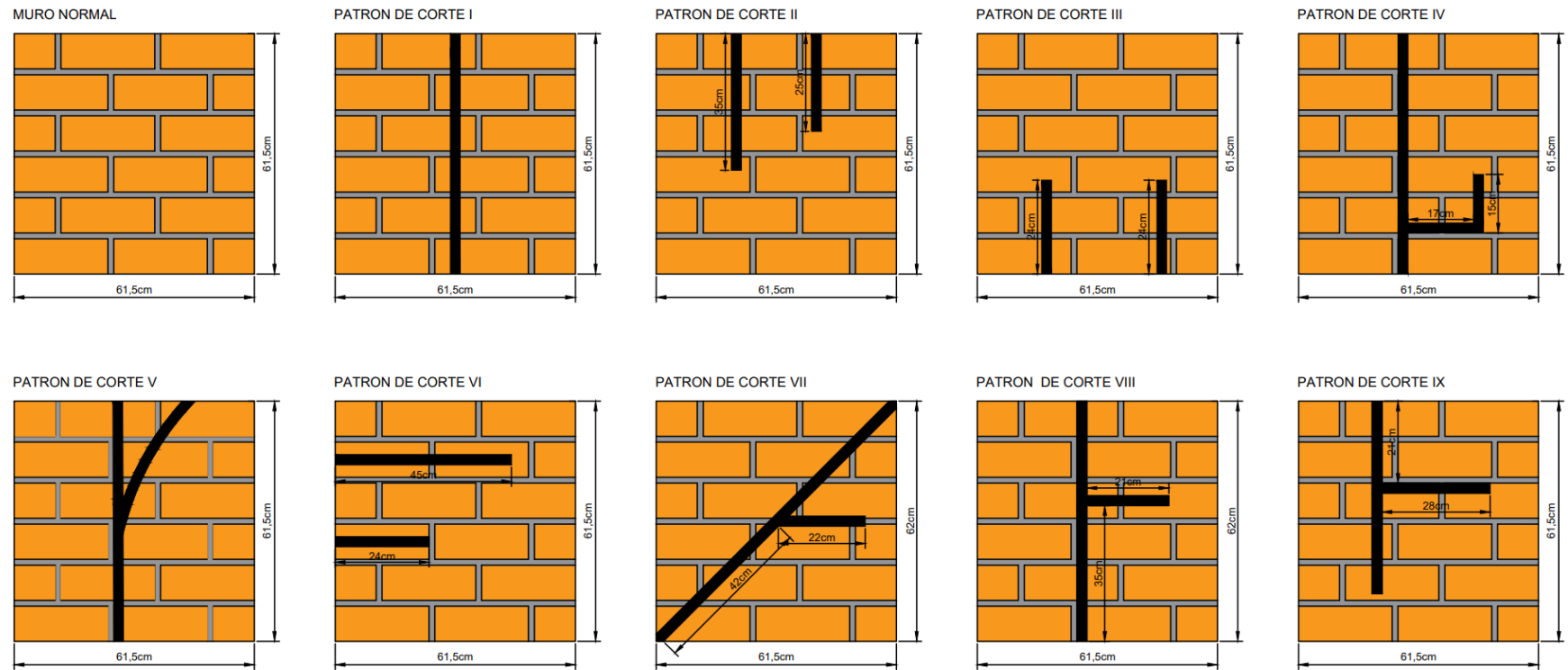
1. **Muro normal** (3 unidades): Este no presentará ningún tipo de corte.
2. **Muro con cortes** (3 unidades): Este presentará el patrón de corte tipo IV.

**Patrones de Corte.** Se ensayaron los siguientes patrones de cortes, los cuales son comunes de apreciar en diferentes tipos de obras ya siendo estas edificaciones de albañilería portante y no portante.

Estos cortes tendrán un espesor y profundidad de 1" en las cuales se tiende a colocar tubería de agua de 1/2" o de luz, según requiera la conexión a instalar.

# Figura 1

## Muros y patrones de corte a ensayar



Nota. Fuente: Los autores.

## 2.6. Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos

### 2.6.1. Análisis Granulométrico de Agregado Fino

**Materiales:** arena proveniente de la cantera la victoria Equipos: balanza, tamices, horno.

**Muestra:** Se consideró una cantidad después de secado de 1000 g.

**Procedimiento:**

1. Se consigue el agregado fino, para la elaboración de los ensayos de la presente tesis se optó por material proveniente de la cantera la Victoria ubicada en el distrito de Pátapo.

#### Figura 2

*Agregado fino proveniente de cantera la Victoria*



*Nota.* Fuente: Los autores.

2. Para el ensayo se separa una cantidad necesaria, realizar el cuarteo y se toma una muestra representativa de acuerdo a MTC E 201, posteriormente se seca en el horno a temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### Figura 3

*Método de cuarteo.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

3. La muestra a tamizar será de 1000g, se selecciona los tamices de tamaño adecuados para el ensayo de granulometría del agregado fino.

### Figura 4

*Selección de tamices para ensayo granulométrico.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

4. Se coloca los tamices en orden decreciente, luego se vierte la muestra. Se realizó el tamizado de forma manual, hasta que quede el material retenido en los tamices sin forzar a que pase el material.

### Figura 5

*Material retenido en el tamiz.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

5. Se retira el material retenido en cada tamiz y finalmente se pesa lo que quedo en cada tamiz y lo retenido en el platillo.

### Figura 6

*Pesado del material retenido en tamices.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 2***Ensayo de granulometría.*

Tamiz	Abertura	Peso retenido
3/8"	9.50	0
N° 4	4.75	69
N° 8	2.36	182
N° 16	1.18	199
N° 30	0.60	228
N° 50	0.30	192
N° 100	0.15	94
N° 200	0.075	29
Platillo		7
Total		1000

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Fórmulas**

Cálculo de % del peso retenido

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{\text{Peso retenido de malla}}{\sum \text{Peso retenido de mallas}} \times 100$$

Cálculo de % del peso retenido acumulado

$$\% \text{ Ret. Acum.} = \% \text{ peso retenido malla}(i) + \text{Acu. peso retenido malla}(i + 1)$$

Cálculo del % que pasa

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - \% \text{ Peso retenido } (i)$$

## **Módulo de Fineza**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado desde el tamiz } N^{\circ}4 \text{ al } N^{\circ}100}{100}$$

### **Cálculo**

#### **Malla 3/8"**

$$\% \text{ Peso retenido} = 0$$

$$\% \text{ Que pasa} = 0$$

#### **Malla N° 4**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{69}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 6.9\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 6.9\% + 0\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 6.9\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 6.9\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 93.1\%$$

#### **Malla N° 8**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{182}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 18.2\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 18.2\% + 6.9\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 25.1\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 25.1\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 74.9\%$$

### **Malla N° 16**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{199}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 19.9\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 19.9\% + 25.1\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 45.0\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 45.0\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 55.0\%$$

### **Malla N° 30**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{228}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 22.8\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 22.8\% + 45.0\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 67.8\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 67.8\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 32.2\%$$

### **Malla N° 50**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{192}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 19.2\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 19.2\% + 67.8\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 87.0\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 87.0\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 13.0\%$$

### **Malla N° 100**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{94}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 9.4\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 9.4\% + 87.0\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 96.4\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 96.4\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 3.6\%$$

### **Malla N° 200**

$$\% \text{ Peso retenido} = \frac{29}{1000} \times 100$$

$$\% \text{ Peso retenido} = 2.9\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 2.9\% + 96.4\%$$

$$\% \text{ Ret. Acum.} = 99.3\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100\% - 99.3\%$$

$$\% \text{ Que pasa} = 0.7\%$$

### ***Módulo de Fineza***

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado desde el tamiz N}^\circ 4 \text{ al N}^\circ 100}{100}$$

$$MF = \frac{6.9 + 25.1 + 45.0 + 67.8 + 87.8 + 96.4}{100}$$

$$MF = 3.28$$

## 2.6.2. Ensayos Unidades de Albañilería – Lote I (MUROS NO PORTANTES)

### Ensayo de Variación Dimensional

#### Figura 7

*Ensayo de variación dimensional.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Materiales:** ladrillo King Kong 18 huecos estándar Equipos: vernier o pie de rey

#### **Procedimiento:**

Se toma medidas con el vernier de la altura, largo y ancho de las 10 unidades seleccionadas enteras y secas.

#### **Tabla**

**3**

Variabilidad dimensional (Longitud en mm).

Ladrillo	L1	L2	L3	L4	LP
M1	241	241	241	241	241
M2	235	235	235	235	235

M3	241	241	241	241	241
M4	238	239	239	238	238.5
M5	239	239	239	239	239
M6	238	238	238	238	238
M7	239	239	239	239	239
M8	237	237	237	237	237
M9	240	240	240	240	240
M10	237	237	237	237	237

Nota. Fuente: Los autores.

**Medida promedio**

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{241 + 235 + 241 + 238.5 + 239 + 238 + 239 + 237 + 240 + 237}{10}$$

$$MP = 238.55 \text{ mm}$$

**Medida especificada por el fabricante**

$$ME = 240 \text{ mm}$$

**Desviación estándar**

$$\sigma = 1.892$$

**Variación dimensional**

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = 0.56\%$$

**Tabla 4**

*Variabilidad dimensional (Ancho en mm).*

Ladrillo	A1	A2	A3	A4	AP
M1	121	120	121	120	120.5
M2	120	120	120	120	120
M3	121	121	121	121	121
M4	122	122	121	121	121.5
M5	122	122	122	122	122
M6	122	122	122	122	122
M7	122	122	122	122	122
M8	120	120	120	120	120
M9	121	120	120	121	120.5
M10	120	120	120	120	120

*Nota.* Fuente: Los autores.

***Medida promedio***

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{120.5 + 120 + 121 + 121.5 + 122 + 122 + 122 + 120 + 120.5 + 120}{10}$$

$$MP = 120.95 \text{ mm}$$

***Medida especificada por el fabricante***

$$ME = 120 \text{ mm}$$

### ***Desviación estándar***

$$\sigma = 0.864$$

### ***Variación dimensional***

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = \frac{120 - 120.95}{120} \times 100$$

$$\%V = -0.8 \%$$

**Tabla 5**

*Variabilidad dimensional (Alto en mm).*

Ladrillo	H1	H2	H3	H4	HP
M1	89	88	88	89	88.5
M2	89	89	89	89	89
M3	89	89	89	89	89
M4	90	90	90	90	90
M5	90	90	90	90	90
M6	89	89	90	90	89.5
M7	89	90	89	90	89.5
M8	88	88	89	89	88.5
M9	90	89	90	89	89.5
M10	88	88	88	88	88

*Nota.* Fuente: Los autores.

### ***Medida promedio***

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{85.5 + 89 + 89 + 90 + 90 + 89.5 + 89.5 + 88.5 + 89.5 + 88}{10}$$

$$MP = 89.15 \text{ mm}$$

***Medida especificada por el fabricante***

$$ME = 90 \text{ mm}$$

***Desviación estándar***

$$\sigma = 0.669$$

***Variación dimensional***

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = \frac{90 - 89.15}{90} \times 100$$

$$\%V = 0.94 \%$$

## Ensayo de Alabeo

### Figura 8

*Ensayo de Alabeo.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Materiales:** ladrillo King Kong 18 huecos estándar.

**Equipos:** regla metálica, cuña graduada, cinta métrica.

**Procedimiento:**

1. Se realiza a las 10 unidades seleccionadas y se pesan los ladrillos.
2. Se revisa la unidad si presenta concavidad se mide la flecha en el centro, caso contrario si presenta convexidad se toma medidas en las esquinas.

**Tabla 6***Ensayo de alabeo*

Ladrillo	Medida del lado superior (mm)			Medida del lado inferior (mm)		
	Convexidad		Concavidad	Convexidad		Concavidad
	Lado izq (M1)	Lado der (M3)	Centro (M2)	Lado izq (M1)	Lado der (M3)	Centro (M2)
M1	1.5	1.5				1.0
M2	-	-	3.0	1.5	1.5	0.0
M3	-	-	1.5	-	-	1.0
M4	1.0	1.0	-	-	-	1.5
M5	1.5	1.5	-	-	-	1.0
M6	-	-	2.0	1.0	1.0	0.0
M7	-	-	1.5	-	-	2.0
M8	-	-	1.0	1.5	1.5	-
M9	-	-	2.5	1.0	1.0	-
M10	2.0	2.0	-	-	-	-
Promedio	1.50	1.50	1.92	1.25	1.25	1.30

*Nota.* Fuente: Los autores.

	Concavidad	Convexidad
Superior	1.92	1.50
Inferior	1.30	1.25
Promedio	1.61	1.38

## Ensayo de Porcentaje de Vacíos

### Figura 9

*Ensayo porcentaje de vacíos.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Materiales:** ladrillo King Kong 18 huecos estándar, arena de médano.

**Equipos:** regla metálica, brocha, bandeja, balanza, probeta de vidrio.

#### **Procedimiento:**

Se realiza con las 10 unidades seleccionadas del lote, se pesan los ladrillos.

Se coloca la arena en la probeta hasta alcanzar la marca de 500 ml, se coloca en un recipiente la arena contenida en la probeta y se pesa.

### **Figura 10**

*Arena de médano en probeta de 500 ml.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

Se rellena el ladrillo con la arena de médano hasta llenar cada hueco, se pasa la regla tratando de nivelar y retirar lo excedente, con la brocha se limpia lo sobrante de los costados.

### **Figura 11**

*Llenado de los vacíos del ladrillo con arena de médano.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

Finalmente se pesa la arena contenida en los vacíos del ladrillo.

**Figura 12**

*Pesado de la arena retenida en los vacíos del ladrillo.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 7**

*Ensayo porcentaje de vacíos.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Arena en huecos (gr)
M1	24.1	12.05	8.85	1386.3
M2	23.5	12.0	8.9	1302.4
M3	24.1	12.1	8.9	1360.9
M4	23.85	12.15	9.0	1368.8
M5	23.9	12.2	9.0	1374.0
M6	23.8	12.2	8.95	1369.2
M7	23.9	12.2	8.95	1374.5
M8	23.7	12.0	8.85	1308.0
M9	24.0	12.05	8.95	1396.9
M10	23.7	12.0	8.8	1306.1

*Nota.* Fuente: Los autores.

## **Arena**

*Peso: 679.70 gr*

*Volumen en recipiente: 500 cm<sup>3</sup>*

$$\text{Densidad (arena)} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Densidad (arena)} = \frac{679.70}{500}$$

$$\text{Densidad (arena)} = 1.36 \text{ gr/cm}^3$$

## **Ladrillo M1**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 24.1 \times 12.05 \times 8.85$$

$$V_{BL} = 2570.08 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1436.3}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1056.1 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = 41.09\%$$

### **Ladrillo M2**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 23.5 \times 12 \times 8.9$$

$$V_{BL} = 2509.8 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1352.4}{1.36}$$

$$V_{AL} = 994.41 \text{ cm}^3$$

%V: Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{994.41}{2509.8} \times 100$$

$$\%V = 39.62\%$$

### **Ladrillo M3**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 24.1 \times 12.1 \times 8.9$$

$$V_{BL} = 2595.32 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1410.9}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1037.42 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1037.42}{2595.32} \times 100$$

$$\%V = 39.97\%$$

#### **Ladrillo M4**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 23.85 \times 12.15 \times 9$$

$$V_{BL} = 2607.99 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1418.8}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1043.23 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1043.23}{2607.99} \times 100$$

$$\%V = 40.0\%$$

### **Ladrillo M5**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 23.9 \times 12.2 \times 9$$

$$V_{BL} = 2624.22 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1424}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1047.05 \text{ cm}^3$$

$\%V$ : Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1047.05}{2624.22} \times 100$$

$$\%V = 39.90\%$$

### **Ladrillo M6**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 23.8 \times 12.2 \times 8.95$$

$$V_{BL} = 2598.72 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1419.2}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1043.52 \text{ cm}^3$$

%V: Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1043.52}{2598.72} \times 100$$

$$\%V = 40.16 \%$$

### **Ladrillo M7**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 23.9 \times 12.2 \times 8.95$$

$$V_{BL} = 2609.64 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1424.5}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1043.52 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1424.5}{2598.72} \times 100$$

$$\%V = 40.14 \%$$

### **Ladrillo M8**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 23.7 \times 12 \times 8.8$$

$$V_{BL} = 2516.94 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1358}{1.36}$$

$$V_{AL} = 998.52 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{998.52}{2516.94} \times 100$$

$$\%V = 39.67 \%$$

### **Ladrillo M9**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 24 \times 12.05 \times 8.95$$

$$V_{BL} = 2588.34 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1446.9}{1.36}$$

$$V_{AL} = 1063.89 \text{ cm}^3$$

%V: Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{1063.89}{2588.34} \times 100$$

$$\%V = 41.1 \%$$

### **Ladrillo M10**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 23.7 \times 12 \times 8.8$$

$$V_{BL} = 2502.72 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el larillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1356.1}{1.36}$$

$$V_{AL} = 997.13 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = 39.84 \%$$

**Porcentaje de vacíos promedio**

$$\%V = 40.15 \%$$

## Ensayo de Succión

### Figura 13

*Ensayo de succión.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Materiales y equipos:** ladrillo King Kong 18 huecos estándar, regla metálica, cinta métrica, bandeja, balanza

#### **Procedimiento:**

1. Se realiza el ensayo a 5 unidades, se lleva al horno por 24 horas, posteriormente se pesa la unidad seca. Se marca una línea de separación de 3mm con respecto a la base del ladrillo.

### Figura 14

*Trazado de línea a 3mm del borde del ladrillo.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

2. Se ubica la bandeja en una superficie nivelada y luego los soportes en el que ira el ladrillo.

**Figura 15**

*Colocación del ladrillo sobre los soportes.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

3. Se vierte agua con cuidado hasta que llegue a la marca realizada en el ladrillo, se controla un tiempo de 1 minuto y se retira el ladrillo. Secamos con un paño y se toma medida del peso.

**Figura 16**

*Pesado de ladrillo pasado el minuto en contacto con agua.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 8**

*Ensayo de succión.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Pse	Psu
M 1	241.0	120.5	2816.4	2856.3
M 4	238.5	121.5	2852.9	2890.1
M 7	239.0	122.0	2849.2	2886.2
M 9	240.0	120.5	2839.9	2877.6
M 10	237.0	120.0	2767.1	2796.5

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Fórmulas**

$$A = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

$$S = \frac{(P_{su} - P_{se})}{A} \times 200$$

*Dónde:*

$P_{su}$ : *Peso de la unidad en succión*

$P_{se}$ : *Peso de la unidad en seco*

$A$ : *Área de contacto de la unidad*

**Ladrillo M1**

**Área bruta**

$$A = 241 \times 120$$

$$A = 290.41 \text{ cm}^2$$

**Succión**

$$S = \frac{(2856.3 - 2816.4)}{290.41} \times 200$$

$$S = 27.48 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

**Ladrillo M4**

**Área bruta**

$$A = 238.5 \times 121.5$$

$$A = 289.78 \text{ cm}^2$$

**Succión**

$$S = \frac{(2890.1 - 2852.9)}{289.78} \times 200$$

$$S = 25.67 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

**Ladrillo M7**

**Área bruta**

$$A = 239 \times 122$$

$$A = 291.58 \text{ cm}^2$$

**Succión**

$$S = \frac{(2886.2 - 2849.2)}{291.58} \times 200$$

$$S = 25.38 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M9**

#### ***Área bruta***

$$A = 240 \times 120.5$$

$$A = 289.2 \text{ cm}^2$$

#### ***Succión***

$$S = \frac{(28877.6 - 2839.9)}{289.2} \times 200$$

$$S = 26.07 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M10**

#### ***Área bruta***

$$A = 237 \times 120$$

$$A = 284.4 \text{ cm}^2$$

#### ***Succión***

$$S = \frac{(2796.5 - 2767.1)}{284.4} \times 200$$

$$S = 20.06 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

#### **Succión promedio**

$$S = \frac{27.479 + 25.675 + 25.379 + 26.072 + 20.675}{4}$$

$$S = 24.93 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

## Ensayo de Absorción

### Figura 17

*Ensayo de absorción.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Materiales:** ladrillo King Kong 18 huecos estándar

**Equipos:** tanque de curado, balanza.

#### **Procedimiento:**

Se realiza el ensayo a 5 unidades, se lleva al horno por 24 horas, posteriormente se pesa la unidad seca.

Se llevan las unidades al tanque de curado y se dejan sumergidas por 24 horas.

Finalmente retiramos las unidades, secamos con un paño y pesamos.

## Figura 18

*Pesado del ladrillo pasado las 24 horas sumergido en agua.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

## Tabla 9

*Ensayo de absorción.*

Ladrillo	Peso seco	Peso saturado
M 1	2816.4	3148.3
M 4	2890.1	3178.8
M 7	2886.2	3190.9
M 9	2877.5	3165.3
M 10	2796.5	3077.1

*Nota.* Fuente: Los autores.

## Fórmula

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso}_{\text{saturado}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100$$

## Ladrillo M1

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{3148.3 - 2816.4}{2816.4} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 11.78 \%$$

#### **Ladrillo M4**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{3178.8 - 2890.1}{2890.1} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 9.99 \%$$

#### **Ladrillo M7**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{3190.9 - 2886.2}{2886.2} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 10.56 \%$$

#### **Ladrillo M9**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{3165.3 - 2877.5}{2877.5} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 10.0 \%$$

#### **Ladrillo M10**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{3077.10 - 2796.5}{2796.5} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 10.47 \%$$

#### **Absorción promedio**

$$\text{Absorción promedio (\%)} = \frac{11.78 + 9.99 + 10.56 + 10 + 10.03}{5}$$

$$\text{Absorción promedio (\%)} = 10.47 \%$$

## Resistencia a la Compresión de la unidad de albañilería TIPO III

**Materiales:** yeso, ladrillo King Kong 18 huecos estándar.

**Equipos:** regla metálica, prensa hidráulica.

### **Procedimiento:**

1. Se ensayarán 5 unidades.
2. Se refrenta con yeso para que la cara en contacto con la prensa hidráulica este uniforme y nivelada, se deja secar por 24 horas.
3. Se coloca en la prensa hidráulica y se centra midiendo la distancia.
4. Se aplica carga uniforme hasta que falle la unidad.

### **Figura 19**

*Colocación del ladrillo en la prensa.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 10**

*Ensayo de resistencia a la compresión lote I ( NO PORTANTES).*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Carga máxima (kg)
M 2	23.5	12.0	37000
M 3	24.1	12.1	45750
M 5	23.9	12.2	32500
M 6	23.8	12.2	41250
M 8	23.7	12.0	31250

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Fórmulas**

$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_b}$$

$f'b$  : Promedio ( $fb$ ) –  $\sigma$

$fb$  : Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería ( $kg/cm^2$ )

$P_{m\acute{a}x}$  : Carga máxima de rotura ( $kg$ )

$A_b$  : Área bruta de la unidad de albañilería ( $cm^2$ )

$f'b$  : Resistencia característica de las unidades de albañilería ( $\frac{kg}{cm^2}$ )

$\sigma$  : Desviación estándar

**Ladrillo M2**

*Área bruta*

$$A = 23.5 \times 12$$

$$A = 282 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{37000}{282}$$

$$fb = 131.21 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M3**

*Área bruta*

$$A = 24.1 \times 12.1$$

$$A = 291.61 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{45750}{291.61}$$

$$fb = 156.89 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M5**

*Área bruta*

$$A = 23.9 \times 12.2$$

$$A = 291.58 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{32500}{291.58}$$

$$fb = 111.46 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M6**

*Área bruta*

$$A = 23.8 \times 12.2$$

$$A = 290.36 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{41250}{290.36}$$

$$fb = 142.07 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M8**

*Área bruta*

$$A = 23.7 \times 12.0$$

$$A = 284.4 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería no portantes*

$$fb = \frac{31250}{284.4}$$

$$fb = 109.88 \text{ kg/cm}^2$$

### **Promedio de resistencia**

$$\text{Promedio}(fb) = \frac{131.21 + 156.89 + 111.46 + 142.07 + 109.88}{5}$$

$$\text{Promedio}(fb) = 130.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 20.11$$

### **Resistencia característica de las unidades de albañilería**

$$f'b = 130.3 - 20.11$$

$$f'b = 110.19 \text{ kg/cm}^2$$

Como realizó el ensayo en unidades enteras se debe aplicar un coeficiente de relación entre la resistencia a la compresión de unidades de albañilería enteras y medias unidades

$$f'b = \frac{110.19}{0.92}$$

$$f'b = 119.77 \text{ kg/cm}^2$$

## 2.6.1. Ensayos Unidades de Albañilería – Lote II (MUROS PORTANTES)

### Ensayo de Variación Dimensional

**Tabla 11**

*Variabilidad dimensional (Longitud en mm).*

Ladrillo	L1	L2	L3	L4	LP
M1	243	243	243	244	243.25
M2	245	244	245	245	244.75
M3	244	243	244	243	243.5
M4	243	243	241	243	242.5
M5	242	242	242	242	242
M6	241	241	241	241	241
M7	242	242	242	242	242
M8	243	243	242	241	242.25
M9	244	244	244	243	243.25
M10	240	240	240	240	240

*Nota.* Fuente: Los autores.

#### ***Medida promedio***

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{243.25 + 244.75 + 243.5 + 242.5 + 242 + 241 + 242 + 242.25 + 243.25 + 240}{10}$$

$$MP = 240 \text{ mm}$$

#### ***Medida especificada por el fabricante***

$$ME = 240 \text{ mm}$$

### ***Desviación estándar***

$$\sigma = 1.384$$

### ***Variación dimensional***

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = \frac{240 - 242.5}{240} \times 100$$

$$\%V = -1.04 \%$$

**Tabla 12**

*Variabilidad dimensional (Ancho en mm).*

Ladrillo	A1	A2	A3	A4	AP
M1	131	131	130	131	130.75
M2	131	130	131	131	130.75
M3	131	131	130	132	131
M4	132	133	130	133	132
M5	131	132	131	132	131.5
M6	132	133	129	131	131.25
M7	134	132	130	133	131.25
M8	131	131	131	131	131
M9	130	130	132	132	131
M10	130	132	131	132	131.25

*Nota.* Fuente: Los autores.

### **Medida promedio**

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{130.75 + 130.75 + 131 + 132 + 131.5 + 131.25 + 131.25 + 131 + 131 + 131.25}{10}$$

$$MP = 131.28 \text{ mm}$$

### **Medida especificada por el fabricante**

$$ME = 130 \text{ mm}$$

### **Desviación estándar**

$$\sigma = 0.555$$

### **Variación dimensional**

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = \frac{130 - 131.275}{130} \times 100$$

$$\%V = -0.98 \%$$

### **Tabla 13**

*Variabilidad dimensional (Alto en mm).*

Ladrillo	H1	H2	H3	H4	HP
M1	91	91	91	90	90.75
M2	91	91	90	91	90.75
M3	92	90	91	91	91
M4	91	91	91	91	91

M5	91	91	91	90	90.75
M6	90	90	89	92	90.25
M7	91	91	91	91	91
M8	92	90	90	91	91.25
M9	91	90	90	91	90.5
M10	90	90	91	91	90.5

Nota. Fuente: Los autores.

### **Medida promedio**

$$MP = \frac{\sum LP}{\#especimenes}$$

$$MP = \frac{90.75 + 90.75 + 91 + 91 + 90.75 + 90.25 + 91 + 91.25 + 90.5 + 90.5}{10}$$

$$MP = 90.76 \text{ mm}$$

### **Medida especificada por el fabricante**

$$ME = 90 \text{ mm}$$

### **Desviación estándar**

$$\sigma = 0.299$$

### **Variación dimensional**

$$\%V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

$$\%V = \frac{90 - 90.76}{90} \times 100$$

$$\%V = -0.86 \%$$

## Ensayo de Alabeo

**Tabla 14**

*Ensayo de alabeo.*

Ladrillo	Medida del lado superior (mm)			Medida del lado inferior (mm)		
	Convexidad		Concavidad	Convexidad		Concavidad
	Lado izq (M1)	Lado der (M3)	Centro (M2)	Lado izq (M1)	Lado der (M3)	Centro (M2)
M1	-	-	1.0	-	-	2.0
M2	1.0	1.5	-	-	-	1.0
M3	-	-	2.0	1.5	1.0	-
M4	-	-	1.5	-	-	1.0
M5	-	-	2.0	-	-	1.0
M6	1.5	0.5	-	1.0	1.0	-
M7	2.0	1.0	-	-	-	1.0
M8	-	-	1.0	-	-	1.0
M9	-	-	1.0	-	-	2.0
M10	-	-	-	-	-	1.0
Promedio	1.5	1.0	1.36	1.25	1.0	1.25

*Nota.* Fuente: Los autores.

	Concavidad	Convexidad
Superior	1.36	1.25
Inferior	1.25	1.13
Promedio	1.31	1.19

## Ensayo de Porcentaje de Vacíos

**Tabla 15**

*Ensayo porcentaje de vacíos.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Arena en huecos (gr)
M1	24.33	13.08	9.08	1146.30
M2	24.48	13.08	9.08	1162.40
M3	24.35	13.10	9.10	1170.90
M4	24.25	13.20	9.10	1138.80
M5	24.20	13.15	9.08	1164.30
M6	24.10	13.13	9.03	1159.20
M7	24.20	13.23	9.10	1154.50
M8	24.23	13.10	9.13	1178.20
M9	24.38	13.10	9.05	1166.90
M10	24.00	13.20	9.05	1106.10

*Nota.* Fuente: Los autores.

### ***Arena***

*Peso:* 680.40 gr

*Volumen en recipiente:* 500 cm<sup>3</sup>

$$Densidad (arena) = \frac{Peso}{Volumen}$$

$$Densidad (arena) = \frac{680.40}{500}$$

$$Densidad (arena) = 1.36 \text{ gr/cm}^3$$

### **Ladrillo M1**

$V_{BL} = \text{Volumen bruto del ladrillo}$

$$V_{BL} = 24.33 \times 13.08 \times 9.08$$

$$V_{BL} = 2889.59 \text{ cm}^3$$

$V_{AL} = \text{Volumen de arena en el ladrillo}$

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1146.3}{1.36}$$

$$V_{AL} = 842.87 \text{ cm}^3$$

$\%V$ : Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{842.87}{2889.59} \times 100$$

$$\%V = 29.17 \%$$

### **Ladrillo M2**

$V_{BL} = \text{Volumen bruto del ladrillo}$

$$V_{BL} = 24.48 \times 13.08 \times 9.08$$

$$V_{BL} = 2979.40 \text{ cm}^3$$

$V_{AL} = \text{Volumen de arena en el ladrillo}$

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1162.4}{1.36}$$

$$V_{AL} = 854.71 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{854.71}{2979.40} \times 100$$

$$\%V = 29.40\%$$

### **Ladrillo M3**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 24.35 \times 13.1 \times 9.1$$

$$V_{BL} = 2902.76 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1170.9}{1.36}$$

$$V_{AL} = 860.96 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{860.96}{2902.76} \times 100$$

$$\%V = 29.66\%$$

#### **Ladrillo M4**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 24.25 \times 13.2 \times 9$$

$$V_{BL} = 2912.91 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1138.8}{1.36}$$

$$V_{AL} = 837.35 \text{ cm}^3$$

$\%V$ : Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{837.35}{2912.91} \times 100$$

$$\%V = 28.75\%$$

#### **Ladrillo M5**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 24.2 \times 13.15 \times 9.08$$

$$V_{BL} = 2889.53 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1164.3}{1.36}$$

$$V_{AL} = 856.10 \text{ cm}^3$$

%V: Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{856.10}{2889.53} \times 100$$

$$\%V = 29.64\%$$

### **Ladrillo M6**

$V_{BL}$  = Volumen bruto del ladrillo

$$V_{BL} = 24.1 \times 13.13 \times 9.03$$

$$V_{BL} = 2857.39 \text{ cm}^3$$

$V_{AL}$  = Volumen de arena en el ladrillo

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1159.2}{1.36}$$

$$V_{AL} = 852.35 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{852.35}{2857.39} \times 100$$

$$\%V = 29.83 \%$$

### **Ladrillo M7**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 24.2 \times 13.23 \times 9.1$$

$$V_{BL} = 2913.51 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1154.5}{1.36}$$

$$V_{AL} = 848.90 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{848.90}{2913.51} \times 100$$

$$\%V = 29.14 \%$$

### **Ladrillo M8**

$V_{BL} = \text{Volumen bruto del ladrillo}$

$$V_{BL} = 24.23 \times 13.1 \times 9.13$$

$$V_{BL} = 2897.98 \text{ cm}^3$$

$V_{AL} = \text{Volumen de arena en el ladrillo}$

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1178.5}{1.36}$$

$$V_{AL} = 866.54 \text{ cm}^3$$

$\%V$ : Porcentaje de vacío

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{866.54}{2897.98} \times 100$$

$$\%V = 29.90 \%$$

### **Ladrillo M9**

$V_{BL} = \text{Volumen bruto del ladrillo}$

$$V_{BL} = 24.38 \times 13.1 \times 9.05$$

$$V_{BL} = 2890.37 \text{ cm}^3$$

$V_{AL} = \text{Volumen de arena en el ladrillo}$

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1166.9}{1.36}$$

$$V_{AL} = 858.01 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{858.01}{2890.37} \times 100$$

$$\%V = 29.69 \%$$

### **Ladrillo M10**

*V<sub>BL</sub> = Volumen bruto del ladrillo*

$$V_{BL} = 24 \times 13.2 \times 9.05$$

$$V_{BL} = 2867.04 \text{ cm}^3$$

*V<sub>AL</sub> = Volumen de arena en el ladrillo*

$$V_{AL} = \frac{\text{Peso de arena en el ladrillo}}{\text{Densidad (arena)}}$$

$$V_{AL} = \frac{1106.1}{1.36}$$

$$V_{AL} = 813.31 \text{ cm}^3$$

*%V: Porcentaje de vacío*

$$\%V = \frac{V_{AL}}{V_{BL}} \times 100$$

$$\%V = \frac{813.31}{2867.04} \times 100$$

$$\%V = 28.37 \%$$

**Porcentaje de vacíos promedio**

$$\%V = 29.36 \%$$

## Ensayo de Succión

**Tabla 16**

*Ensayo de succión.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Pse	Psu
M 1	24.33	13.08	3811	3854
M 4	24.35	13.1	3786	3832
M 7	24.2	13.23	3824	3859
M 9	24.38	13.1	3794	3837
M 10	24	13.2	3831	3886

*Nota.* Fuente: Los autores.

### Fórmulas

$A = \text{Largo} \times \text{Ancho}$

$$S = \frac{(P_{su} - P_{se})}{A} \times 200$$

*Dónde:*

$P_{su}$ : *Peso de la unidad en succión*

$P_{se}$ : *Peso de la unidad en seco*

$A$ : *Área de contacto de la unidad*

### Ladrillo M1

#### *Área bruta*

$$A = 24.33 \times 13.08$$

$$A = 318.05 \text{ cm}^2$$

### ***Succión***

$$S = \frac{(3854 - 3811)}{318.05} \times 200$$

$$S = 27.04 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M3**

#### ***Área bruta***

$$A = 24.35 \times 13.1$$

$$A = 318.99 \text{ cm}^2$$

### ***Succión***

$$S = \frac{(3832 - 3786)}{318.99} \times 200$$

$$S = 28.84 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M7**

#### ***Área bruta***

$$A = 24.2 \times 13.23$$

$$A = 320.05 \text{ cm}^2$$

### ***Succión***

$$S = \frac{(3859 - 3824)}{320.05} \times 200$$

$$S = 21.87 \text{ gr/} (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M9**

#### ***Área bruta***

$$A = 24.38 \times 13.1$$

$$A = 319.31 \text{ cm}^2$$

#### ***Succión***

$$S = \frac{(3837 - 3794)}{319.31} \times 200$$

$$S = 26.93 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

### **Ladrillo M10**

#### ***Área bruta***

$$A = 24 \times 13.2$$

$$A = 316.8 \text{ cm}^2$$

#### ***Succión***

$$S = \frac{(3866 - 3831)}{316.8} \times 200$$

$$S = 22.1 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

#### **Succión promedio**

$$S = \frac{27.04 + 28.84 + 21.87 + 26.93 + 22.1}{4}$$

$$S = 25.36 \text{ gr} / (200 \text{ cm}^2 \times \text{min})$$

## Ensayo de Absorción

**Tabla 17**

*Ensayo de absorción.*

Ladrillo	Peso seco	Peso saturado
M 1	3811	4260
M 4	3786	4196
M 7	3824	4275
M 9	3794	4251
M 10	3831	4277

*Nota.* Fuente: Los autores.

### Fórmula

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{\text{Peso}_{\text{saturado}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100$$

### Ladrillo M1

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{4260 - 3811}{3811} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 11.78 \%$$

### Ladrillo M3

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{4196 - 3786}{3786} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 10.83 \%$$

### Ladrillo M7

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{4275 - 3824}{3824} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 11.79 \%$$

### **Ladrillo M9**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{4252 - 3794}{3794} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 12.05 \%$$

### **Ladrillo M10**

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{4277 - 3831}{3831} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 11.64 \%$$

### **Absorción promedio**

$$\text{Absorción promedio (\%)} = \frac{11.78 + 10.83 + 11.79 + 12.05 + 11.64}{5}$$

$$\text{Absorción promedio (\%)} = 11.62 \%$$

## Resistencia a la Compresión (UNIDAD DE ALBAÑILERÍA TIPO IV)

**Tabla 18**

*Ensayo de resistencia a la compresión.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho(cm)	Carga máxima (kg)
M 2	24.48	13.13	48000
M 3	24.33	13.3	45000
M 5	24.43	13.15	45500
M 6	24.43	13.20	46500
M 8	24.40	13.10	47125

*Nota.* Fuente: Los autores.

### Fórmulas

$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_b}$$

$f'b$  : Promedio ( $fb$ ) –  $\sigma$

$fb$  : Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería ( $kg/cm^2$ )

$P_{m\acute{a}x}$  : Carga máxima de rotura ( $kg$ )

$A_b$  : Área bruta de la unidad de albañilería ( $cm^2$ )

$f'b$  : Resistencia característica de las unidades de albañilería  $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$\sigma$  : Desviación estándar

### Ladrillo M2

Área bruta

$$A = 24.48 \times 13.13$$

$$A = 321.23 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{48000}{321.23}$$

$$fb = 149.42 \text{ kg/cm}^2$$

#### **Ladrillo M4**

*Área bruta*

$$A = 24.33 \times 13.3$$

$$A = 323.52 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{45000}{323.52}$$

$$fb = 139.09 \text{ kg/cm}^2$$

#### **Ladrillo M5**

*Área bruta*

$$A = 24.43 \times 13.15$$

$$A = 321.19 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{45500}{321.19}$$

$$fb = 141.66 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M6**

*Área bruta*

$$A = 24.43 \times 13.2$$

$$A = 322.41 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{46500}{322.41}$$

$$fb = 144.23 \text{ kg/cm}^2$$

### **Ladrillo M8**

*Área bruta*

$$A = 24.4 \times 13.1$$

$$A = 319.64 \text{ cm}^2$$

*Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería*

$$fb = \frac{47125}{319.64}$$

$$fb = 147.43 \text{ kg/cm}^2$$

### **Promedio de resistencia**

$$\text{Promedio}(fb) = \frac{149.42 + 139.09 + 141.66 + 144.23 + 147.43}{5}$$

$$\text{Promedio}(fb) = 144.37 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 4.19$$

**Resistencia característica de las unidades de albañilería**

$$f'b = 144.37 - 4.19$$

$$f'b = 140.18 \text{ kg/cm}^2$$

*Como realizó el ensayo en unidades enteras se debe aplicar un coeficiente de relación entre la resistencia a la compresión de unidades de albañilería enteras y medias unidades*

$$f'b = \frac{140.18}{0.92}$$

$$f'b = 152.37 \text{ kg/cm}^2$$

## 2.6.2. Resistencia a la compresión de mortero

**Materiales:** arena, cemento portland tipo I, agua.

**Herramientas:** varilla de compactación, moldes metálicos para cubos de 50 mm de lado.

**Equipos:** máquina de compresión para morteros

### Procedimiento:

1. Se mezcla cemento y arena en una proporción de 1:4, se añade agua y se bate hasta obtener una mezcla uniforme. Se extrae porciones de mortero con el cuál se construirán los muretes. Se elaboran mínimo 3 especímenes (cubos de 50 mm de lado). Se limpia los moldes, para luego pasar petróleo en las superficies que tendrán contacto con el mortero, de esta manera se asegura un fácil desmolde de los especímenes y se evita astillamientos.

### Figura 20

*Preparación del mortero.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

2. Se vierte el mortero al molde en 3 capas, con la barra compactadora se da 25 golpes por capa añadida. Con esto se asegura que la mezcla quede distribuida de manera adecuada y se evite la presencia de cangrejas.

**Figura 21**

*Preparación de cubos de mortero de 50x50 mm.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

3. Se deja fraguar en el molde por 24 horas y posteriormente se etiqueta los especímenes. Transcurrido las 24 horas se retira los especímenes de los moldes y se sumergen en agua para su curado.

**Figura 22**

*Cubos de mortero de 50x50 mm retirados del agua.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

4. Pasado los 28 días se realiza el ensayo en la máquina de compresión para morteros.

**Figura 23**

*Ensayo de compresión del mortero.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 19**

*Ensayo de resistencia a la compresión del mortero.*

Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga máxima (kg)
E1	5.00	5.00	5.00	3460
E2	5.00	5.00	5.00	3520
E3	5.00	5.00	5.00	3610
E4	5.00	5.00	5.00	3480
E5	5.00	5.00	5.00	3720

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Fórmula**

$$f_m = \frac{P}{A}$$

$f_m$  : resistencia a la compresión

$P$  : carga máxima

$A$  : área de la superficie

$$A = 5 \times 5$$

$$A = 25 \text{ cm}^2$$

### **Muestra E1**

$$f_m = \frac{3460}{25}$$

$$f_m = 138.4 \text{ kg/cm}^2$$

### **Muestra E2**

$$f_m = \frac{3520}{25}$$

$$f_m = 140.8 \text{ kg/cm}^2$$

### **Muestra E3**

$$f_m = \frac{3610}{25}$$

$$f_m = 144.4 \text{ kg/cm}^2$$

### **Muestra E4**

$$f_m = \frac{3480}{25}$$

$$f_m = 139.2 \text{ kg/cm}^2$$

### **Muestra E5**

$$f_m = \frac{3720}{25}$$

$$f_m = 148.8 \text{ kg/cm}^2$$

### **Promedio**

$$P = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$P = \frac{138.4 + 140.8 + 144.4 + 139.2 + 148.8}{5}$$

$$P = 142.3 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.6.3. Resistencia a la compresión diagonal en muros (PORTANTES Y NO PORTANTES)

#### Procedimiento de elaboración de muretes.

1. Se debe remojar los ladrillos, pasado el periodo de humedecimiento se coloca la primera hilada de ladrillos teniendo cuidado que estén correctamente alineados y con el espesor de junta de 1.5 cm.

#### **Figura 24**

*Separación de junta de 1.5 cm.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

2. Se prepara el mortero con proporción de cemento/arena de 1/4, se rellena las juntas verticales, se vierte una capa de mortero en la cara de asiento del ladrillo teniendo en cuenta que debe quedar un espesor de junta de 1.5 cm.

### Figura 25

*Colocación de capa de mortero con espesor de 1.5 cm.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

3. Se coloca la segunda hilera de ladrillo, cuidando la verticalidad con una plomada y que este nivelada.

### Figura 26

*Comprobación de la verticalidad del muro.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

4. Se realiza el mismo procedimiento en las siguientes hileras, revisando de manera constante los espesores de junta vertical y horizontal sea de 1.5 cm, así mismo también se verifica la verticalidad de los muros. Hasta llegar a completar las 6 hileras que corresponde el murete y se deja 28 días.

**Figura 27**

*Revisión de espesor de juntas.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

## Procedimiento de ensayo de compresión diagonal para muros (PORTANTES Y NO PORTANTES)

1. Se marca con un lápiz los diferentes patrones y se corta con amoladora. Con martillo y cincel se pica las partes cortadas con la amoladora, verificando que el espesor y profundidad quede de 1 pulgada.

### Figura 28

*Patrones de cortes en los muretes.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

2. Se realiza el refrentado de 10 cm con mortero en las esquinas donde se apoyará el murete para el ensayo.

### Figura 29

Refrentado de 10 cm en las esquinas de los muretes.



*Nota.* Fuente: Los autores.

3. Se coloca el murete en la máquina de compresión, debe quedar centrado.

### Figura 30

*Colocación del murete en la prensa.*



*Nota.* Fuente: Los autores.

*Se aplica carga de compresión hasta que falle.*

### Figura 31




*Muretes después del ensayo a compresión diagonal.*









*Nota.* Fuente: Los autores.

## 2.7. Tipo de Falla en Muretes portantes y no portantes ensayados







### a) Muros no Portantes

ENSAYO: Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm	
MURETES NORMALES (SIN CORTE)	MURETES CON PATRONES DE CORTE
<p><b>MN-A</b></p>  <p><math>V'm = 10.87 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>	<p><b>PC I - A</b></p>  <p><math>V'm = 9.28 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>
<p><b>MN-C</b></p>  <p><math>V'm = 10.73 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>	<p><b>PC I - B</b></p>  <p><math>V'm = 9.03 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>
<p><b>MN-D</b></p>  <p><math>V'm = 10.59 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla escalonada por cortante (por adherencia de las juntas)</p>	<p><b>PC I - C</b></p>  <p><math>V'm = 8.92 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>







Nota. Fuente: los autores

ENSAYO: Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm	
MURETES CON PATRONES DE CORTE	MURETES CON PATRONES DE CORTE
<b>PC II - A</b>	<b>PC III - A</b>
 <p><math>V' m = 8.54 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla escalonada por cortante (por adherencia de las juntas)</p>	 <p><math>V' m = 9.42 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>
<b>PC II - B</b>	<b>PC III - B</b>
 <p><math>V' m = 9.11 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>	 <p><math>V' m = 9.44 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>
<b>PC II - C</b>	<b>PC III - C</b>
 <p><math>V' m = 8.86 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>	 <p><math>V' m = 9.39 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>







Nota. Fuente: los autores

ENSAYO:	Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
	Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm	
	MURETES CON PATRONES DE CORTE	MURETES CON PATRONES DE CORTE
	<b>PC IV - A</b>	<b>PC V - A</b>
	<p><math>V'm = 6.91 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>	
	<b>PC IV - B</b>	<b>PC V - B</b>
	<p><math>V'm = 5.79 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla escalonada por cortante (por adherencia de las juntas)</p>	
	<b>PC IV - C</b>	<b>PC V - C</b>
	<p><math>V'm = 6.74 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla escalonada por cortante (por adherencia de las juntas)</p>	

Nota. Fuente: los autores







ENSAYO: Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm	
MURETES CON PATRONES DE CORTE	MURETES CON PATRONES DE CORTE
<p><b>PC VI - A</b></p>  <p><math>V' m = 7.72 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>	<p><b>PC VII - A</b></p>  <p><math>V' m = 8.21 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>
<p><b>PC VI - B</b></p>  <p><math>V' m = 7.74 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>	<p><b>PC VII - B</b></p>  <p><math>V' m = 8.44 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>
<p><b>PC VI - C</b></p>  <p><math>V' m = 8.34 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>	<p><b>PC VII - C</b></p>  <p><math>V' m = 8.56 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>

Nota. Fuente: los autores

ENSAYO:		Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
		Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm	
MURETES CON PATRONES DE CORTE		MURETES CON PATRONES DE CORTE	
<b>PC VIII - A</b>		<b>PC IX - A</b>	
 <p><math>V_m = 7.45 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>	 <p><math>V_m = 7.13 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla escalonada por cortante (por adherencia de las juntas)</p>		
<b>PC VIII - B</b>		<b>PC IX - B</b>	
 <p><math>V_m = 6.07 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por aplastamiento de las esquinas en contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo</p>	 <p><math>V_m = 8.52 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>		
<b>PC VIII - C</b>		<b>PC IX - C</b>	
 <p><math>V_m = 7.56 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla por tensión diagonal (atravesó ladrillo y junta)</p>	 <p><math>V_m = 7.87 \text{ kg/cm}^2</math></p> <p>Se tuvo una falla combinada (falla por cortante y tensión diagonal)</p>		

Nota. Fuente: los autores

**b) Muros Portantes**

ENSAYO:		Evaluación del tipo de falla en muretes a ensayo de compresión diagonal	
Muretes elaborados con mortero de relación C/A:1/4; y espesor de junta de 1.5 cm			
MURETES NORMALES (SIN CORTE)		MURETES CON PATRONES DE CORTE	
MN-A (U.A TIPO IV)		PC IV - A (U.A TIPO IV)	
	Se tuvo una falla combinada ( falla por cortante y tension diagonal)		Se tuvo una falla escalonada por cortante ( por adherencia de las juntas )
MN-B (U.A TIPO IV)		PC IV - B (U.A TIPO IV)	
	Se tuvo una falla escalonada por cortante ( por adherencia de las juntas )		Se tuvo una falla combinada ( falla por cortante y tension diagonal)
MN-C (U.A TIPO IV)		PC IV - C (U.A TIPO IV)	
	Se tuvo una falla combinada ( falla por cortante y tension diagonal)		Se tuvo una falla combinada ( falla por cortante y tension diagonal)

Nota. Fuente: los autores

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.1. Resultados

##### *Agregado Fino*

**Tabla 20**

*Resultados ensayo de granulometría del agregado fino.*

Tamiz	Abertura	Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
3/8"	9.5	0	0	0	100
N° 4	4.75	69	6.9	6.9	93.1
N° 8	2.36	182	18.2	25.1	74.9
N° 16	1.18	199	19.9	45	55
N° 30	0.6	228	22.8	67.8	32.2
N° 50	0.3	192	19.2	87.8	13
N° 100	0.15	94	9.4	96.4	3.6
N° 200	0.075	29	2.9	99.3	0.7
Platillo		7	0.7	100	0
Total		1000			

*Nota.* Fuente: Los autores.

##### ***Módulo de Fineza***

$$MF = 3.28$$

Según norma técnica peruana NTP 400.037 el módulo de fineza no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

## Unidades de Albañilería

**Tabla 21**

Resultados unidades de albañilería – Lote I (MUROS NO PORTANTES).

Tipo de ensayo		Resultados	Unidad	Clasificación
Variación dimensional	Largo	0.56	%	Tipo V
	Ancho	-0.8	%	Tipo V
	Alto	0.94	%	Tipo V
Alabeo	Concavidad	1.61	mm	Tipo V
	Convexidad	1.38	mm	Tipo V
Resistencia a la compresión		119.77	kg/cm <sup>2</sup>	Tipo III
Succión		25.06	gr/(200cm <sup>2</sup> xmin)	
Absorción		10.47	%	
Porcentaje de vacíos		40.15	%	

Nota. Fuente: Los autores.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Nota. Adaptada de NORMA E.070, 2020.

Con la tabla obtenida y comparando con los valores de la tabla 1 de la norma E.070 podemos clasificar a las unidades de albañilería del lote I como Ladrillo Tipo III.

**Tabla 22**

Resultados unidades de albañilería – Lote II (MUROS PORTANTES).

Tipo de ensayo		Resultados	Unidad	Clasificación
Variación dimensional	Largo	-1.04	%	Tipo V
	Ancho	-0.98	%	Tipo V
	Alto	-0.86	%	Tipo V
Alabeo	Concavidad	1.31	mm	Tipo V
	Convexidad	1.19	mm	Tipo V
Resistencia a la compresión		152.37	kg/cm <sup>2</sup>	Tipo IV
Succión		25.36	gr/(200cm <sup>2</sup> xmin)	
Absorción		11.62	%	
Porcentaje de vacíos		29.36	%	

Nota. Fuente: Los autores.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Nota. Adaptada de NORMA E.070, 2020.

Con la tabla obtenida y comparando con los valores de la tabla 1 de la norma E.070 podemos clasificar a las unidades de albañilería del lote I como Ladrillo Tipo IV.

## **Mortero**

**Tabla 23**

*Resultados de resistencia a la compresión de cubos de mortero de 50x50 mm.*

Especimen	f'm parcial		f'm total	
	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
E1	138.4	13.57	142.3	13.96
E2	140.8	13.81		
E3	144.4	14.16		
E4	139.2	13.65		
E5	148.8	14.59		

*Nota.* Fuente: Los autores.

## MUROS NO PORTANTES

**Tabla 24**

*Resultados de resistencia a la compresión diagonal de muros no portantes.*

<b>MUROS</b>	<b>V'm (Mpa)</b>	<b>V'm (kg/cm2)</b>	<b>Promedio</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>MN A</b>	1.07	10.87	10.73	100 %
<b>MN B</b>	1.05	10.73		
<b>MN C</b>	1.04	10.59		
<b>PC I A</b>	0.91	9.28	9.08	85 %
<b>PC I B</b>	0.89	9.03		
<b>PC I C</b>	0.87	8.92		
<b>PC II A</b>	0.84	8.54	8.86	83 %
<b>PC II B</b>	0.90	9.18		
<b>PC II C</b>	0.87	8.86		
<b>PC III A</b>	0.92	9.42	9.42	88 %
<b>PC III B</b>	0.93	9.44		
<b>PC III C</b>	0.92	9.39		
<b>PC IV A</b>	0.68	6.91	6.49	61 %
<b>PC IV B</b>	0.57	5.83		
<b>PC IV C</b>	0.66	6.74		
<b>PC V A</b>	0.66	6.77	7.00	65 %
<b>PC V B</b>	0.70	7.18		
<b>PC V C</b>	0.69	7.05		

*Nota.* Fuente: Los autores.

<b>MUROS</b>	<b>V'm (Mpa)</b>	<b>V'm (kg/cm2)</b>	<b>Promedio</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>PC VI A</b>	0.76	7.72	7.95	74 %
<b>PC VI B</b>	0.77	7.81		
<b>PC VI C</b>	0.82	8.34		
<b>PC VII A</b>	0.80	8.21	8.40	78 %
<b>PC VII B</b>	0.83	8.44		
<b>PC VII C</b>	0.84	8.56		
<b>PC VIII A</b>	0.73	7.45	7.04	66 %
<b>PC VIII B</b>	0.60	6.12		
<b>PC VIII C</b>	0.74	7.56		
<b>PC IX A</b>	0.70	7.13	7.84	73 %
<b>PC IX B</b>	0.84	8.52		
<b>PC IX C</b>	0.77	7.87		

*Nota.* Fuente: Los autores.

## MUROS PORTANTES

**Tabla 25**

*Resultados ensayo a la compresión diagonal de muros portantes a los 21 días.*

MUROS	Edad de ensayo: 21 días		Edad de ensayo: 28 días	
	V'm (Mpa)	V'm (kg/cm <sup>2</sup> )	V'm (Mpa)	V'm (kg/cm <sup>2</sup> )
MN A	1.13	11.52	1.19	12.1
MN B	1.16	11.81	1.22	12.4
MN C	1.07	10.93	1.13	11.48
PC I A	0.67	6.85	0.71	7.2
PC I B	0.79	8.08	0.83	8.48
PC I C	0.65	6.61	0.68	6.95

*Nota.* Fuente: Los autores.

**Tabla 26**

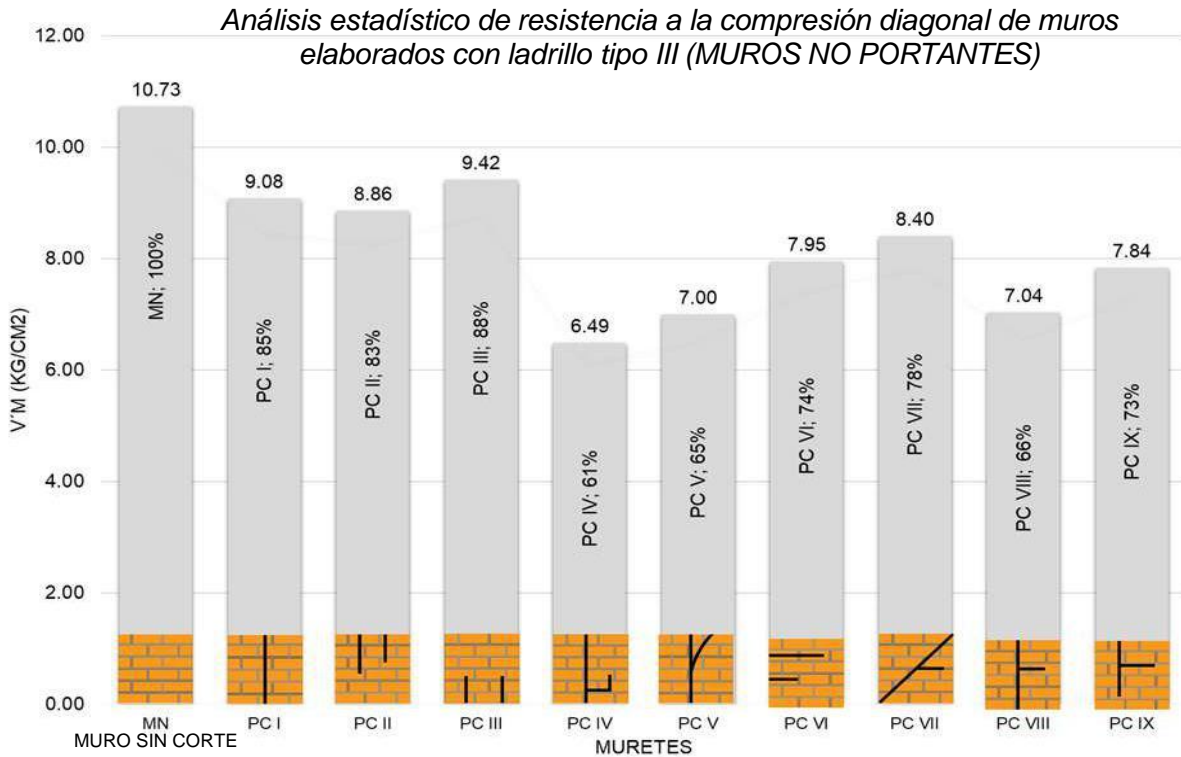
*Resultados de resistencia a la compresión diagonal de muros portantes.*

Tabla 26				
<b>Resultados de resistencia a la compresión diagonal de muros portantes.</b>				
MUROS	V'm (Mpa)	V'm (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio	Porcentaje
MN A	1.19	12.1	11.99	100%
MN B	1.22	12.4		
MN C	1.13	11.48		
PC I A	0.71	7.2	7.54	63%
PC I B	0.83	8.48		
PC I C	0.68	6.95		

*Nota.* Fuente: Los autores.

### 3.2. Análisis Estadístico

#### MUROS NO PORTANTES

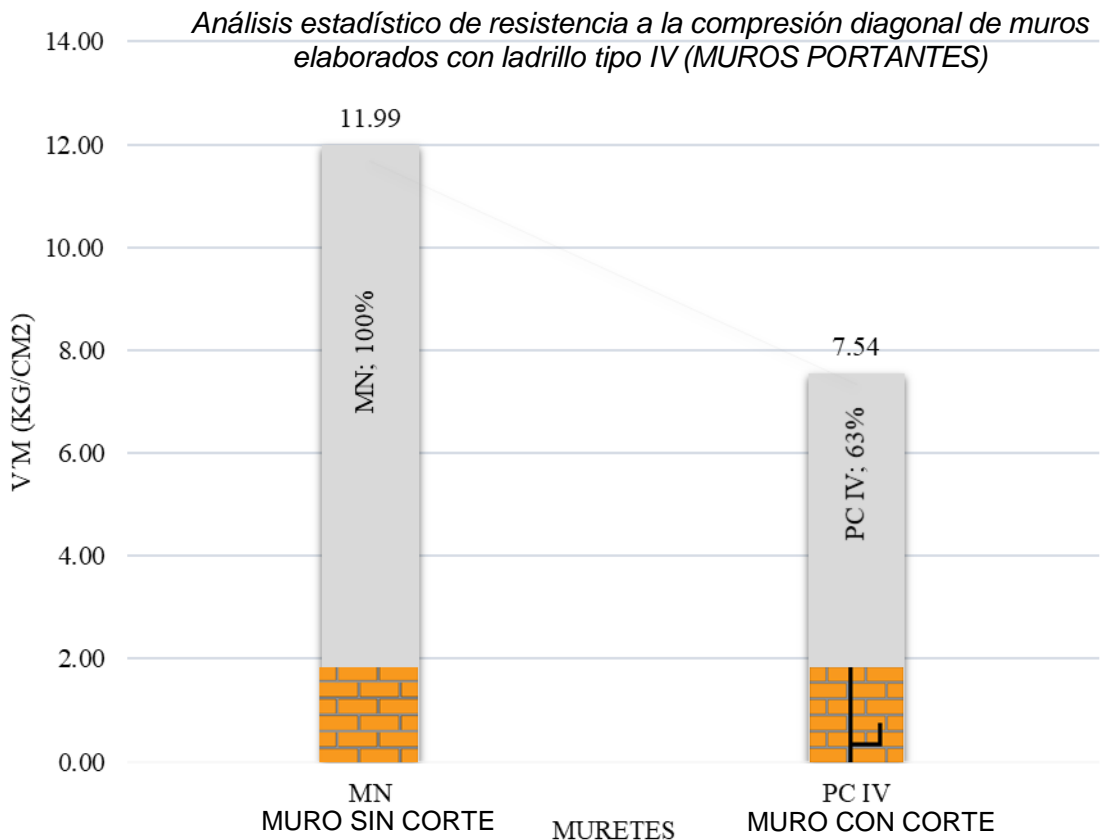


Nota. Fuente: Los autores.

De acuerdo al análisis realizado sobre los muretes fabricados con unidades de albañilería TIPO III se puede observar en la gráfica que:

1. Cuando se realiza en el muro corte horizontal y vertical para la instalación de tuberías son los que más afecta a la resistencia al corte por compresión diagonal llegando a una disminución crítica del 39% con respecto al muro normal.
2. En el corte horizontal representado por el PC VI, la resistencia al corte por compresión diagonal del muro disminuye en un 26% con respecto al muro normal.
3. En los cortes verticales son los que presentan menor variación obteniendo un 17% de disminución con respecto al muro normal.

## MUROS PORTANTES



*Nota.* Fuente: Los autores.

De acuerdo al análisis realizado sobre los muretes fabricados con unidades de albañilería TIPO IV se puede observar en la gráfica que:

1. La disminución en el murete ensayado el cual es el que tuvo más afectación en la resistencia a la compresión diagonal con unidades de albañilería TIPO III, al ensayarlo en muretes fabricados con unidades de albañilería TIPO IV obtuvo una disminución de resistencia con respecto al muro normal TIPO IV de 27 % en este muro se realizaron cortes horizontales y verticales (PC IV) para la instalación de tuberías las cuales son las que más afectan a la resistencia al corte por compresión diagonal.

## CONCLUSIONES

1. Los muros portantes y no portantes afectados por cortes realizados para instalaciones eléctricas y/o sanitarias experimentan una reducción significativa en su resistencia a la compresión diagonal. La resistencia a la compresión diagonal de los muros de albañilería afectados por cortes realizados para alojar tuberías construidos con ladrillos King Kong de 18 huecos TIPO III (muros no portantes) tiene una disminución crítica del 39% de su resistencia; mientras que los muros realizados con ladrillos King Kong de 18 huecos TIPO IV (muros portantes) tiene una disminución de 27%. Esta variación quedó evidenciada en los resultados consignados en la tabla 24 y 26, corroborada mediante el análisis estadístico correspondiente.
2. Debido a los ensayos realizados a las unidades de albañilería del Lote I y Lote II; al comparar los valores obtenidos con la tabla 1 (*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*) de la Norma E.070, se concluye que las unidades del lote I se clasifica como ladrillo tipo III, mientras que las unidades del lote II se clasifica como ladrillo tipo IV.
3. A partir de los ensayos realizados de la resistencia a compresión diagonal se identificaron en los muros los siguientes tipos de falla: falla escalonada por cortante, falla por aplastamiento de las esquinas de contacto, falla por tensión diagonal, falla combinada (por cortante y tensión diagonal), como se evidencia en el cuadro de ensayo Evaluación del tipo de falla en muretes portantes y no portantes a ensayo de compresión diagonal. Las fallas observadas en su mayoría fueron de forma explosiva y de tracción diagonal.

## RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a la investigación se recomienda evitar realizar cortes en los muros de albañilería para alojar tuberías, en caso sea necesario se debe realizar un procedimiento adecuado para la colocación de las tuberías en los muros ya sean estas para fines eléctricos o sanitarios siempre y cuando el diámetro de estas tuberías no supere los 55 mm y la cavidad realizada para la colocación solo debe ser vertical; debido a que otras configuraciones de cortes genera una disminución significativa en la resistencia a la compresión diagonal de los muros, como se identificó en los resultados de los ensayos realizados. Para tuberías de mayor diámetro se debe considerar en realizar una falsa columna o pasarlas por ductos especiales de acuerdo a lo que consigna la NORMA E.070 - ALBAÑILERÍA.
2. Utilizar las unidades de albañilería adecuadas para el sistema estructural diseñado, debido a que en las visitas realizadas se observó que en muros portantes utilizan unidades de albañilería tubulares (ladrillo pandereta) ó ladrillo King Kong tipo III, siendo el ladrillo King Kong tipo IV el que debe utilizarse para muros portantes según la NORMA E.070.
3. Realizar nuevas investigaciones con distintos espesores de junta y realizar ensayo de compresión axial en pilas de albañilería; además de realizar la fabricación con distintos tipos de sentado de muros de albañilería (canto, cabeza), con el propósito de analizar el impacto a la resistencia a compresión de los muros de albañilería.

## BIBLIOGRAFÍA

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural - 3ra Edición*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

*Norma E.070 Albañilería*. (2020).

*NTP 334.051. CEMENTOS. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 50 mm de lado [2 pulgadas]). Método de ensayo. 8ª Edición*. (2025).

*NTP 399.604. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. (2002 (revisada el 2015)).

*NTP 399.605. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. 3a Edición*. (2018).

*NTP 399.613. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª Edición*. (2017).

*NTP 399.621. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. (2004 (revisada el 2015)).

San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Wilson, S. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería.

## ANEXOS



### CONSTANCIA 007 – 2025 LEME – FICSA

El que suscribe, Director encargado del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

**HACE CONSTAR:**

Que los bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

**PIZARRO FLORES VICTOR DANIEL  
SALDAÑA OBLITAS MICHEL**

Han realizado sus ensayos desde el 27 Noviembre del 2024 al 31 Diciembre del 2024 en el laboratorio - LEME.

<u>TIPOS DE ENSAYOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
• ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO	(01)
• ENSAYO DE VARIACIÓN DE LA DIMENSIONAL DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(10)
• ENSAYO DE ALABEO DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(10)
• ENSAYO DE % DE VACIOS DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(10)
• ENSAYO DE SUCCIÓN DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(05)
• ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(05)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE 18 HUECOS	(05)
• RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO	(05)

Para dar cumplimiento a un capítulo de su proyecto de Tesis: " **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS PORTANTES Y NO PORTANTES DE LADRILLO, AFECTADO POR CORTES REALIZADOS PARA INSTALACIONES DE TUBERIAS ELECTRICAS Y / O SANITARIAS**".

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

Lambayeque, 20 de Junio del 2025



*Juan Herman*  
**DR. ING FARIAS FEIJOO JUAN HERMAN**  
DIRECTOR(e) DAIC – FICSA

## CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 30 de diciembre de 2024

Quien suscribe:

**Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar**

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

**AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS PORTANTES Y NO PORTANTES DE LADRILLO, AFECTADO POR CORTES REALIZADOS PARA INSTALACIONES DE TUBERÍAS ELECTRICAS Y/O SANITARIAS ”.**

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a los estudiantes Pizarro Flores Victor Daniel, identificado con DNI N°75669757 y Saldaña Oblitas Michel, identificado con DNI N°71071508 estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO y autores del trabajo de investigación denominado “Evaluación de la resistencia a la compresión diagonal en muros portantes y no portantes de ladrillo, afectado por cortes realizados para instalaciones de tuberías eléctricas y/o sanitarias” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados

- UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería (30)

Atentamente;



**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
GERENTE GENERAL























Solicitud de ensayo : 1201A-26/ LEMS W&C  
 Solicitante : PIZARRO FLORES VICTOR DANIEL  
 : SALDAÑA OBLITAS MICHEL  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS PORTANTES Y  
 : NO PORTANTES DE LADRILLO, AFECTADO POR CORTES REALIZADOS PARA  
 : INSTALACIONES DE TUBERIAS ELÉCTRICAS Y/O SANITARIAS  
 Ubicación : Distr. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : lunes, 12 de Enero de 2026  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de  
 : albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

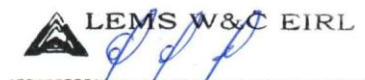
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	MN A	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	117926	1.13	11.52
02	MN B	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	120869	1.16	11.81
03	MN C	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	111893	1.07	10.93

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.  
 Ronal Enrique Altamirano  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL  
 Efevez Mendoza Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 324531

Solicitud de ensayo : 1201A-26/ LEMS W&C  
 Solicitante : PIZARRO FLORES VICTOR DANIEL  
 Atención : SALDAÑA OBLITAS MICHEL  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS PORTANTES Y NO PORTANTES DE LADRILLO, AFECTADO POR CORTES REALIZADOS PARA INSTALACIONES DE TUBERIAS ELÉCTRICAS Y/O SANITARIAS  
 Ubicación : Distr. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : lunes, 12 de Enero de 2026  
 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
 Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	PC IV A	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	70161	0.67	6.85
02	PC IV A	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	82669	0.79	8.08
03	PC IV A	22/12/2025	12/01/2026	21	615	615	120	73800	67709	0.65	6.61

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL.**  
 Ronal Enrique Altamirano Llantop  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**LEMS W&C EIRL.**  
 Euferez Mendoza Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 324531