

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR: Santillán Ruiz, José Alfonso

ASESOR: Diestra Rodríguez, Alexander

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

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

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería estructural y municipal

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47608418

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41478459

Grado/Título: Maestro en ciencias de la educación
con mención en docencia en educación superior e
investigación

Código ORCID: 0000-0002-5764-9121

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
2	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384
3	Chiguala Contreras, Yasser Everet	Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión	18081080	0000-0001-5877-9377



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL FILIAL LEONCIO PRADO

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

En la ciudad de Tingo María, siendo las 16:30 horas del día **miércoles 11 de junio de 2025**, en el Aula 301 – EDIF2 de la Filial Leoncio Prado, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| • MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | PRESIDENTE |
| • MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | SECRETARIO |
| • MG. YASSER EVERET CHIGUALA CONTRERAS | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1040-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: “ESTRUCTURAS DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROZ EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDAS, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”, presentado por el (la) Bachiller. **Jose Alfonso SANTILLAN RUIZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 16:30 horas del día **miércoles 11 de junio de 2025**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente
MG. MARTIN CESAR VALDIVIEZO ECHEVARRIA
DNI 22416570
COD ORCID 0000-0002-0579-5135



Vocal
MG. YASSER EVERET CHIGUALA CONTRERAS
DNI 18081080
COD ORCID 0000-0001-5877-9377



Secretaria
MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI 05860064
COD ORCID 0009-0000-5148-6384



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JOSÉ ALFONSO SANTILLÁN RUIZ, de la investigación titulada "Estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín", con asesor(a) ALEXANDER DIESTRA RODRÍGUEZ, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2150-2022-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 20 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 23 de diciembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

25. Santillán Ruiz, José Alfonso.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	9%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	distancia.udh.edu.pe	8%
	Fuente de Internet	
2	Submitted to Universidad TecMilenio	3%
	Trabajo del estudiante	
3	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.udh.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	cdn.www.gob.pe	1%
	Fuente de Internet	



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño a mis padres JOSE MATSUO SANTILLAN y ESTELA RUIZ GUZMÁN por todo su apoyo incondicional, su fe en mi camino para lograr mis sueños, a mis hermanos y sobrinas por estar en todo momento en mi camino en el logro de mi formación como profesional.

AGRADECIMIENTO

De primera mano a Dios y a mis padres. Por ser ellos mi motor para lograr mi meta.

A la UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO por brindarme la llave y encaminar mi formación como profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	12
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.6. VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO	16
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL	16
2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL	16
2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL	17
2.2. BASES TEÓRICAS	17
2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS	17
2.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	18
2.3. DESCRIPCIONES CONCEPTUALES	18
2.3.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA	18
2.3.2. ALBAÑILERÍA ARMADA	18

2.3.3.	ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	19
2.3.4.	ALBAÑILERÍA NO REFORZADA	19
2.3.5.	ALBAÑILERÍA REFORZADA O ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL	19
2.3.6.	ARRIOSTRE	19
2.3.7.	ALTURA EFECTIVA	19
2.3.8.	BORDE LIBRE.....	19
2.3.9.	CONCRETO LÍQUIDO O GROUT	19
2.3.10.	COLUMNA.....	20
2.3.11.	CONFINAMIENTO.....	20
2.3.12.	CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA.....	20
2.3.13.	ESPESOR EFECTIVO.....	20
2.3.14.	MURO DE ARRIOSTRE	20
2.3.15.	MURO PORTANTE	20
2.3.16.	MURO NO PORTANTE	21
2.3.17.	MORTERO	21
2.3.18.	PLACA.....	21
2.3.19.	TABIQUE	21
2.3.20.	VIGA SOLERA.....	21
2.3.21.	MARÍA PRIMA	21
2.3.22.	MANUFACTURA	22
2.3.23.	DESIGNACIÓN.....	22
2.3.24.	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	22
2.3.25.	DIMENSIONES Y ÁREAS	23
2.3.26.	REQUERIMIENTO	24
2.4.	HIPÓTESIS GENERAL.....	26
2.4.1.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
2.5.	VARIABLES.....	26
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	26
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	26
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	27
	CAPÍTULO III.....	29
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL).....	29

3.1.1. ENFOQUE	29
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	29
3.1.3. DISEÑO	30
3.2. POBLACIÓN Y NUESTRAS	30
3.2.1. POBLACIÓN	30
3.2.2. MUESTREO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	33
3.2.3. RECAPITULACIÓN	34
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.3.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	36
CAPÍTULO IV.....	41
RESULTADOS.....	41
4.1. EXHIBICIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO.....	41
4.1.1. ENSAYO DE ALABEO.....	46
4.1.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	48
CAPÍTULO V.....	52
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
5.1. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DISPONIBLES EN EL LABORATORIO CON LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LOS REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS DE LA BASE TEÓRICA.....	52
5.1.1. RESULTADOS FINALES DE LA PRUEBA DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	52
5.1.2. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	54
5.1.3. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE ALABEO.....	55
5.1.4. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	57
5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	59
5.3. APOORTE CIENTÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ladrilleras en la ciudad de Juanjuí.....	31
Tabla 2 Número de ladrilleras a intervenir en la ciudad de Juanjui.....	33
Tabla 3 Número de ejemplares para cada ensayo	34
Tabla 4 Número de ejemplares por cada ladrillera	34
Tabla 5 Resistencia a la compresión de varias unidades de albañilería	51
Tabla 6 Resumen de los resultados de la variación dimensional de la ladrillera Las Galaxias	52
Tabla 7 Valores de norma, y ensayo 1	52
Tabla 8 Resumen de los resultados de la variación dimensional de la ladrillera Bombonaje.....	53
Tabla 9 Valores norma y ensayo 2	53
Tabla 10 Resumen de los Valores de Absorción de la ladrillera Las Galaxias	54
Tabla 11 Resumen de los valores obtenidos de absorción de la ladrillera Bombonaje.....	54
Tabla 12 Resumen de los Valores obtenido de Alabeo de la ladrillera Las Galaxias.....	55
Tabla 13 Resumen de los Valores de Alabeo de la ladrillera Bombonaje....	56
Tabla 14 Resumen de los Valores de Resistencia a la compresión de la ladrillera Las Galaxias.....	57
Tabla 15 Resumen de los Valores de Resistencia a la compresión de la ladrillera Bombonaje	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 elementos de mampostería, (Ladrillera Bombonaje)	35
Figura 2 Ladrillera Las Galaxias	35
Figura 3 Variación dimensional (Ladrillera las Galaxias)	42
Figura 4 Ensayo de variación dimensional	43
Figura 5 Variación de absorción (Ladrillera las Galaxias)	44
Figura 6 Variación de absorción (Ladrillera Bombonaje)	45
Figura 7 Variación de alabeo (Ladrillera las Galaxias)	46
Figura 8 Variación de alabeo (Ladrillera Bombonaje)	47
Figura 9 Variación de resistencia a la compresión (Ladrillera las Galaxias)	48
Figura 10 Variación de resistencia a la compresión (Ladrillera Bombonaje)	49

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es comprender las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de arcilla con cascarilla de arroz hechos de manera artesanal y el uso en viviendas en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas de la Provincia de Mariscal Cáceres – Departamento de San Martín. Primero se ubicaron las ladrilleras artesanales, posteriormente se identificó los hornos y la producción mensual, la demanda versus la oferta de las unidades de albañilería disponibles en el mercado y se registraron; mediante el trabajo de campo se logró identificar a 7 ladrilleras que forman parte del área de estudio.

A continuación, se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio empleando unidades de albañilería de arcilla mezcladas con cascarilla de arroz provenientes de dos ladrilleras, tal como se detalla en el siguiente resumen.

En el laboratorio las unidades de albañilería fueron sometidas a las siguientes pruebas (Absorción, Resistencia a la Compresión, Variación Dimensional y Alabeo). A partir de los hallazgos, se llevó a cabo una comparación del uso en las viviendas en relación con la Norma Técnica A. 020.

Palabra clave: Estructuras, viviendas, ladrillos, cascarilla, arroz, asentamiento.

ABSTRACT

The objective of this research is to understand the physical and mechanical properties of the clay masonry unit with rice husks made by hand and its use in homes in the Micaela Bastidas Human Settlement of the Province of Mariscal Cáceres – Department of San Martín. First the artisanal brickyards were located, then the kilns and monthly production, demand versus supply of masonry units available on the market were identified and recorded; Through field work, it was possible to identify 7 brickyards that are part of the study area.

Laboratory tests were then carried out using clay masonry units mixed with rice husks from two brickyards, as detailed in the following summary.

In the laboratory, the masonry units were subjected to the following tests (Absorption, Compression Strength, Dimensional Variation and Warping). Based on the findings, a comparison of the use in homes was carried out in relation to Technical Standard A. 020.

Keyword: Structures, housing, bricks, husk, rice, settlement.

INTRODUCCIÓN

A medida que los seres humanos pasaron de un estilo de vida nómada a comunidades asentadas, el deseo de una vivienda permanente o un hogar propio se convirtió en una aspiración importante. Con base en los datos más recientes del censo nacional; XII de la Población, III de Comunidades Indígenas y VII de Vivienda del 2017, se encontró 36% de viviendas en nuestro país están construidas con albañilería, mientras que un 43% son de adobe. Como resultado, la gran mayoría de las casas se encuentran entre los primeros porcentajes; clasificándose como albañilería confinada.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo identificar las debilidades de las unidades de albañilería confinada utilizada en este tipo de viviendas.

En la región (Departamento de San Martín), como en todo el país, la mayoría de los muros de albañilería confinada se construyen utilizando unidades de albañilería hechas a mano. A pesar de su uso generalizado, falta de información completa y especificaciones técnicas sobre los bloques de mampostería y su aplicación según la norma A. 020.

Calidad de los bloques de arcilla con cascarilla de arroz fabricadas en la provincia de Mariscal Cáceres y su uso en las viviendas del Asentamiento Humano Micaela Bastida se puede medir con base en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería simple.

Es fundamental entender que las calidades de las unidades de albañilería simple no están determinadas únicamente por el tipo de arcilla utilizada, sino también por el mortero y el esfuerzo puesto en la construcción. Considerando la importancia de las características en mención, en la investigación no nos limitamos a evaluar las unidades de arcilla con cascarilla de arroz y el uso en las estructuras habitacionales del Asentamiento Humano Micaela Bastidas según la norma técnica A. 020, se dispone de la información requerida para alcanzar la meta.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según las muestras del último censo XII y del VII censo de vivienda de 2017, según los cuales el 36% de todas las edificaciones residenciales de nuestro país son de albañilería, y el 43% de ellas son de adobe.

Siendo en la ciudad de Juanjuí, en el Asentamiento Humano Micaela Bastida, como en otras partes del país, las casas son de albañilería de arcilla y construidas con adobe, la mayoría se producen en la misma ciudad de Juanjuí y se elaboran con técnicas tradicionales.

Aparte del uso continuado de ladrillos de arcilla por parte de los habitantes del Asentamiento Humano de Micaela Bastida, no se dispone de detalles fundamentales acerca de las propiedades estructurales (propiedades mecánicas y físicas), y considerando las deficiencias estructurales, tomamos la iniciativa de fabricar ladrillos, que contiene cáscara de arroz; la región San Martín es fabricante de este componente y por tanto cuenta con el stock necesario.

Por otro lado, en muchos casos las unidades de arcilla por temporadas se denota una gran escasez de este por los materiales que se emplea y esto lleva a un aumento del precio, tomando la decisión de importar de otras regiones está causando pérdidas económicas al mercado local y desempleo a los residentes locales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la relación entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillo con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué características presentan las estructuras de viviendas construidas con ladrillos convencionales en el asentamiento humano Micaela Bastidas?
- ¿Qué propiedades físicas y térmicas tienen los ladrillos elaborados con cascarilla de arroz?
- ¿De qué manera influye el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en la durabilidad y resistencia de las viviendas?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la relación entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillo con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación entre las estructuras de vivienda y los requerimientos de la Norma Técnica A.20 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Determinar la relación entre los ladrillos con cascarilla de arroz y los requerimientos de la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el asentamiento humano Micaela Bastidas se ubica en una zona considerada con actividad sísmica intermedia (zona sísmica 2, según Norma Técnica de Edificaciones E.030), En esta área, la mayoría de las edificaciones están construidas predominantemente con ladrillos de arcilla y pueden alcanzar hasta tres pisos de altura. Esta característica las hace especialmente vulnerables a los efectos de los sismos. Por lo tanto, es fundamental analizar

las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo que incorpora cascarilla de arroz, empleado en este asentamiento. Este análisis tiene como objetivo comprender mejor el comportamiento de las estructuras y facilitar la propuesta de soluciones más efectivas.

Otras características a considerar es el desconocimiento de las técnicas constructivas, como quedo claramente demostrado que existen edificaciones con procedimientos constructivos deficientes.

Como las construcciones autoconstruidas, como las que predominan en ambientes urbanos, carecen de asesoramiento técnico, se puede observar problemas como los encontrados en el asentamiento humano Micaela Bastida, donde la situación del suelo y el escaso control de la calidad de los materiales de construcción (específicamente en los ladrillos de arcilla) sin evidentes.

Hacen que la edificación de mampostería a lo largo de su vida útil, se presentan problemas estructurales, como fisuras, desmoronamiento y complicaciones de diseño estructural, etc. En consecuencia, se elaborará la investigación de los ladrillos con cascarilla de arroz que se fabrican en la provincia de Mariscal Cáceres de manera artesanal, y estas son usadas para las edificaciones en el asentamiento humano Micaela Bastidas, denominado: ESTRUCTURAS DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROZ EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDAS, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Pruebas que se desarrollarán en el estudio de investigación serán:

- Absorción
- Variación Dimensional
- Alabeo
- Resistencia a la Compresión

Será desarrollado en el laboratorio.

Para identificar la calidad de los ladrillos de cascarilla de arroz, es necesario considerar la calidad de sus materiales utilizados; debido a sus dimensiones que pueda resultar de la evaluación de las características de otros elementos; este proyecto de investigación de ocupar únicamente del uso de los ladrillos con cascarilla de arroz que se fabrican de manera artesanal en la ciudad de Juanjuí.

Hemos llegado a la conclusión de que tanto los ladrillos como el mortero deben ser de buena calidad. Por consiguiente, sería recomendable considerar la calidad de otros tipos de ladrillos para determinar cuáles son los más adecuados. Sin embargo, en el presente estudio, este aspecto no ha sido tenido en cuenta, ya que nos estamos centrando exclusivamente en el uso de ladrillos elaborados con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastida, por las razones previamente mencionadas.

El presente estudio se desarrollará únicamente enfocado a las estructuras de vivienda y el uso del ladrillo con cascarilla de arroz que son fabricados artesanalmente, más no a la fabricación industrial, dado que no es relevante para el estudio, es importante señalar que actualmente la mayoría de las ladrilleras operan con producción industrial y solo unas pocas mantienen el enfoque artesanal.

1.6. VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando la situación con el problema a estudiar y resolver durante el desarrollo de esta investigación, es crucial señalar que, en el departamento de San Martín, especialmente en la ciudad de Tarapoto, se dispone de todos los instrumentos y equipos de laboratorio necesarios para llevar a cabo un análisis exhaustivo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados con cascarilla de arroz. Esto hace que la investigación sea viable y factible. Además, Tarapoto se encuentra a solo dos horas de la ciudad de Juanjuí, donde se ubica el asentamiento humano Micaela Bastidas.

El cual beneficiará enormemente a los profesionales de ingeniería civil, constructores civiles y otros campos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

Norma Lissette Zea Osorio. (Guatemala noviembre 2005). En su tesis titulada: Caracterización de las Arcillas para la Fabricación de Ladrillos artesanales, se concluye:

El objetivo de la evolución de las propiedades físicas y químicas de los suelos empleados en la elaboración de los ladrillos en la zona de Tejar – Chimaltenango, es establecer las características de las unidades de albañilería con el fin de lograr una óptima producción de alta calidad.

Se especifican los ensayos efectuados para analizar las propiedades mecánicas y características físicas de la albañilería a través de la utilización de los ensayos siguientes: granulometría a través de sedimentación y tamices, pruebas de compresión y porcentaje de absorción, con el objetivo de establecer las características de las unidades de albañilería cocida.

Con los resultados alcanzados de esos ensayos de laboratorio; se realiza el proceso de tabulación de los resultados con el objetivo de clasificar las unidades de arcilla cocida en la fabricación artesanal.

2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL

Ríos Vásquez, Freddy Wilson (2018) en su tesis titulada: Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades de Albañilería de Arcilla Fabricadas Artesanalmente en la Ciudad de Huánuco durante el año 2017.

El estudio se centra en la evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de las unidades de albañilería de arcilla, elaboradas artesanalmente en la ciudad de Huánuco durante el año 2017. Su

objetivo es determinar las características de estas unidades con el fin de alcanzar un producto de alta calidad.

Se realiza una descripción de los ensayos diseñados para determinar las características mecánicas y físicas de las unidades de albañilería de arcilla. Estos ensayos incluyen la absorción, el albeo, la variación dimensional y la resistencia a la compresión, y son fundamentales para evaluar las propiedades de dichas unidades.

Con los datos recabados en estas pruebas de laboratorio, se llevará a cabo una tabla con los resultados para proceder a la clasificación de las unidades de albañilería.

2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL

No se encontró investigación local con referencia al tema.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Absorción, Variación Dimensional y Albeo

2.2.1.1. ABSORCIÓN

La absorción de humedad se refiere a la distinción entre dos ladrillos: uno que ha sido secado al horno y otro que ha sido sumergido en agua.

2.2.1.2. VARIACIÓN DIMENSIONAL

La variabilidad dimensional influye en la altura del muro de ladrillo, puesto que se observa una variación considerable en la necesidad de aumentar el grosor de las juntas de mortero más allá de lo indispensable (12 a 15 mm), lo cual resulta en una disminución de la resistencia a la compresión de la mampostería.

2.2.1.3. ALABEO

La diferencia en la verticalidad u horizontalidad de los planos o líneas en una unidad de mampostería puede provocar que las juntas horizontales presenten huecos a lo largo del muro. Esto, a su vez, reduce la adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería, lo que conlleva a una disminución en la resistencia del muro. Este fenómeno se observa con mayor frecuencia en ladrillos elaborados de manera artesanal.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

2.2.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se considera como una propiedad fundamental a las unidades de mampostería. Valores elevados de resistencia a la compresión son señal de excelente calidad para cualquier uso estructural o decorativo, mientras que valores bajos denotan materiales de construcción débiles.

2.3. DESCRIPCIONES CONCEPTUALES

2.3.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA

El material de construcción formada de bloques o bloques apilados sobre los que se aplica mortero, en este último caso a partir de elementos integrales. (RNE E.0.70).

2.3.2. ALBAÑILERÍA ARMADA

El interior de la fábrica de ladrillo se refuerza con barras de acero colocadas vertical y horizontalmente, integradas mediante hormigón líquido, de modo que los distintos elementos resistan la presión juntos. Muros de mampostería reforzada también conocidos como muros armados.

2.3.3. ALBAÑILERÍA CONFINADA

Sistema constructivo que combina muros de ladrillo con elementos de concreto armado, como columnas y vigas, para mejorar la resistencia y rigidez de la edificación (RNE E.0.70).

2.3.4. ALBAÑILERÍA NO REFORZADA

Albañilería simple, es un sistema constructivo que utiliza únicamente ladrillos unidos con mortero sin ningún tipo de refuerzo de acero. (RNE E.0.70).

2.3.5. ALBAÑILERÍA REFORZADA O ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL

Sistema constructivo que combina la resistencia del ladrillo con el esfuerzo del acero para crear estructuras más fuertes y resistentes. (RNE E.0.70).

2.3.6. ARRIOSTRE

Elementos estructurales que se utilizan para aumentar la rigidez y resistencia de las estructuras, principalmente en edificaciones. (RNE E.0.70).

2.3.7. ALTURA EFECTIVA

Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el punto de apoyo o restricción, considerando la influencia de la rigidez de los elementos adyacentes. (RNE E.0.70).

2.3.8. BORDE LIBRE

Refiere al extremo de un elemento estructural que no está sujeto o restringido por otro elemento. (RNE E.0.70).

2.3.9. CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

Mezcla fresca de cemento, agregado (arena y grava), agua y aditivos que se utilizan para construir estructuras de concreto. (RNE E.0.70).

2.3.10. COLUMNA

Elemento estructural vertical que se utiliza para soportar cargas y transferirlas hacia la base de una estructura. (RNE E.0.70).

2.3.11. CONFINAMIENTO

Acción de rodear un elemento estructural con otro material más resistente para mejorar su capacidad de cargar, resistencia al pandero y ductilidad. (RNE E.0.70).

2.3.12. CONSTRUCCIÓN DE ALBAÑILERÍA

Sistema de constructivo tradicional que utiliza unidades de mampostería, como ladrillos o piedras, unidos con mortero para formar muros, columnas, arcos y otras estructuras. (RNE E.0.70).

2.3.13. ESPESOR EFECTIVO

Concepto utilizado en el análisis estructural para calcular la resistencia real de un elemento estructural compuesto, como una viga de acero como alma de concreto o una columna de acero con relleno de concreto. (RNE E.0.70).

2.3.14. MURO DE ARRIOSTRE

Un muro que proporciona estabilidad y resistencia lateral contra otro muro, por lo que debe ser capaz de resistir reacciones horizontales del muro, generalmente perpendiculares al otro muro. (RNE E.0.70).

2.3.15. MURO PORTANTE

Los muros están diseñados y contruidos para transferir cargas horizontales y verticales desde el interior horizontalmente o hacia los cimientos. Estos muros forman la estructura de mampostería y deben tener continuidad vertical. (RNE E.0.70).

2.3.16. MURO NO PORTANTE

Tipo de muro que no está diseñado para soportar cargas importantes, como el peso del techo o los pisos superiores. (RNE E.0.70).

2.3.17. MORTERO

Mezcla pastosa compuesta por cemento, arena y agua, que se utiliza como aglutinante en la construcción de albañilería. (RNE E.0.70).

2.3.18. PLACA

Muros de carga de hormigón armado. (RNE E.0.70).

2.3.19. TABIQUE

Un muro interior que no tiene función estructural, es decir no soporta el peso del techo o de los pisos superiores. (RNE E.0.70).

2.3.20. VIGA SOLERA

Elemento estructural horizontal que se utiliza para distribuir las cargas provenientes del techo o de los pisos superiores hacia las columnas o muros portantes. (RNE E.0.70).

2.3.21. MARÍA PRIMA

2.3.21.1. ARCILLA

Material natural que se forma a partir de la descomposición de rocas como el feldespato. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.21.2. ESQUISTO ARCILLOSO

Es una roca sedimentaria compuesta principalmente por minerales arcillosos, como la caolinita, la montmorillonita y la illita. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.21.3. ARCILLA SUPERFICIAL

Es una formación arcillosa suelta que se presenta en la superficie de la tierra. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.22. MANUFACTURA

2.3.22.1. ARTESANAL

Que se realiza de forma manual con técnica tradicionales y utilizando materiales naturales o poco procesados. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.22.2. INDUSTRIAL

Todo relacionado con la producción en masa de bienes y servicios utilizando maquinaria y tecnología avanzada. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.23. DESIGNACIÓN

Este es un método de denominación elegido en función de las características del ladrillo. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.24. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Es cada uno de los elementos individuales que se utilizan para construir muros, columnas, arcos y otras estructuras de albañilería. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.24.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUACA

Se refiere a la construcción de muros o elementos estructurales utilizando unidades de albañilería que tiene huecos o cavidades en su interior. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.24.2. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA O MACIZA

Se refiere la construcción de muros y elementos estructurales utilizando unidades de albañilería maciza, es decir, sin huecos o

cavidades en su interior. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.24.3. LADRILLO TUBULAR O PANDERETA

Se refiere a un tipo de construcción que utiliza unidades de albañilería con forma tubular o cilíndrica. (NORMAS TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.24.4. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ALVEOLAR

Es un tipo de bloque de construcción que presenta una estructura interna con hueco o alveolos, que generalmente se rellenan con material aislante. (RNE E.0.70).

2.3.24.5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA APILABLE

Es un tipo de bloque de construcción que se diseña para ser fácilmente apilado una encima del otro. (RNE E.0.70).

2.3.25. DIMENSIONES Y ÁREAS

2.3.25.1. DIMENSIONES ESPECIFICADAS

El tamaño del ladrillo debe depender de su forma. Es un bloque de mampostería alveolar que endurece sin mortero.

2.3.25.2. DIMENSIONES

El tamaño real del ladrillo. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.25.3. LARGO

Este es el tamaño máximo de la superficie base del ladrillo. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.25.4. ANCHO

Dimensión horizontal de un objeto o espacio. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.25.5. ALTO

Esta es la medida que forma un ángulo recto con la superficie de la base del ladrillo. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.25.6. ÁREA BRUTA

Superficie total de un espacio, incluyendo todas las áreas construidas, sin tener en cuenta los espacios no habitables como muros y baños. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.25.7. ÁREA NETA

Superficie útil de un espacio, es decir, el área realmente que se pueda utilizar, excluyendo las áreas no habitables como muros, columnas, baños. (NORMA TÉCNICA ITINTEC 331.017).

2.3.26. REQUERIMIENTO

Necesidad o condición que debe ser satisfecha para lograr un objetivo específico. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ NORMA

Estándar o regla que establece un conjunto de requisitos o especificaciones para procesos, productos, servicios o actividades. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ PROPIEDADES

Se refiere a un conjunto de bienes inmuebles, como casas, edificaciones, terrenos o departamentos, que son propiedad de una persona o entidad. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ EVALUAR

Indicar el valor de algo, valorar, estimar, determinar el valor de algo. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **DETERMINAR**

Establecer o precisar con exactitud algo, ya sea un hecho, una característica, una causa, una solución o un curso de acción. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **CUMPLIR**

Llevar a cabo o ejecutar algo de acuerdo con lo establecido o requerido. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **CÁLCULO**

Conjetura, suposición, deducción. //2. m. Cómputo que se hace de algo por medio de operaciones matemáticas. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **CONTENIDO**

Es un término amplio que puede referirse a la información o material que compone algo. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **RESISTENCIA**

Es un término de abarcar desde la capacidad de un material para soportar una fuerza hasta la capacidad de una persona para resistir la presión o la oposición a algo. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **ENSAYOS**

Prueba, test, experimento, tanteo, sondeo, reconocimiento, examen, verificación, probatura. //2. m. Acción y efecto de ensayar. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **FICHAS**

Se refiere a varios objetos pequeños que se usan para contar, jugar, identificar, controlar el acceso o almacenar información.

(DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

➤ **OBSERVACIÓN**

Examen, análisis, contemplación. (DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA).

2.4. HIPÓTESIS GENERAL

Existe relación significativa entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.

2.4.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Existe relación significativa entre las estructuras de vivienda y los requerimientos de la Norma Técnica A.20 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Existe relación significativa entre los ladrillos con cascarilla de arroz y los requisitos establecidos en la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Estructura de viviendas.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Ladrillo con cascarilla de arroz.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Variables	Dimensiones	Tipo	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Ladrillo con cascarilla de arroz	1. Proceso de mezcla.	Variable independiente.	1.1. Extrusión manual.	1.1.1. Revisión documentaria y observación.	1.3.1.1. Registro de datos y ficha técnica.
	2. Proceso de secado		1.2. Experiencia operario.	1.2.1. Observación.	1.2.1.1. Fichas técnicas.
	3. Proceso de cocción.		1.3. Tiempo de mezclado.	1.3.1. Observación.	1.3.1.1. Fichas técnicas.
			2.1. Patio de secado.	2.1.1. Observación.	2.1.1.1. Fichas técnicas.
			2.2. Distribución de los ladrillos en el patio de secado.	2.2.1. Observación.	2.1.1.2. Fichas técnicas.
				2.3.1. Observación.	2.1.1.3. Fichas técnicas.
			2.3. Apilamiento de los ladrillos.	3.3.1. Observación.	3.1.1.1. Fichas técnicas.
				3.3.2. Observación.	3.2.1.1. Fichas técnicas.
				3.3.3. 3.3.1. Observación.	3.3.1.1. Fichas técnicas.
			3.1. Tiempo de cocción.		
			3.2. Quemado de los ladrillos.		
			3.3. Sinterización.		
Estructura de viviendas	1. Parámetros de diseño.	Variable dependiente.	1.1. Z = Factor de Zona.	1.1.1. Razón.	1,1,1,1, Norma A. 020.
			1.2. U = Uso.	1.2.1. Razón.	1.2.1.1. Norma A. 020.
	2. Análisis estructural.		1.3. S = Factor suelo.	1.3.1. Razón.	1.3.1.1. Equipos.
				1.4.1. Razón.	1.4.1.1. Norma A. 020.

3. Diseño de muros.	1.4. C=Factor de amplificación	1.5.1. Razón.	1.5.1.1. Norma A. 020.
4. Diseño de elementos estructurales	sísmica.	2.1.1. Razón.	2.1.1.1. Excel.
	1.5. R=Reducción.	2.2.1. Razón.	2.2.1.1. Excel.
		2.3.1. Razón.	2.3.1.1. Excel.
	2.1. V = fuerza cortante.	3.1.1. Razón.	3.1.1.1. Excel.
	2.2. M = momento.		
	2.3. A = Fuerza axial.	4.1.1. Razón.	4.1.1.1. Excel y AutoCAD.
		4.2.1. Razón.	4.2.1.1. Excel y AutoCAD.
	3.1. Resistencia global de la estructura.	4.3.1. Razón.	4.3.1.1. Excel y AutoCAD.
		4.4.1. Razón.	4.4.1.1. Excel y AutoCAD.
	4.1. Diseño de cimentación.		
	4.2. Diseño de losa.		
	4.3. Diseño de columnas.		
	4.4. Diseño de viga		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL)

La investigación aplicada, también conocida como investigación práctica o empírica, se centra en el análisis de la realidad con el objetivo de abordar y resolver problemas. Su enfoque principal radica en la creación, desarrollo y mejora del conocimiento en contextos prácticos. (Cívicos y Hernández, 2007, p. 37).

El estudio es de tipo aplicado, ya que tiene como objetivo mejorar las estructuras de vivienda mediante el uso de un ladrillo confeccionado a partir de cascarillas de arroz. Este enfoque experimental permite aprovechar las ventajas de este material, así como su bajo costo de producción artesanal.

3.1.1. ENFOQUE

Emplea la recopilación y el análisis de datos para responder a una o varias preguntas de investigación y poner a prueba las hipótesis formuladas. (Vega-Malagón y otros)

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, fundamentándose en procesos que se apoyan en normas técnicas, manuales e instrumentos de recolección de datos, y utilizando métodos estadísticos que permiten mediciones precisas.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El objetivo de esta investigación es proporcionar una explicación y comprensión del fenómeno en cuestión. En este nivel, es fundamental formular hipótesis de investigación que permitan identificar los elementos de causa y efecto relacionados con los fenómenos de interés para el investigador. (Ramos, 2020, p. 2).

En la investigación con alcance descriptivo de tipo cualitativo, se busca realizar estudios de tipo fenomenológicos o narrativos

constructivistas, que busquen describir las representaciones subjetivas que emergen en un grupo humano sobre un determinado fenómeno. (Ramos, 2020, p. 3).

El estudio es de nivel explicativo y descriptivo, puesto que, se explica el desempeño de los ladrillos con relación a las normas requeridas para la construcción de viviendas; y asimismo se describe el proceso implementación de estructuras de viviendas con base en ladrillos de cascarillas de arroz cumpliendo las normas técnicas sobre edificación y albañilería.

3.1.3. DISEÑO

Los procedimientos basados en el control condicional permiten evaluar, sustentar, rechazar o modificar una hipótesis. (Badí y otros, 2007, pp. 284-285)

La investigación experimental se refiere al análisis de la manipulación deliberada de una o más variables independientes para probar los efectos de la manipulación sobre la variable dependiente. (Baena, 2017, p. 108).

El estudio se enmarca dentro de un diseño experimental, dado que se manipula la variable independiente, que en este caso es el ladrillo con cascarilla de arroz. Esta manipulación influye en la variable dependiente, que corresponde a la estructura de viviendas elaboradas con dicho material.

3.2. POBLACIÓN Y NUESTRAS

3.2.1. POBLACIÓN

Elementos accesibles o unidades de análisis que se encuentran dentro del ámbito específico en el que se lleva a cabo el estudio. (Condori-Ojeda, 2020, p. 2).

Los residentes de este proyecto estarán formados por una

estructura de vivienda hecha unidades de albañilería de cáscara de arroz en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.

Localización y Registro de Ladrillera

Después de ubicar y zonificar las ladrilleras, comenzamos a registrar a través del trabajo de campo, registrando cada ladrillera.

Con un código catastral, cada uno de ellos se identifica con las siglas del área y el número de ladrillera. Ejemplo: Ladrillera N° 13, ubicada en la ciudad de Juanjuí (área de acopio); su código será CPJ-13. Los registros están asignados a la zona en la que se encuentra la ciudad de Juanjuí como se ve en el siguiente cuadro, también se registra el volumen de producción de cada uno.

Tabla 1
Ladrilleras en la ciudad de Juanjuí

CODIG			Nº	CAPA	VOL.
. Ó	LADRILLERA	UBICACIÓN	DE	CIDAD	DE
CATE			HO	DEL	PROD
G.			RN	HORN	UCCIÓ
			OS	O	N
				(MILL	(MILL/
				AR)	MES)
CPJ-01	EI SOL	Jr. Pedro Arévalo C3	1	10	
		Juanjuí			
CPJ-02	MORENO	Jr. Bello Horizonte C1	1	5	
		Juanjuí			
CPJ-03	GASPARIN	Jr. Bombonaje C4 Juanjuí	1	5	
CPJ-04	LOPEZ	Jr. Bombonaje C4 Juanjuí	1	10	
CPJ-05	ARCHENTI	Jr. Bombonaje C4 Juanjuí	1	6	
CPJ-06	LAS	Av. Belaunde Terry	1	5	
	GALAXIAS	Juanjuí			
CPJ-07		Bombonaje parte alta	1	6	
	BOMBONAJE	Juanjuí			

a) De las ladrilleras tomadas en cuenta solo la ladrillera CPL-06 es la única que cuenta con las licencias de funcionamiento.

b) Otros de los criterios tomados en cuenta para no tomar en cuenta en la investigación a las ladrilleras descritas en el Cuadro 1 son las siguientes:

- EXISTENCIA EN EL MERCADO; se excluyeron las ladrilleras investigadas, que no tienen existencia en el mercado porque sus características no habían implementado criterios para aumentar o mejorar la calidad de su producción (bloques de ladrillos con cascarilla de arroz). Estas afirmaciones han sido confirmadas por los dueños de las empresas que realizan el traslado de los ladrillos a distintos puntos de la ciudad de Juanjuí.
- TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN: de acuerdo lo mencionado por los propietarios no usan el componente que es cascarilla de arroz en su producción debido a que la cascarilla de arroz al no ser molido produce laceraciones en las manos de los trabajadores, teniendo en cuenta que las unidades de mampostería son artesanales y producidas sin medidas de seguridad.
- Por último, considerando las anotaciones previas, la población participante en el proyecto de investigación denominada: **ESTRUCTURAS DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROZ EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDAS, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN**, serán los siguientes:

Tabla 2*Número de ladrilleras a intervenir en la ciudad de Juanjui*

CODIG. Ó CATEG.	LADRILLERA	UBICACIÓN	Nº DE HORNOS	CAPACIDAD DEL HORNO (MILLAR)	VOL. DE PRODUCCIÓN (MILL/MES)
CPJ-06	LAS GALAXIAS	Av. Belaunde Terry Juanjuí	1	5	
CPJ-07	BOMBONA JE	Bombonaje parte alta Juanjuí	1	6	

3.2.2. MUESTREO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

3.2.2.1. MARCO CONCEPTUAL

- Lote: Es un grupo de ladrillos de forma y tamaño similar, elaborados de forma similar en el proceso de fabricación.
- Muestra: Es un conjunto de ladrillos seleccionados aleatoriamente del lote para obtener la información necesaria para el análisis de las propiedades del lote.
- Espécimen: Se trata de cada unidad designada en el lugar para llevar a cabo cada prueba, conforme a lo señalado en la Norma.

3.2.2.2. NÚMERO DE MUESTRAS

El muestreo se realizó en el sitio de construcción de acuerdo con la normativa nacional de construcción, norma técnica de albañilería E.070. Cada lote contiene un máximo de 50000 piezas, de las cuales 10 piezas se seleccionarán aleatoriamente para cambios dimensionales y pruebas de deformación. 5 de cada unidad se probarán en modo compresión y los otros 5 en modo absorción.

Según lo estipulado en la norma técnica E. 070, concretamente en el artículo 3. Apartado 5.4, se detallan los ejemplares seleccionados.

Tabla 3*Número de ejemplares para cada ensayo*

ENSAYOS	EJEMPLARES	EJEMPLARES
	SEGÚN NTE-070	TOTALES
VARIACIÓN DIMENSIONAL	10	10
ABSORCIÓN	5	
ALABEO	10	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5	

Fuente: Norma Técnica E. 070

3.2.2.3. INDICADOR DE MUESTRA

Según norma NTP 399.613: Cada muestra será etiquetada para que siempre pueda ser identificada. El marcado no debe exceder el 5% de la superficie de la muestra.

3.2.3. RECAPITULACIÓN

Del Cuadro 4, encontramos un resumen detallado de las unidades necesarias para llevar a cabo los diferentes ensayos, asegurándonos de disponer del total requerido para el muestreo y la realización de las pruebas en el laboratorio.

Tabla 4*Número de ejemplares por cada ladrillera*

LADRILLERIA	LAS GALAXIAS		BOMBONAJE	
ENSAYOS	SEGÚN EL RNE - 070	EJEMPLARES	SEGÚN EL RNE - 070	EJEMPLAR ES
		TOTAL		TOTAL
VARIACIÓN DIEMENSIONAL	10	10	10	
ABSORCIÓN	5		5	
ALBEO	10		10	
RESIS. A LA COMPRESIÓN	5		5	
TOTAL, UNID. X LADRILLERA		10		10
TOTAL, UNIDADES O ESPECÍMENES				20

Por consiguiente, en este estudio se toma en cuenta una muestra de 20 unidades (10 de cada fábrica de ladrillos).

Figura 1
elementos de mampostería, (Ladrillera Bombonaje)



Nota. La imagen muestra un conjunto de elementos de mampostería, con un total de mil. Según la Norma, se elegirán aleatoriamente diez de ellas. (Ladrillera Bombonaje)

Figura 2
Ladrillera Las Galaxias



Nota. La imagen muestra un conjunto de elementos de mampostería, con un total de tres mil. Según la Norma, se elegirán aleatoriamente diez de ellas. (Ladrillera Las Galaxias)

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada en este estudio fue la observación; según lo establecido por Bernal (2010) el cual la define como un proceso el cual permite la identificación inmediata del objeto de estudio y así describir los escenarios y circunstancias en el desarrollo de la investigación.

En este estudio, las observaciones se realizaron sobre la base de datos obtenidos de pruebas físicas y mecánicas y luego se compararon con las hipótesis propuestas.

Las herramientas de recopilación de datos son herramientas que se utilizan para recopilar datos de investigación. (Ñaupas et al., 2014, p. 201). Esta herramienta servirá como guía para las observaciones de campo, así como un mapa en el que ubicar los datos recopilados. Se utilizarán las instrucciones especificadas en la Norma Técnica Nacional de Edificación A.20 “Residencial” y la Norma Nacional de Edificación de Albañilería E.070.

3.3.1. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Según los objetivos de investigación planteados para el estudio, se estableció la observación y apuntes como técnicas de recolección de datos:

Para este estudio, se emplearon técnicas de recolección de datos mediante observación detallada y anotaciones formularios y ensayos.

3.3.1.1. HERRAMIENTA PARA LA RECOGIDA DE DATOS DURANTE LOS ENSAYOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA

La hoja de observación que se describe a continuación se utilizó para recolectar la información necesaria para realizar las pruebas de variación dimensional a los elementos de mampostería.

➤ **FORMULARIO 1.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL (LARGO DEL EJEMPLAR).**

ESPECIMEN	LARGO (mm)				
Nº	L1	L2	L3	L4	L porm
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
			Promedio		
			$\delta=$		
			$V(\%)=$		

➤ **FORMULARIO 1.3. VARIACIÓN DIMENSIONAL (ALTO DEL EJEMPLAR).**

ESPECIMEN	ALTURA (mm)				
Nº	H1	H2	H3	H4	H porm
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
				Promedio	
				$\delta=$	
				$V(\%)=$	

3.3.1.2. HERRAMIENTA DE RECOPIACIÓN DE DATOS PARA PROBAR LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE MAMPOSTERÍA

Esta prueba nos ayuda a calcular la tasa de absorción de humedad de los elementos de mampostería.

Medir la absorción de humedad nos ayuda a determinar la cantidad de agua que puede contener una unidad de mampostería.

Se sugiere llevar a cabo la prueba de absorción de humedad en conjunto con el ensayo de compresión.

Al medir la absorción de humedad de elementos de mampostería, se utilizan las siguientes herramientas de recopilación de datos:

➤ FORMULARIO 2.1. ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.

Nº	IDENTIFICACIÓN	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	% ABSORCIÓN
01				
02				
03				
04				
05				
			% PROMEDIO	

3.3.1.3. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA RECOPILAR DATOS DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

La deformación de una unidad de mampostería (ladrillo) se calcula observando las esquinas de cada una de las tres superficies (un borde y dos bordes) y la curvatura de una superficie plana. Para fichas sin caras visibles, simplemente cuente las flechas en la diagonal del tablero y las flechas en los lados.

➤ FORMULARIO 3.1. ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.

Nº	IDENTIFICACIÓN	CARA A		CARA B	
		CÓNCA VO	CONVE XO	CÓNC AVO	CONV EXO
		(mm)		(mm)	
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
	PROM.PA RCIALES				

3.3.1.4. HERRAMIENTA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA

Para obtener datos de las pruebas de resistencia a la compresión de mampostería, se deben considerar los siguientes tipos de controles.

➤ FORMULARIO 4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Nº	ESPECIMEN	LARGO (mm)		ANCHO (mm)		ALTO (mm)		CARGA MÁXIMA	AREA BRUTA	fb
		L1	L2	A1	A2	H1	H2	kgf	Cm2	Kg/cm2
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
									Promedio (fb)	
									$\bar{\sigma}$	
									f'b	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. EXHIBICIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO

➤ ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Figura 3
Variación dimensional (Ladrillera las Galaxias)

UNIDADES DE ALBAÑILERIA

METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA

NORMA NTP 399.613

VARIABILIDAD DIMENCIONAL

TESIS :

ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

FECHA:

15/08/2024

TESISTA :

Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ

LADRILLERIA

BOMBONAJE

UBICACIÓN:

JUANJUI- MARICAL CACERES

Nº Ladrillo	Largo (mm)				PROM.	Ancho (mm)				PROM.	Altura (mm)				PROM.	
	L1	L2	L3	L4		A1	A2	A3	A4		H1	H2	H3	H4		
L-1	216	224	216	216	218.0	138	149	138	149	143.5	98	99	99	98	98.5	
L-2	224	219	220	219	220.5	137	138	137	138	137.5	99	98	99	99	98.8	
L-3	219	220	220	219	219.5	138	137	136	137	137.0	99	99	99	98	98.8	
L-4	220	228	228	220	224.0	136	138	149	138	140.3	98	99	98	99	98.5	
L-5	222	216	216	220	218.5	136	136	138	136	136.5	99	99	98	99	98.8	
L-6	217	225	226	221	222.3	149	149	138	138	143.5	99	99	98	98	98.5	
L-7	219	226	224	222	222.8	138	138	137	137	137.5	99	99	99	99	99.0	
L-8	218	223	225	220	221.5	137	137	138	136	137.0	98	98	99	99	98.5	
L-9	217	221	223	225	221.5	138	138	136	149	140.3	99	98	99	98	98.5	
L-10	221	220	223	225	222.3	136	136	136	138	136.5	98	98	98	98	98.0	
LONGITUD					=	LONGITUD				=	LONGITUD				=	98.6
L NOMINAL					=	L NOMINAL				=	L NOMINAL				=	100.00
V %					=	V %				=	V %				=	1.01


Ruiz Parades Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 • 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



Figura 4
Ensayo de variación dimensional

 CONSULTORES T & F AMAZONICOS S.A.C. Estudio de Suelos, Concreto y Asfalto 																		
UNIDADES DE ALBAÑILERIA						METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA												
NORMA NTP 399.613																		
VARIABILIDAD DIMENCIONAL																		
TESIS		ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN													FECHA:			
															15/08/2024			
TESISTA		Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ																
LADRILLERIA										LAS GALAXIAS		UBICACIÓN:		JUANJUI- MARICAL CACERES				
Nº Ladrillo	Largo (mm)				PROM.	Ancho (mm)				PROM.	Altura (mm)				PROM.			
	L1	L2	L3	L4		A1	A2	A3	A4		H1	H2	H3	H4				
L-1	216	224	216	216	218.0	138	149	138	149	143.5	98	99	99	98	98.5			
L-2	224	219	220	219	220.5	137	138	137	138	137.5	99	98	99	99	98.8			
L-3	219	220	220	219	219.5	138	137	136	137	137.0	99	99	99	98	98.8			
L-4	220	228	228	220	224.0	136	138	149	138	140.3	98	99	98	99	98.5			
L-5	222	216	216	220	218.5	136	136	138	136	136.5	99	99	98	99	98.8			
L-6	217	225	226	221	222.3	149	149	138	138	143.5	99	99	98	98	98.5			
L-7	219	226	224	222	222.8	138	138	137	137	137.5	99	99	99	99	99.0			
L-8	218	223	225	220	221.5	137	137	138	136	137.0	98	98	99	99	98.5			
L-9	217	221	223	225	221.5	138	138	136	149	140.3	99	98	99	98	98.5			
L-10	221	220	223	225	222.3	136	136	136	138	136.5	98	98	98	98	98.0			
LONGITUD					=	221.1	LONGITUD				=	139.0	LONGITUD				=	98.6
L NOMINAL					=	100.00	L NOMINAL				=	100.00	L NOMINAL				=	100.00
V %					=	0.45	V %				=	0.72	V %				=	1.01


Ritz Perdomo Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 - 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



Figura 5
Variación de absorción (Ladrillera las Galaxias)



UNIDADES DE ALBAÑILERIA			
METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA			
NORMA NTP 399.613			
MEDIDA DEL ALABEO			
TESIS	:	ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	FECHA: 15/08/2024
TESISTA	:	Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ	
LADRILLERIA	:	LAS GALAXIAS	UBICACIÓN: JUANJUI- MARICAL CACERES

Muestra	W seco (g)	Peso Saturado(g)	% de Absorcion
L-1	3114.5	3776	21.2
L-2	3132.2	3872	23.6
L-3	2959.9	3606	21.8
L-4	3016.4	3536	17.2
L-5	3056.3	3750	22.7
PROMEDIO			21.3


Ruiz Parades Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 - 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



Figura 6
Variación de absorción (Ladrillera Bombonaje)



UNIDADES DE ALBAÑILERIA			
METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA			
NORMA NTP 399.613			
MEDIDA DEL ALABEO			
TESIS	:	ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	FECHA: 15/08/2024
TESISTA	:	Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ	
LADRILLERIA	BOMBONAJE	UBICACIÓN:	JUANJUI- MARICAL CACERES

Muestra	W seco (g)	Peso Saturado(g)	% de Absorcion
L-1	3225.6	3645	13.0
L-2	3065.2	3961	29.2
L-3	3187.1	3546	11.3
L-4	2105.4	3453	64.0
L-5	2356.6	3278	39.1
PROMEDIO			31.3


Ruiz Paredes Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 - 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



4.1.1. ENSAYO DE ALABEO

Figura 7

Variación de alabeo (Ladrillera las Galaxias)



UNIDADES DE ALBAÑILERIA			
METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA			
NORMA NTP 399.613			
MEDIDA DEL ALABEO			
TESIS :	ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		FECHA:
			15/08/2024
TESISTA :	Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ		
LADRILLERIA :	LAS GALAXIAS	UBICACIÓN:	JUANJUI- MARICAL CACERES

Nº Ladrillo	Alabeo Concavidad (mm)			Alabeo Concavidad (mm)		
	Cara Sup.	Cara Sup.	Promedio	Cara Inf.	Cara Inf.	Promedio
L-1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6
L-2	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6
L-3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
L-4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
L-6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6
L-7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6
L-8	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6
L-9	0.7	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
L-10	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
PROMEDIO			0.6	PROMEDIO		


Ruiz Paradoza Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 • 957909503
Resolución: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



Figura 8
Variación de alabeo (Ladrillera Bombonaje)



UNIDADES DE ALBAÑILERIA			
METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA			
NORMA NTP 399.613			
MEDIDA DEL ALABEO			
TESIS :	ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN		FECHA:
			15/08/2024
TESISTA :	Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ		
LADRILLERIA :	BOMBONAJE	UBICACIÓN:	JUANJUI- MARICAL CACERES

Nº Ladrillo	Alabeo Concavidad (mm)			Alabeo Concavidad (mm)		
	Cara Sup.	Cara Sup.	Promedio	Cara Inf.	Cara Inf.	Promedio
L-1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
L-2	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6
L-3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
L-4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
L-6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-7	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7
L-8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
L-9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
L-10	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	PROMEDIO		0.5	PROMEDIO		0.5

Ruiz
Ruiz Perdomo Walter Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 196870



RUC. 20493813952
Cel: 942932814 • 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



4.1.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Figura 9

Variación de resistencia a la compresión (Ladrillera las Galaxias)

							
UNIDADES DE ALBAÑILERIA METODO DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA Y USADOS EN ALBAÑILERIA NORMA NTP 399.613 RESISTENCIA A LA COMPRESION							
TESIS :	ESTRUCTURA DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROS EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDA, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN					FECHA:	15/08/2024
TESISTA :	Bach. Ing Civil JOSE ALFONSO SANTILLAN RUIZ						
LADRILLERIA :	LAS GALAXIAS			UBICACIÓN:	JUANJUI- MARICAL CACERES		
Identificación de la muestra	Dimensiones (mm)		Area Bruta (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (KG)	Resistencia a la Compresion	
	Largo	Ancho				(Mpa)	(kg/cm ²)
L-1	216	138	298.1	425.89	43428	14.3	145.7
L-2	224	137	306.9	485.60	49517	15.8	161.4
L-3	219	138	302.2	439.34	44799	14.5	148.2
L-4	220	136	299.2	554.29	56521	18.5	188.9
L-5	220	136	299.2	677.22	69056	22.6	230.8
L-6	217	137	297.3	545.62	55637	18.4	187.2
L-7	222	137	304.1	635.48	64800	20.9	213.1
L-8	225	139	312.8	495.55	50531	15.8	161.6
L-9	221	135	298.4	525.69	53605	17.6	179.7
L-10	216	137	295.9	498.31	50813	16.8	171.7
PROMEDIO						17.5	178.8
DESV. ESTÁNDAR:						25.45	
F'b CORREGIDO						153.37	kg/cm ²


Rafael Paredes Villar Cesar
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 136870

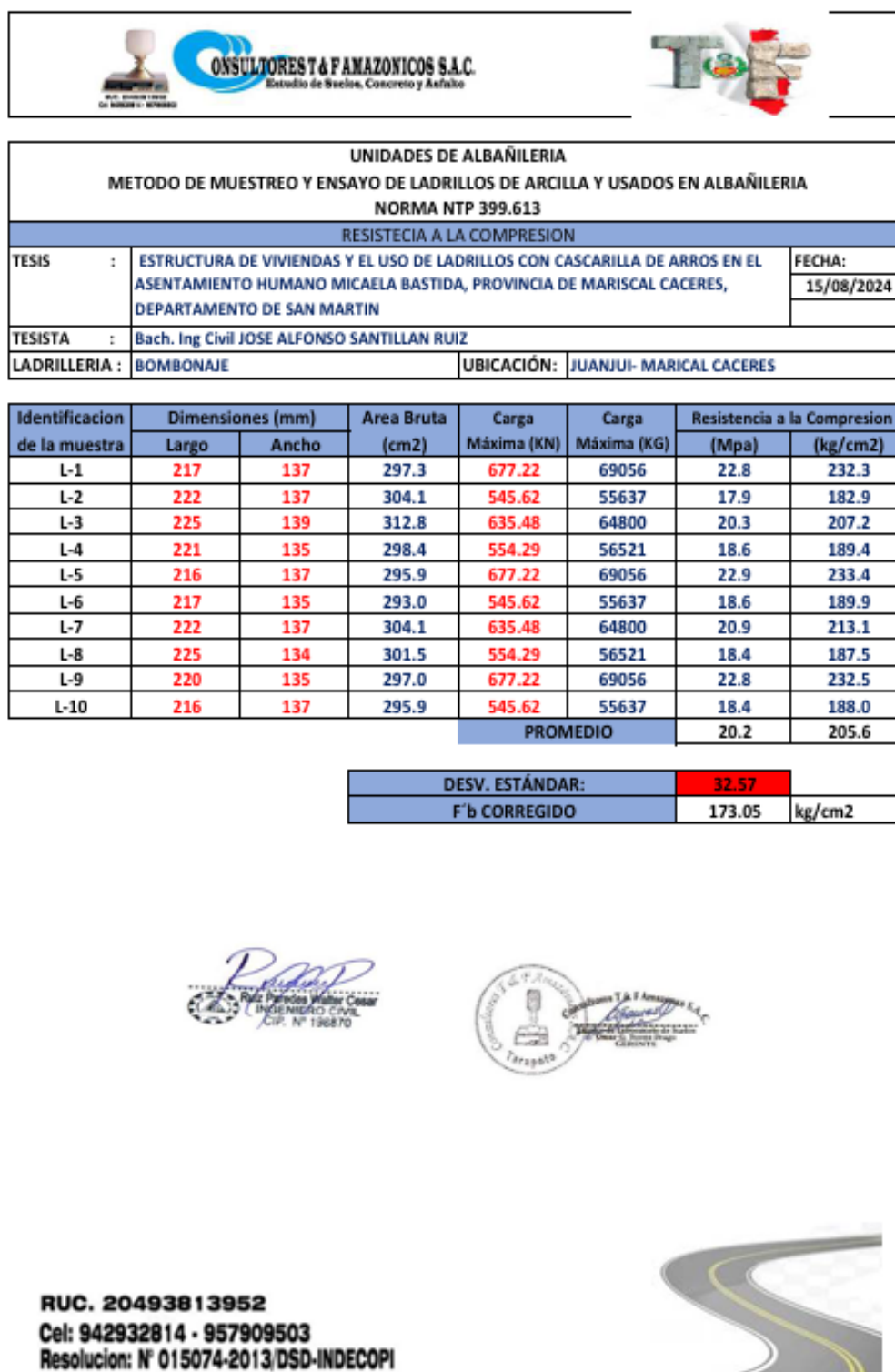


RUC. 20493813952
Cel: 942932814 - 957909503
Resolucion: N° 015074-2013/DSD-INDECOPI



Figura 10

Variación de resistencia a la compresión (Ladrillera Bombonaje)



El ensayo de resistencia a la compresión de los elementos de mampostería se realizó según las especificaciones de las Normas Técnicas del Perú (NTP) 399.613 y 339.604. Se recomienda probar 5 lotes de variedades, esto se debe tener en cuenta para cada lote de

muestra. Personalmente decidí hacer una prueba de compresión con 10 muestras por lote.

El objetivo era conseguir un mayor grado de certeza en los resultados obtenidos, por lo que se analizaron un total de 20 muestras.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos de la empresa **CONSULTORES T & F AMAZÓNICOS S.A.C.** Investigación de suelos, concreto y asfalto en la ciudad de Tarapoto sometiendo las muestras a compresión seca de muestras de mampostería. Para ello, se coloca una capa de yeso (capa de yeso) sobre la superficie del asiento para distribuir uniformemente la carga aplicada.

La fuerza de presión de la máquina se aplica verticalmente a la superficie del asiento con una velocidad de movimiento de 1,25 mm/min. En general, la tasa de carga se ajustó para alcanzar una fractura de Intervalos de 3 a 5 minutos.

Por consiguiente, para calcularla resistencia a la compresión ($f'_{cb}=f'_b$) se calculará dividiendo la resistencia ruptura o resistencia máxima (P_u) entre el área total o área bruta (A) de la unidad de albañilería.

Formula:
$F'_b = P_u / A$

Para realizar el cálculo de la resistencia inherente, simplemente reste la derivación estándar del valor promedio de las unidades de mampostería.

El cuadro se expone la resistencia a la compresión (f'_b). A modo de orientar. El cuadro presentado refleja varios valores de resistencia a la compresión en diversas muestras de mampostería. (Bonet 2003).

Tabla 5*Resistencia a la compresión de varias unidades de albañilería*

MATERIAL	INTERVALO DE $f'b$ (kg/cm ²)
Piedra	410< $f'b$ <100
Concreto macizo	150< $f'b$ <250
Arcilla	50< $f'b$ <200
Concreto logero	40< $f'b$ <60
Adobe	10< $f'b$ <15

Fuente. Norma Técnica E .070

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DISPONIBLES EN EL LABORATORIO CON LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LOS REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS DE LA BASE TEÓRICA.

5.1.1. RESULTADOS FINALES DE LA PRUEBA DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

Tabla 6

Resumen de los resultados de la variación dimensional de la ladrillera Las Galaxias

MUESTRA	MEDIDA PROMEDIO (MP)	MEDIDA DEL FABRICANTE (ME)	V %
LARGO (mm)	21	22.11	0.45
ANCHO (mm)	12	13.90	0.72
ALTO (mm)	7	9.86	1.01

Consultado el Tabla 6, se puede concluir que los elementos de mampostería ensayados por Ladrillera Las Galaxias tienen las siguientes dimensiones y sus variaciones dimensionales son aceptables (determinadas según el Reglamento Nacional de Edificación E.070, Capítulo 3, Cláusula 5.2), criterio que indica los valores:

Tabla 7

Valores de norma, y ensayo 1

	Valores de norma	Valores de ensayo
L	+8mm	-0.45mm
A	+6mm	0.72mm
H	+4mm	1.01mm

Por lo tanto, se puede concluir que los cálculos para evaluar la variación en las dimensiones de los elementos de mampostería de la Ladrillera Las Galaxias **SI CUMPLEN** con el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 8*Resumen de los resultados de la variación dimensional de la ladrillera Bombonaje*

MUESTRA	MEDIDA	MEDIDA DEL	V
	PROMEDIO (MP)	FABRICANTE (ME)	%
LARGO (mm)	21	22.11	0.45
ANCHO (mm)	12	13.90	0.72
ALTO (mm)	7	9.86	1.01

Consultando la tabla 8, se puede concluir que los elementos de mampostería estudiados de la Ladrillera Bombonaje poseen las siguientes dimensiones poseen una variación en su dimensión que son aceptables (según se define en Reglamento Nacional de Edificaciones E.070, cap 3, art 5.2) la norma indica los valores:

Tabla 9*Valores norma y ensayo 2*

	Valores de norma	Valores de ensayo
L	+8mm	-0.45mm
A	+6mm	0.72mm
H	+4mm	1.01mm

Se puede concluir que los cálculos para evaluar la variación en las dimensiones de los elementos de mampostería de la Ladrillera Bombonaje **SI CUMPLEN** con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

5.1.2. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

Tabla 10

Resumen de los Valores de Absorción de la ladrillera Las Galaxias

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO(g)	% DE ABSORCIÓN
L-1	3114.5	3776	21.2
L-2	3132.2	3872	23.6
L-3	2959.9	3606	21.8
L-4	3016.4	3536	17.2
L-5	3056.3	3750	22.7
% PROMEDIO			21.3

Consultado el en la tabla 10, el valor obtenido del porcentaje de absorción es de 21.3%, es un valor que se encuentra por debajo de lo establecido que es de 22% nos indica que este valor no sea mayor (RNE E.070, cap. 3, art 5.5).

Por consiguiente, se deduce que los cálculos obtenidos de absorción de los elementos de mampostería de la Ladrillera Las Galaxias **SI CUMPLEN** con lo establecido en el RNE E.070.

Tabla 11

Resumen de los valores obtenidos de absorción de la ladrillera Bombonaje

MUESTRA	PESO SECO (g)	PESO SATURADO(g)	% DE ABSORCION
L-1	3225.6	3645	13.0
L-2	3065.2	3961	29.2
L-3	3187.1	3546	11.3
L-4	2105.4	3453	64.0
L-5	2356.6	3278	39.1
PROMEDIO			31.3

Consultado en la tabla 11, el valor obtenido del porcentaje de absorción es de 31.3%, es un valor que se encuentra por encima de lo establecido que es de 22% nos indica que este valor no sea mayor (RNE E.070, capítulo 3, artículo 5.5).

Por consiguiente, se deduce que los cálculos obtenidos de absorción de los elementos de mampostería de la Ladrillera Bombonaje **NO CUMPLEN** con el RNE E.070.

5.1.3. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE ALABEO

Tabla 12

Resumen de los Valores obtenido de Alabeo de la ladrillera Las Galaxias

Nº LADRILLO	ALABEO CONCAVIDAD (MM)			ALABEO CONCAVIDAD (MM)		
	CARA	CARA	PROMEDIO	CARA	CARA	PROMEDIO
	SUP.	SUP.		INF.	INF.	
L-1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6
L-2	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6
L-3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
L-4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
L-6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6
L-7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6
L-8	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6
L-9	0.7	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5
L-10	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	PROMEDIO		0.6	PROMEDIO		0.6

Como se aprecia en la tabla 12 los valores obtenidos del alabeo cóncavo y convexo es de 6 mm cada uno, lo cual se sitúa dentro del límite permitido por el reglamento que es de 10 mm. (RNE E.070, capítulo 3, artículo 5.2). Por lo tanto, se deduce que los valores derivados de la prueba de alabeo los elementos de mampostería de la Ladrillera Las Galaxias **SI CUMPLEN** con el RNE E.070.

Tabla 13*Resumen de los Valores de Alabeo de la ladrillera Bombonaje*

Nº LADRILLO	ALABEO CONCAVIDAD (MM)			ALABEO CONCAVIDAD (MM)		
	CARA	CARA	PROMEDIO	CARA	CARA	PROMEDIO
	SUP.	SUP.		INF.	INF.	
L-1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
L-2	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6
L-3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
L-4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
L-6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
L-7	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7
L-8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
L-9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
L-10	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	PROMEDIO		0.5	PROMEDIO		0.5

Como se aprecia en la tabla 13 los de la pendiente cóncava son de 5 mm y los valores obtenidos de la deflexión convexa son de 5 mm, lo que está dentro del rango permitido por la normativa, es decir. 10 milímetros. (RNE E.070, capítulo 3, Artículo 5.2). Por lo tanto, se deduce que los valores de Alabeo de las unidades de albañilería de la Ladrillera Bombonaje **SI CUMPLEN** con el Reglamento Nacional de Edificaciones.

5.1.4. RESULTADO FINAL DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 14

Resumen de los Valores de Resistencia a la compresión de la ladrillera Las Galaxias

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DIMENSIONES (MM)		ÁREA BRUTA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	LARGO	ANCHO				(MPA)	(KG/CM2)
L-1	216	138	298.1	425.89	43428	14.3	145.7
L-2	224	137	306.9	485.60	49517	15.8	161.4
L-3	219	138	302.2	439.34	44799	14.5	148.2
L-4	220	136	299.2	554.29	56521	18.5	188.9
L-5	220	136	299.2	677.22	69056	22.6	230.8
L-6	217	137	297.3	545.62	55637	18.4	187.2
L-7	222	137	304.1	635.48	64800	20.9	213.1
L-8	225	139	312.8	495.55	50531	15.8	161.6
L-9	221	135	298.4	525.69	53605	17.6	179.7
L-10	216	137	295.9	498.31	50813	16.8	171.7
PROMEDIO						17.5	178.8
DESV. ESTÁNDAR:						25.45	
F'b CORREGIDO						153.37	kg/cm2

Como se puede observar en la tabla 14 se exhibe el resultado del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de la Ladrillera Las Galaxias, lo que permite realizar las siguientes comparaciones:

La resistencia mínima a cargar en compresión de acuerdo con la RNE E.070. La resistencia mínima requerida para las unidades de tipo I es de 4.9Mpa o 50 kg/cm². Al comparar este valor con la resistencia de 153.37 kg/cm² obtenida en el ensayo, se puede concluir que el material **SI CUMPLE** con los estándares del reglamento, demostrado así tener una resistencia y durabilidad adecuada.

Tabla 15

Resumen de los Valores de Resistencia a la compresión de la ladrillera Bombonaje

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DIMENSIONES (MM)		ÁREA BRUTA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	LARGO	ANCHO				(MPa)	(KG/CM2)
L-1	217	137	297.3	677.22	69056	22.8	232.3
L-2	222	137	304.1	545.62	55637	17.9	182.9
L-3	225	139	312.8	635.48	64800	20.3	207.2
L-4	221	135	298.4	554.29	56521	18.6	189.4
L-5	216	137	295.9	677.22	69056	22.9	233.4
L-6	217	135	293.0	545.62	55637	18.6	189.9
L-7	222	137	304.1	635.48	64800	20.9	213.1
L-8	225	134	301.5	554.29	56521	18.4	187.5
L-9	220	135	297.0	677.22	69056	22.8	232.5
L-10	216	137	295.9	545.62	55637	18.4	188.0
PROMEDIO						20.2	205.6
DESV. ESTÁNDAR:						32.57	
F'b CORREGIDO						173.05	kg/cm2

Como se aprecia en la tabla 15 donde se presenta el resultado del ensayo de Resistencia a la Compresión de los elementos de mampostería de la Ladrillera Bombonaje, donde se puede comparar que:

- La resistencia mínima a la compresión, de acuerdo con la RNE E.070. La resistencia requerida para la unidad de tipo I, según el Reglamento Nacional de Edificación E. 070, capítulo 3, artículo 5.2, es de 4.9 MPa o 50 kg/cm². Tras el ensayo correspondiente, se comprobó que la resistencia obtenida fue de 173.05 kg/cm² confirmando así que, **SI CUMPLE** con lo establecido en el reglamento, demostramos una resistencia aprobada.

5.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

- Con lo expuesto en la Hipótesis General se ha visto la relación significativa entre la estructura de vivienda y el uso del ladrillo con cascarillas de arroz que se fabrican en la ciudad de Juanjuí de manera artesanal, **SI CUMPLEN**, con los requisitos de la norma de albañilería E.070, ya que los ensayos realizados arrojaron valores aceptables o superiores a los especificados en las RNE E.070.
- Según lo expuesto en el párrafo previo, podemos concluir que de la Hipótesis General que se plantea al inicio del estudio, si existe relación significativa entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín, por lo tanto **SI CUMPLE** con los requisitos de la RNE E.070 de albañilería, que las unidades de albañilería en las edificaciones de viviendas si son idóneas para su uso. **ÓPTIMA**.

5.3. APORTE CIENTÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN

- Esta investigación supone un valioso aporte científico en términos de seguridad, dado que su conclusión beneficia significativamente a la sociedad y a los dueños de las viviendas construidas o por construir con estas unidades de albañilería. El estudio permitió determinar si cumple con las normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Por otro lado, conocer sede albañilería fabricada en la ciudad de Juanjuí de manera artesanal con cascarilla de arroz, las cuales por su bajo costo son usadas en su mayoría en las edificaciones tendrán la certeza de contar con la seguridad en sus edificaciones, sin tener fallas estructurales por el material usado.
- Con base en lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la contribución científica de este trabajo **TESIS: ESTRUCTURAS DE VIVIENDAS Y EL USO DE LADRILLOS CON CASCARILLA DE ARROZ**

EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MICAELA BASTIDAS, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN, el uso de ladrillos elaborados con cascarilla de arroz tiene un impacto **POSITIVO EN LA SOCIEDAD**, ya que respalda el cumplimiento de la normativa técnica vigente en el país. Esto asegura que las construcciones que recurren a estas unidades hechas de manera artesanal no solo fomenten el empleo de mano de obra local, sino que también sean una opción accesible por su bajo coste

CONCLUSIONES

De los resultados de las pruebas a las que fueron sometidos los elementos de mampostería fueron:

➤ Variación Dimensional

▪ Ladrillera Las Galaxias

L=-0.45mm

A=0.72mm

H=1.01mm

• Ladrillera Bombonaje

L=-0.45mm

A=0.72mm

H=1.01mm

En consecuencia, se puede afirmar que los cálculos de la Variación Dimensional de los elementos de mampostería de las Ladrilleras **CUMPLEN** con las normativas establecidas en el RNE.

➤ Absorción

- Ladrillera Las Galaxias 21.3%
- Ladrillera Bombonaje 31.3%

Por lo tanto, se llega a la conclusión resultados obtenidos de los ensayos de Absorción de la ladrillera **CUMPLEN** con el Reglamento Nacional de Edificaciones. Lo cual solo la Ladrillera Bombonaje **NO CUMPLE** por el tiempo de secado de los ladrillos.

➤ Alabeo

El resultado del ensayo de alabeo se encuentra dentro de lo permitido dado que las dos ladrilleras no sobrepasan lo que estipula el Reglamento

Nacional de Edificaciones que es ± 10 mm, por lo tanto, se concluya que los resultados se encuentran dentro de lo permitido y que **SI CUMPLE** con el Reglamento Nacional de Edificaciones.

➤ Resistencia a la Compresión

- Ladrillera Las Galaxias 153.37 kg/cm²
- Ladrillera Bombonaje 173.05 kg/cm²

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que los valores de la Resistencia a la Compresión de los elementos de mampostería de la Ladrilleras **SI CUMPLEN** con el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Además, es esencial subrayar que, a pesar de emplear ladrillos de alta calidad, la ausencia de asesoramiento técnico adecuado y mano de obra calificada resultará en procesos de construcción de baja calidad. Esto, a su vez, afectará teniendo como resultado **EDIFICACIONES DEFECTUOSAS**.

RECOMENDACIONES

Dado que los elementos de mampostería en las ladrilleras Las Galaxias y Bombonaje presentan una alta resistencia a la compresión superando el valor mínimo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones ($f'_{b} = 50 \text{ kg/cm}^2$), se sugiere considerar el uso de estos elementos de mampostería en diversas aplicaciones como muros no estructurales, tabiques divisores, barandas, cercos perimetrales, entre otras construcciones que soporten cargas moderadas.

No es de recomendación el uso en estructuras de muros portantes mayores a 2 pisos.

Es fundamental considerar el impacto de la absorción, pues mantiene la humedad, lo cual podría ocasionar fallos tanto estructurales como arquitectónicos.

Es de recomendación tener en cuenta la capacitación a las personas involucradas en cuanto a la Norma Técnica.

Se aconseja no utilizar esta unidad de albañilería en una edificación de muros expuestos a las inclemencias del tiempo, tales como fachadas o muros del perímetro sin revestimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación (3ª ed.). Prentice Hall Pearson.
- Cívicos, M. y Hernández, M. (2007). Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en Trabajo Social. Revista Acciones e investigaciones sociales, 23(1), 25-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2264596>
- Condori-Ojeda Cívicos, M. y Hernández, M. (2007). Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en Trabajo Social. Revista Acciones e investigaciones sociales, 23(1), 25-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2264596>
- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales J., Vega-Malagón, A., Camacho-Calderón, N y Becerril-Santos, A. (2014). Paradigmas en la investigación: enfoque cuantitativo y cualitativo. European Scientific Journal, 10(15), 523-528. <https://core.ac.uk/reader/236413540>
- Badii, M., Castillo, J., Rodríguez, M., Wong, A. y Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. Innovaciones de negocios, 4(2): 283–330. <http://eprints.uanl.mx/12482/1/A5.pdf>
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. Grupo Editorial Patria. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Ñaupas, H., Mejia, E., Novoa E. y Villagomez A. (2014). Metodología de la investigación (4a ed.). Ediciones de la U.
- Evaluación de las características estructurales de la albañilería producidas con unidades fabricadas en la Región Grau – Piura, Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Fontana Palacios, Alejandro (1,999).

Manual básico del Ingeniero Residente en Edificación, Cámara Peruana de la Construcción CAPECO.

Norma de albañilería E.070 vigente.

Norma de técnica A.020 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificación vigente.

Mampostería y Construcción, Esteban Villasante Sánchez.

Albañilería Estructural, Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Gallegos, Héctor (1,989).

Construcciones de Albañilería, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, San Bartolomé, Ángel (1,998).

Manual de Ejecución de ladrillo cara vista, Sección ladrillo cara vista Hispalyt (ejemplar gratuito).

Norma Técnica Peruana NTP 399.613 – 2005.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Santillán Ruiz, J. (2025). *Estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	V. independiente	Tipo, enfoque, alcance o nivel y diseño
¿Cuál es la relación entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillo con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín?	Establecer la relación entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillo con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.	Existe relación significativa entre las estructuras de viviendas y el uso de ladrillos con cascarilla de arroz en el asentamiento humano Micaela Bastidas, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín	Ladrillo con cascarilla de arroz.	La presente investigación es de tipo aplicada recibe también el nombre de investigación práctica o empírica, la cual se enfoca en analizar la realidad priorizando la solución de problemas y se enfocan en crear, desarrollar o mejorar conocimiento a la práctica (Cívicos y Hernández, 2007, p. 37). Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que, utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar una o varias
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	V. dependiente	
¿Cuál es la relación entre las estructuras de vivienda y los requerimientos de la Norma Técnica A.20 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones?	Determinar la relación entre las estructuras de vivienda y los requerimientos de la Norma Técnica A.20 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones.	Existe relación significativa entre las estructuras de vivienda y los requerimientos de la Norma Técnica A.20 Vivienda del Reglamento Nacional de Edificaciones.	Estructura de viviendas.	

¿Cuál es la relación entre los ladrillos con cascarilla de arroz y los requerimientos de la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones?	Determinar la relación entre los ladrillos con cascarilla de arroz y los requerimientos de la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.	Existe relación significativa entre los ladrillos con cascarilla de arroz y los requerimientos de la Norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.	preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas (Vega-Malagón y otros) La presente investigación es de nivel explicativo y descriptivo, ya que se busca una explicación y determinación de los fenómenos... en este nivel de la investigación es obligatorio el planteamiento de hipótesis de investigación que busquen determinar los elementos de causa y efecto de los fenómenos de interés para el investigador (Ramos, 2020, p. 2). Así también de alcance descriptivo de tipo cualitativo, se busca realizar estudios de tipo fenomenológicos o narrativos constructivistas, que busquen describir las
--	---	--	---

representaciones subjetivas que emergen en un grupo humano sobre un determinado fenómeno (Ramos, 2020, p. 3).

La presente investigación es de diseño experimental, puesto que refiere a un estudio en que se manejan intencionalmente una o más variables independientes, con ello examinar los resultados que la operación tiene sobre la o las variables dependientes (Baena, 2017, p. 108).

ANEXO 2

IMAGEN DE LA NORMA TÉCNICA E. 070

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	
ASPECTOS GENERALES.....	09
1.1. ALCANCE.....	09
1.2. REQUISITOS GENERALES.....	09
CAPÍTULO 2	
DEFINICIONES Y NOMENCLATURA.....	11
2.1. DEFINICIONES.....	11
2.2. NOMENCLATURA	13
CAPÍTULO 3	
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA.....	16
3.1 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.....	16
3.2 MORTERO.....	18
3.3 CONCRETO LÍQUIDO O GROUT.....	20
3.4 ACERO DE REFUERZO.....	21
3.5 CONCRETO.....	21
CAPÍTULO 4	
PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	22
4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	22
4.2 ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	23
4.3 ALBAÑILERÍA ARMADA.....	24
CAPÍTULO 5	
RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA.....	27
5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	27
CAPÍTULO 6	
ESTRUCTURACIÓN.....	30
6.1 ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO.....	30
6.2 CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO.....	30
6.3 OTRAS CONFIGURACIONES.....	31
6.4 MUROS PORTANTES.....	32
6.5 ARRIOSTRES.....	32

CAPÍTULO 7	
REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS.....	34
7.1 REQUISITOS GENERALES.....	34
7.2 ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	35
7.3 ALBAÑILERÍA ARMADA.....	36
CAPÍTULO 8	
ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	38
8.1 DEFINICIONES.....	38
8.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	38
8.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	39
8.4 DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.....	40
8.5 DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA.....	40
8.6 ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	42
8.7 ALBAÑILERÍA ARMADA.....	48
CAPÍTULO 9	
DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO.....	53
9.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	53
9.2 MUROS PORTANTES	55
9.3 MUROS NO PORTANTES Y MUROS PORTANTES DE ESTRUCTURA NO DIAFRAGMADA.....	56
CAPÍTULO 10	
INTERACCIÓN TABIQUE DE ALBAÑILERÍA-ESTRUCTURA APORTICADA.....	58
10.1 ALCANCE.....	58
10.2 DISPOSICIONES.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	16
Tabla 2.	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.....	17
Tabla 3.	Granulometría de la arena gruesa.....	19
Tabla 4.	Tipos de mortero.....	19
Tabla 5.	Granulometría del confitillo.....	20
Tabla 6.	Composición volumétrica del concreto líquido o grout.....	21
Tabla 7.	Métodos para determinar f'_m y v'_m	27
Tabla 8.	Incremento de f'_m y v'_m por edad.....	28
Tabla 9.	Resistencias características de la albañilería.....	29
Tabla 10.	Factores de corrección de f'_m por esbeltez.....	29
Tabla 11.	Fuerzas internas en columnas de confinamiento.....	44
Tabla 12.	Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a".....	54

ÍNDICE DE FÓRMULAS Y VALORES DE DISEÑO

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo	Pág.
Resistencia característica de la albañilería (f'_m, v'_m)	5.1.7	28
Espesor efectivo mínimo de los muros portantes (t)	7.1.1.a	34
Esfuerzo axial máximo permitido en los muros portantes	7.1.1.b	34
Resistencia admisible en la albañilería por carga concentrada coplanar o resistencia al aplastamiento	7.1.1.c	34
Densidad mínima de muros reforzados	7.1.2.b	35
Módulo de elasticidad de la albañilería (E_m)	8.3.7	39
Fuerza cortante admisible en los muros ante el sismo moderado	8.5.2	41
Fuerza cortante de agrietamiento diagonal o resistencia al corte (V_m)	8.5.3	41
Resistencia al corte mínima del edificio ante sismos severos	8.5.4	42
Refuerzo horizontal mínimo en muros confinados	8.6.1	43
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	9.1.6	53
Momento flector por carga sísmica ortogonal al plano de los muros	9.1.7	54
Esfuerzo admisible de la albañilería por flexocompresión	9.2.7	56
Esfuerzo admisible de la albañilería en tracción por flexión	9.2.7	56
Factores de seguridad contra el volteo y deslizamiento de los cercos	9.3.6	57
Resistencia de un tabique ante acciones sísmicas coplanares	10.2.4	59

CAPÍTULO 1 ASPECTOS GENERALES

1.1 ALCANCE

- 1.1.1 Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.
- 1.1.2 Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.
- 1.1.3 Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

1.2 REQUISITOS GENERALES

- 1.2.1 Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.
- 1.2.2 Los elementos de concreto armado y de concreto ciclópeo satisfarán los requisitos de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, en lo que sea aplicable.
- 1.2.3 Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.
- 1.2.4 Los planos y especificaciones indicarán las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, del acero de refuerzo, de las instalaciones sanitarias y eléctricas en los muros; las precauciones para tener en cuenta la variación de las dimensiones producidas por deformaciones diferidas, contracciones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales; las características de la unidad de albañilería, del mortero, de la albañilería, del concreto, del acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación; las juntas de separación sísmica; y, toda otra información para la correcta construcción y posterior utilización de la obra.

- 1.2.5 Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como “tipo resistente al fuego” siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.
- 1.2.6 Los tubos para instalaciones secas: eléctricas, telefónicas, etc. sólo se alojarán en los muros cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 55 mm. En estos casos, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que luego se rellenarán con concreto, o en los alvéolos de la unidad de albañilería. En todo caso, los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.
- 1.2.7 Los tubos para instalaciones sanitarias y los tubos con diámetros mayores que 55 mm, tendrán recorridos fuera de los muros portantes o en falsas columnas y se alojarán en ductos especiales, o en muros no portantes.
- 1.2.8 Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia $f_y = 412 \text{ MPa}$ (4200 Kg/cm^2), para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por $412/f_y$ (en MPa) ó $4200/f_y$ (en kg/cm^2).
- 1.2.9 Los criterios considerados para la estructuración deberán ser detallados en una memoria descriptiva estructural tomando en cuenta las especificaciones del Capítulo 6

CAPÍTULO 2

DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

2.1 DEFINICIONES

- 2.1.1 Albañilería o Mampostería. Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- 2.1.2 Albañilería Armada. Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.
- 2.1.3 Albañilería Confinada. Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- 2.1.4 Albañilería No Reforzada. Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.
- 2.1.5 Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural. Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- 2.1.6 Altura Efectiva. Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.
- 2.1.7 Arriostre. Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.
- 2.1.8 Borde Libre. Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.
- 2.1.9 Concreto Líquido o Grout. Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.
- 2.1.10 Columna. Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.
- 2.1.11 Confinamiento. Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.
- 2.1.12 Construcciones de Albañilería. Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

- 2.1.13 **Espesor Efectivo.** Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.
- 2.1.14 **Muro Arriostado.** Muro provisto de elementos de arriostre.
- 2.1.15 **Muro de Arriostre.** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.
- 2.1.16 **Muro No Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.
- 2.1.17 **Muro Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.
- 2.1.18 **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- 2.1.19 **Placa.** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.
- 2.1.20 **Plancha.** Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.
- 2.1.21 **Tabique.** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.
- 2.1.22 **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.
- 2.1.23 **Unidad de Albañilería Alveolar.** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- 2.1.24 **Unidad de Albañilería Apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.
- 2.1.25 **Unidad de Albañilería Hueca.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

- 2.1.26 Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza) Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- 2.1.27 Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta). Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.
- 2.1.28 Viga Solera. Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

2.2 NOMENCLATURA

- A = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- A_c = área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
- A_{cf} = área de una columna de confinamiento por corte-fricción.
- A_n = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- A_s = área del acero vertical u horizontal.
- A_{sf} = área del acero vertical por corte-fricción en una columna de confinamiento.
- A_{st} = área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
- A_v = área de estribos cerrados.
- d = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- D_b = diámetro de una barra de acero.
- e = espesor bruto de un muro.
- E_c = módulo de elasticidad del concreto.
- E_m = módulo de elasticidad de la albañilería.
- f'_b = resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- f'_c = resistencia a compresión axial del concreto o del "grout" a los 28 días de edad.
- f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- f'_t = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- G_m = módulo de corte de la albañilería.
- h = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
- I = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- L = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (sí existiesen).

L_m	= longitud del paño mayor en un muro confinado, ó 0,5 L; lo que sea mayor.
L_t	= longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
M_e	= momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
M_u	= momento flector en un muro producido por el sismo severo.
N	= número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
N_c	= número total de columnas de confinamiento. $N_c \geq 2$. Ver la Nota 1.
P	= peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
P_g	= carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
P_c	= carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
P_e	= carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
P_m	= carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
P_u	= carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
P_t	= carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
s	= separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
S	= factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
t	= espesor efectivo del muro.
t_n	= espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
U	= factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
V_c	= fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
V_e	= fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
V_{Ei}	= fuerza cortante en el entrepiso "i" del edificio producida por el sismo severo.
V_{ui}	= fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso "i" de uno de los muros.
V_m	= resistencia al corte en el entrepiso "i" de uno de los muros.
v'_m	= resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
Z	= factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
δ	= factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.

$\delta = 1$, para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
 $\delta = 0,8$, para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
 ϕ = coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
 $\phi = 0,9$ (flexión o tracción pura).
 $\phi = 0,85$ (corte-fricción o tracción combinada con corte-fricción).
 $\phi = 0,7$ (compresión, cuando se use estribos cerrados).
 $\phi = 0,75$ (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
 ρ = cuantía del acero de refuerzo = $A_s / (s.t)$.

σ = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro = $P_g / (t.L)$.

$\sigma_m = P_m / (t.L)$ = esfuerzo axial máximo en un muro.

μ = coeficiente de fricción concreto endurecido – concreto.

Nota 1: En muros confinados de un paño sólo existen columnas extremas ($N_c = 2$);

en ese caso: $L_m = L$

Nota 2: El factor " ϕ " para los muros armados se proporciona en 8.7.3

CAPÍTULO 3 COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

3.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

3.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

3.1.2 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1.

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

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

3.1.3 LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

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.

3.1.4 PRUEBAS

- a) Muestreo.- El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

- b) Resistencia a la Compresión.- Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_m) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

- c) Variación Dimensional.- Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

- d) Alabeo.- Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- e) Absorción.- Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

3.1.5 ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

- a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

3.2 MORTERO

3.2.1 DEFINICIÓN. El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

3.2.2 COMPONENTES

- a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:
 - Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
 - Cemento Adicionado IP, NTP 334.830

- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 3 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

3.2.3 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES. Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4).

3.2.4 PROPORCIONES. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	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

- Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en 3.2.2.a, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

3.3 CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

3.3.1 DEFINICIÓN. El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.-

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

3.3.2 CLASIFICACIÓN. El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

3.3.3 COMPONENTES

a) Los materiales aglomerantes serán:

- Cemento Portland I, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002

b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 5. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 5 GRANULOMETRÍA DEL CONFITILLO	
MALLA ASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	0 a 5

c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3.

- d) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

3.3.4 PREPARACIÓN Y FLUIDEZ. Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 6) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

TABLA 6 COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL CONCRETO LÍQUIDO o GROUT				
CONCRETO LÍQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
FINO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes	-----
GRUESO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerantes	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

3.3.5 RESISTENCIA. El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión $f'_c = 13,72 \text{ MPa}$ (140 kg/cm^2). La resistencia a compresión f'_c

será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. Las probetas tendrán una esbeltez igual a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad.

3.4 ACERO DE REFUERZO

3.4.1 La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

3.4.2 Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

3.5 CONCRETO

3.5.1 El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a $17,15 \text{ MPa}$ (175 kg/cm^2) y deberá cumplir con los

requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

4.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

La mano de obra empleada en las construcciones de albañilería será calificada, debiéndose supervisar el cumplimiento de las siguientes exigencias básicas:

4.1.1 Los muros se construirán a plomo y en línea. No se atentarán contra la integridad del muro recién asentado.

4.1.2 En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

4.1.3 Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del reemplazo no excederá al de la fragua inicial del cemento.

4.1.4 Las unidades de albañilería se asentarán con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas. El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado será el siguiente:

- Para concreto y sílico-calcáreo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.
- Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm²-min (*).

(*) Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm³) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm³) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm², se obtiene como:

$$SUCCION = 200 (V1 - V2) / A$$
, expresada en gr/200 cm²-min, donde "A" es el área bruta (en cm²) de la superficie de asiento de la unidad.

- 4.1.5 Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.
- 4.1.6 No se asentará más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada. En el caso de la albañilería con unidades apilables, se podrá levantar el muro en su altura total y en la misma jornada deberá colocarse el concreto líquido.
- 4.1.7 Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.
- 4.1.8 El tipo de aparejo a utilizar será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.
- 4.1.9 El procedimiento de colocación y consolidación del concreto líquido dentro de las celdas de las unidades, como en los elementos de concreto armado, deberá garantizar la ocupación total del espacio y la ausencia de cangrejas. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.
- 4.1.10 Las vigas peraltadas serán vaciadas de una sola vez en conjunto con la losa de techo.
- 4.1.11 Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en 1.2.6 y 1.2.7.
- 4.2 ALBAÑILERIA CONFINADA
- Aparte de los requisitos especificados en 4.1, se deberá cumplir lo siguiente:
- 4.2.1 Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en 3.1.3.
- 4.2.2 La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:
- En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.
 - En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse “chicotes” o “mechas” de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblez vertical a 90° de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001 (ver 1.2.8).
- 4.2.3 El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90° de 10 cm.

- 4.2.4 Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135° , pudiéndose emplear estribos con $\frac{3}{4}$ de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical.
- 4.2.5 Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.
- 4.2.6 El concreto deberá tener una resistencia a compresión (f'_c) mayor o igual a 17,15MPa ($175\text{kg}/\text{cm}^2$). La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ pulgada).
- 4.2.7 El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimiento, no del sobrecimiento.
- 4.2.8 Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.
- 4.2.9 La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro.
- 4.2.10 El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajados y 3 cm cuando son caravista.
- 4.3 ALBAÑILERÍA ARMADA
- Aparte de los requisitos especificados en 4.1, se deberá cumplir lo siguiente:
- 4.3.1 Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslape, por soldadura o por medios mecánicos.
- Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.
 - Los empalmes por soldadura sólo se permitirán en barras de acero ASTM A706 (soldables), en este caso la soldadura seguirá las especificaciones dadas por AWS.
 - Los empalmes por medios mecánicos se harán con dispositivos que hayan demostrado mediante ensayos que la resistencia a tracción del empalme es por lo menos 125% de la resistencia de la barra.
 - En muros cuyo diseño contemple la formación de rótulas plásticas, las barras verticales deben ser preferentemente continuas en el primer piso empalmándose recién en el segundo piso (*). Cuando no sea posible

evitar el empalme, éste podrá hacerse por soldadura, por medios mecánicos o por traslape; en el último caso, la longitud de empalme será de 60 veces el diámetro de la barra y 90 veces el diámetro de la barra en forma alternada.

(*) Una técnica que permite facilitar la construcción empleando refuerzo vertical continuo en el primer piso, consiste en utilizar unidades de albañilería recortadas en forma de H, con lo cual además, las juntas verticales quedan completamente llenas con grout.

- 4.3.2 El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.
- 4.3.3 Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.
- 4.3.4 Para asegurar buena adhesión entre el concreto líquido y el concreto de asiento de la primera hilada, las celdas deben quedar totalmente libres de polvo o restos de mortero proveniente del proceso de asentado; para el efecto los bloques de la primera hilada tendrán ventanas de limpieza. Para el caso de muros totalmente llenos, las ventanas se abrirán en todas las celdas de la primera hilada; en el caso de muros parcialmente rellenos, las ventanas se abrirán solo en las celdas que alojen refuerzo vertical. En el interior de estas ventanas se colocará algún elemento no absorbente que permita la limpieza final.
- 4.3.5 Para el caso de la albañilería parcialmente rellena, los bloques vacíos correspondientes a la última hilada serán taponados a media altura antes de asentarlos, de tal manera que por la parte vacía del alvéolo penetre el concreto de la viga solera o de la losa del techo formando llaves de corte que permitan transferir las fuerzas sísmicas desde la losa hacia los muros. En estos muros, el refuerzo horizontal no atravesará los alvéolos vacíos, sino que se colocará en el mortero correspondiente a las juntas horizontales.
- 4.3.6 Para el caso de unidades apilables no son necesarias las ventanas de limpieza; la limpieza de la superficie de asiento se realizará antes de asentar la primera hilada.
- 4.3.7 Antes de encofrar las ventanas de limpieza, los alvéolos se limpiarán preferentemente con aire comprimido y las celdas serán humedecidas interiormente regándolas con agua, evitando que esta quede empozada en la base del muro.
- 4.3.8 El concreto líquido o grout se vaciará en dos etapas. En la primera etapa se vaciará hasta alcanzar una altura igual a la mitad del entrepiso, compactándolo en diversas capas, transcurrido 5 minutos desde la compactación de la última capa, la mezcla será recompactada. Transcurrida media hora, se vaciará la segunda mitad del entrepiso, compactándolo hasta que su borde superior esté por debajo de la mitad de la altura

correspondiente a la última hilada, de manera que el concreto de la losa del techo, o de la viga solera, forme llaves de corte con el muro. Esta segunda mitad también se deberá recompactar. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el grout de relleno.

- 4.3.9 Los alvéolos de la unidad de albañilería tendrán un diámetro o dimensión mínima igual a 5 cm por cada barra vertical que contengan, o 4 veces el mayor diámetro de la barra por el número de barras alojadas en el alvéolo, lo que sea mayor.
- 4.3.10 El espesor del grout que rodea las armaduras será $1\frac{1}{2}$ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 1 cm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.
- 4.3.11 En el caso que se utilice planchas perforadas de acero estructural en los talones libres del muro, primero se colocarán las planchas sobre una capa delgada de mortero presionándolas de manera que el mortero penetre por los orificios de la plancha; posteriormente, se aplicará la siguiente capa de mortero sobre la cual se asentará la unidad inmediata superior. Para el caso de albañilería con unidades apilables las planchas se colocarán adheridas con apóxico a la superficie inferior de la unidad
- 4.3.12 En el caso que se utilice como refuerzo horizontal una malla electrosoldada con forma de escalerilla, el espaciamiento de los escalones deberá estar modulado de manera que coincidan con la junta vertical o con la pared transversal intermedia del bloque, de manera que siempre queden protegidas por mortero. Las escalerillas podrán usarse como confinamiento del muro sólo cuando el espaciamiento de los escalones coincidan con la mitad de la longitud nominal de la unidad.

CAPÍTULO 5

RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

5.1.1 La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m)

se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7.

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

5.1.2 Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería f'_m y v'_m deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio

previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada

500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 1000 m² de área techada.

- b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada

500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 500 m² de área techada.

5.1.3 Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

5.1.4 Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.

5.1.5 Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

5.1.6 Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8.

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

5.1.7 La resistencia característica f'_m en pilas y v'_m en muretes (ver 5.2 y 5.3, respectivamente) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

5.1.8 El valor de v'_m para diseño no será mayor de $0,319\sqrt{f'_m}$ MPa $\left(\sqrt{f'_m} \text{ Kg/cm}^2\right)$

5.1.9 En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes contruidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
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 $f'_c = 13,72$ MPa (140 kg/cm²). 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

CAPÍTULO 6 ESTRUCTURACIÓN

Las especificaciones de este Capítulo se aplicarán tanto a la albañilería confinada como a la albañilería armada.

6.1 ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO

- 6.1.1 Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en las que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.
- 6.1.2 Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no excede de 4. Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.
- 6.1.3 Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.
- 6.1.4 Los diafragmas deben distribuir la carga de gravedad sobre todos los muros que componen a la edificación, con los objetivos principales de incrementarles su ductilidad y su resistencia al corte, en consecuencia, es recomendable el uso de losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones. Es posible el uso de losas unidireccionales siempre y cuando los esfuerzos axiales en los muros no excedan del valor indicado en 7.1.1.b.
- 6.1.5 Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en 6.1.1 y 6.1.2.
- 6.1.6 La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

6.2 CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO

El sistema estructural de las edificaciones de albañilería estará compuesto por muros dúctiles dispuestos en las direcciones principales del edificio, integrados por los diafragmas especificados en 6.1 y arriostros según se indica en 6.5.

La configuración de los edificios con diafragma rígido debe tender a lograr:

- 6.2.1 Plantas simples y regulares. Las plantas con formas de L, T, etc., deberán ser evitadas o, en todo caso, se dividirán en formas simples.

- 6.2.2 Simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros en planta, de manera que se logre una razonable simetría en la rigidez lateral de cada piso y se cumpla las restricciones por torsión especificadas en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- 6.2.3 Proporciones entre las dimensiones mayor y menor, que en planta estén comprendidas entre 1 a 4, y en elevación sea menor que 4.
- 6.2.4 Regularidad en planta y elevación, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.
- 6.2.5 Densidad de muros similares en las dos direcciones principales de la edificación. Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos de la Sección 7.1.2.b, se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.
- 6.2.6 Vigas dinteles preferentemente peraltadas (hasta 60 cm) para el caso en que el edificio se encuentre estructurado por muros confinados, y con un peralte igual al espesor de la losa del piso para el caso en que el edificio esté estructurado por muros armados (*).
- (*) Este acápite está relacionado con el método de diseño que se propone en el Capítulo 9, donde para los muros confinados se acepta la falla por corte, mientras que en los muros armados se busca la falla por flexión.
- 6.2.7 Cercos y alféizares de ventanas aislados de la estructura principal, debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano, según se indica en el Capítulo 10.
- 6.3 OTRAS CONFIGURACIONES
- Si el edificio no cumple con lo estipulado en la Sección 6.2, se deberá contemplar lo siguiente:
- 6.3.1 Las edificaciones sin diafragmas rígidos horizontales deben limitarse a un piso; asimismo, es aceptable obviar el diafragma en el último nivel de las edificaciones de varios pisos. Para ambos casos, los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostrarse transversalmente con columnas de amarre o muros ortogonales y mediante vigas soleras continuas.
- 6.3.2 De existir reducciones importantes en planta, u otras irregularidades en el edificio, deberá efectuarse el análisis dinámico especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
- 6.3.3 De no aislarse adecuadamente los alféizares y tabiques de la estructura principal, se deberán contemplar sus efectos en el análisis y en el diseño estructural.

6.4 MUROS PORTANTES

Los muros portantes deberán tener:

- Una sección transversal preferentemente simétrica
- Continuidad vertical hasta la cimentación.
- Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.
- Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en los siguientes sitios:
 - a) En cambios de espesor en la longitud del muro, para el caso de Albañilería Armada
 - b) En donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.
 - c) En alféizar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso.
- La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.
- Arriostre según se especifica en la Sección 6.5

6.5 ARRIOSTRES

6.5.1 Los muros portantes y no portantes, de albañilería simple o albañilería confinada, serán arriostrados por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragmas rígidos de piso.

6.5.2 Los arriostres se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando a éste como si fuese una losa sujeta a fuerzas perpendiculares a su plano (Capítulo 10).

6.5.3 Un muro se considerará arriostrado cuando:

- a) El amarre o anclaje entre el muro y sus arriostres garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.
- b) Los arriostres tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.

- c) Al emplearse los techos para su estabilidad lateral, se tomen precauciones para que las fuerzas laterales que actúan en estos techos sean transferidas al suelo.
- d) El muro de albañilería armada esté diseñado para resistir las fuerzas normales a su plano.

CAPÍTULO 7 REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS

7.1 REQUISITOS GENERALES

Esta Sección será aplicada tanto a los edificios compuestos por muros de albañilería armada como confinada.

7.1.1 MURO PORTANTE

a) Espesor Efectivo “t”. El espesor efectivo (ver 2.1.13) mínimo será:

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{h}{20} && \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3} \\ t &\geq \frac{h}{25} && \text{Para la Zona Sísmica 1} \end{aligned} \quad (7.1.1a)$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver 2.1.6).

b) Esfuerzo Axial Máximo. El esfuerzo axial máximo (σ_m) producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m \quad (7.1.1b)$$

Donde “L” es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m),

aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial “ P_m ” (*).

(*) La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

c) Aplastamiento. Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a $0,375 f'_m$. En

estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

7.1.2 ESTRUCTURACIÓN EN PLANTA

- a) Muros a Reforzar. En las Zonas Sísmicas 2 y 3 (ver la NTE E.030 Diseño Sismorresistente) se reforzará cualquier muro portante (ver 6.4) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.
- b) Densidad Mínima de Muros Reforzados. La densidad mínima de muros portantes (ver 6.4) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{AreadeCortedelosMurosReforzados}}{\text{AreadelPlantaTípica}} = \frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56} \quad (7.1.2b)$$

Donde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

“N” es el número de pisos del edificio;

“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,

“t” es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (7.1.2b), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación E_c / E_m , donde E_c y E_m son los módulos de

elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

7.2 ALBAÑILERIA CONFINADA

Adicionalmente a los requisitos especificados en 7.1, deberá cumplirse lo siguiente:

- 7.2.1 Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:
- a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
- b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos

horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en 7.1.1.a, la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10).

- c) Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en 3.1.3.
- d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. (Ver NTE E.060 Concreto Armado y 4.2.5).
- e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver 4.2.2 y 4.2.7.
- f) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con $f'_c \geq 17,15\text{MPa}$ (175 kg/cm^2).

7.2.2 Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver 9.1.2.

7.2.3 El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.

7.2.4 El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.

7.2.5 El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver 4.2.10).

7.2.6 Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm y terminarán en gancho a 90° , vertical de 10 cm de longitud.

7.3 ALBAÑILERIA ARMADA

Adicionalmente a los requisitos indicados en 7.1, se cumplirá lo siguiente:

7.3.1 Para dar cumplimiento al requisito 7.1.2.b, los muros reforzados deberán ser rellenados con grout total o parcialmente en sus alvéolos, de acuerdo a lo especificado en 3.1.3. El concreto líquido debe cumplir con los requisitos de esta Norma, con resistencia a compresión $f'_c \geq 13,72\text{MPa}$ (140 kg/cm^2). Ver 3.3.5 y 4.3.7.

7.3.2 Los muros portantes no comprendidos en 7.3.1 y los muros portantes en edificaciones de la Zona Sísmica 1, así como los tabiques, parapetos,

podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena en sus alvéolos (ver 4.3.5).

7.3.3 Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollarán plena capacidad a la tracción. Ver 4.3.1 y 4.3.2.

7.3.4 La cimentación será hecha de concreto simple o reforzado, con un peralte tal que permita anclar la parte recta del refuerzo vertical en tracción más el recubrimiento respectivo.

CAPÍTULO 8 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

8.1 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma se utilizará las siguientes definiciones:

- **SISMO SEVERO.** Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, empleando un coeficiente de reducción de la solicitación sísmica $R = 3$.
- **SISMO MODERADO.** Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el “sismo severo”.

8.2 CONSIDERACIONES GENERALES

8.2.1 La Norma establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos.

8.2.2 Para los propósitos de esta Norma, se establece los siguientes considerandos:

- a) El “sismo moderado” no debe producir la fisuración de ningún muro portante.
- b) Los elementos de acoplamiento entre muros deben funcionar como una primera línea de resistencia sísmica, disipando energía antes de que fallen los muros de albañilería, por lo que esos elementos deberán conducirse hacia una falla dúctil por flexión.
- c) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “sismo severo” se fija en $1/200$, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.
- d) Los muros deben ser diseñados por capacidad de tal modo que puedan soportar la carga asociada a su incursión inelástica, y que proporcionen al edificio una resistencia a corte mayor o igual que la carga producida por el “sismo severo”.
- e) Se asume que la forma de falla de los muros confinados ante la acción del “sismo severo” será por corte, independientemente de su esbeltez.

- f) La forma de falla de los muros armados es dependiente de su esbeltez. Los procedimientos de diseño indicados en 8.7 tienden a orientar el comportamiento de los muros hacia una falla por flexión, con la formación de rótulas plásticas en su parte baja.

8.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- 8.3.1 El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.
- 8.3.2 La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
- 8.3.3 El análisis considerará las características del diafragma que forman las losas de techo; se deberá considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y las discontinuidades en la losa.
- 8.3.4 El análisis considerará la participación de aquellos muros no portantes que no hayan sido aislados de la estructura principal. Cuando los muros se construyan integralmente con el alféizar, el efecto de éste deberá considerarse en el análisis.
- 8.3.5 La distribución de la fuerza cortante en planta se hará teniendo en cuenta las torsiones existentes y reglamentarias. La rigidez de cada muro podrá determinarse suponiéndolo en voladizo cuando no existan vigas de acoplamiento, y se considerará acoplado cuando existan vigas de acoplamiento diseñadas para comportarse dúctilmente.
- 8.3.6 Para el cálculo de la rigidez de los muros, se agregará a su sección transversal el 25% de la sección transversal de aquellos muros que concurren ortogonalmente al muro en análisis ó 6 veces su espesor, lo que sea mayor. Cuando un muro transversal concorra a dos muros, su contribución a cada muro no excederá de la mitad de su longitud. La rigidez lateral de un muro confinado deberá evaluarse transformando el concreto de sus columnas de confinamiento en área equivalente de albañilería, multiplicando su espesor real por la relación de módulos de elasticidad E_c/E_m ; el centroide de dicha área equivalente coincidirá con el de la columna de confinamiento.
- 8.3.7 El módulo de elasticidad (E_m) y el módulo de corte (G_m) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla: $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcáreas: $E_m = 600 f'_m$

- Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0,4E_m$

Opcionalmente, los valores de " E_m " y " G_m " podrán calcularse experimentalmente según se especifica en 5.1.

8.3.8 El módulo de elasticidad (E_c) y el módulo de corte (G_c) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.

8.3.9 El módulo de elasticidad para el acero (E_s) se considerará igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg/cm²)

8.4 DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

8.4.1 Requisitos Generales

8.4.1.1 Todos los elementos de concreto armado del edificio, con excepción de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería, serán diseñados por resistencia última, asegurando que su falla sea por un mecanismo de flexión y no de corte.

El diseño se hará para la combinación de fuerzas gravitacionales y las fuerzas debidas al "sismo moderado", utilizando los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia (ϕ) especificados en la NTE E.060 Concreto Armado. La cimentación será dimensionada bajo condiciones de servicio para los esfuerzos admisibles del suelo y se diseñará a rotura.

8.4.1.2 Los elementos de confinamiento serán diseñados de acuerdo a lo estipulado en 8.6.2 de esta Norma.

8.5 DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

8.5.1 Requisitos Generales

8.5.1.1 Para el diseño de los muros confinados ante acciones coplanares, podrá suponerse que los muros son de sección rectangular (t.L.). Cuando se presenten muros que se intercepten perpendicularmente, se tomará como elemento de refuerzo vertical común a ambos muros (sección transversal de columnas, refuerzos verticales, etc.) en el punto de intersección, al mayor elemento de refuerzo proveniente del diseño independiente de ambos muros.

8.5.1.2 Para el diseño por flexo compresión de los muros armados que tengan continuidad en sus extremos con muros transversales, podrá considerarse la contribución de las alas de acuerdo a lo indicado en 8.3.6. Para el diseño a corte se considerará que la sección es rectangular, despreciando la contribución de los muros transversales.

8.5.2 Control de Fisuración

- Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados, que son los más frecuentes. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.
- Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible} \quad (8.5.2)$$

donde: “ V_e ” es la fuerza cortante producida por el “sismo moderado” en el muro en análisis y “ V_m ” es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería (ver 8.5.3).

8.5.3 Resistencia al Agrietamiento Diagonal

- La resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Unidades de Arcilla y de Concreto: } V_m = 0,5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

$$\text{Unidades Silico-calcáreas: } V_m = 0,35 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

donde:

v'_m = resistencia característica a corte de la albañilería (ver 5.1.8 y 5.1.9).

P_g = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)

t = espesor efectivo del muro (ver 2.1.13)

L = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \quad (8.5.3)$$

donde: “ V_e ” es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico;

y,

“ M_e ” es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

8.5.4 Verificación de la resistencia al corte del edificio

- Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso "i" y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei} \quad (8.5.4)$$

- La sumatoria de resistencias al corte ($\sum V_{mi}$) incluirá sólo el aporte de los muros reforzados (confinados o armados) y el aporte de los muros de concreto armado, sin considerar en este caso la contribución del refuerzo horizontal.
- El valor " V_{Ei} " corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso "i" del edificio, producida por el "sismo severo".
- Cumplida la expresión $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$ por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.
- Cuando $\sum V_{mi}$ en cada entrepiso sea mayor o igual a $3 V_{Ei}$, se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esa condición, se empleará refuerzo mínimo, capaz de funcionar como arriostres y de soportar las acciones perpendiculares al plano de la albañilería (ver el Capítulo 9). En este paso culminará el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares.

8.5.5 Diseño para cargas ortogonales al plano del muro

- El diseño para fuerzas ortogonales al plano del muro se hará de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 9.

8.5.6 Diseño para fuerzas coplanares de flexo compresión

- El diseño para fuerzas en el plano del muro se hará de acuerdo a 8.6 para muros de albañilería confinada y a 8.7 para muros de albañilería armada.

8.6 ALBAÑILERÍA CONFINADA

- Las previsiones contenidas en este acápite aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.
- Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio. El diseño de los muros debe orientarse a evitar fallas frágiles y a mantener

la integración entre el panel de albañilería y los confinamientos verticales, evitando el vaciamiento de la albañilería; para tal efecto el diseño debe comprender:

1. la verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en el muro;
 2. la verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores; y,
 3. el diseño de los confinamientos para la combinación de fuerzas de corte, compresión o tracción y corte fricción.
- Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso “i” serán las del “sismo severo” (V_{ui}, M_{ui}), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el “sismo moderado” (V_{ei}, M_{ei}) por la relación cortante de agrietamiento diagonal (V_{m1}) entre cortante producido por el “sismo moderado” (V_{e1}), ambos en el primer piso. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres: $2 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3$.

$$\begin{aligned} V_{ui} &= V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} & M_{ui} &= M_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \end{aligned} \quad (8.6)$$

8.6.1 Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

- Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_u \geq V_m$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $\sigma_m = P_m / (L.t)$, mayor o igual que $0,05 f'_m$, deberá

llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

- En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.
- La cuantía del acero de refuerzo horizontal será: $\rho = A_s / (s.t) \geq 0,001$.

Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,5 cm y terminarán con gancho a 90° vertical de 10 cm de longitud.

8.6.2 Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

- En cada entrepiso superior al primero ($i > 1$), deberá verificarse para

cada muro confinado que: $V_{mi} > V_{ui}$

De no cumplirse esta condición, el entrepiso “i” también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar “ V_{mi} ”, en forma similar al primer entrepiso.

8.6.3 Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores

a) Diseño de las columnas de confinamiento

- Las fuerzas internas en las columnas se obtendrán aplicando las expresiones de la Tabla 11.

TABLA 11 FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO			
COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{m1} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Donde:

$M = M_{u1} - 1/2 V_{m1} \cdot h$ (“h” es la altura del primer piso).

$F = M/L$ = fuerza axial en las columnas extremas producidas por “M”.

N_c = número de columnas de confinamiento (en muros de un paño $N_c = 2$)

L_m = longitud del paño mayor ó 0,5 L, lo que sea mayor (en muros de un paño $L_m = L$)

P_c = es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en 8.3.6.

a.1 Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento

- El área de la sección de las columnas será la mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor que 15 veces el espesor de la columna (15 t) en cm^2 .

Diseño por compresión

- El área de la sección de concreto se calculará asumiendo que la columna está arriostrada en su longitud por el panel de albañilería al que confina y por los muros transversales de ser el caso. El área del núcleo (A_n) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C}{\phi} \frac{-A_s f_y}{0,85 \delta f_c} \quad (8.6.3-a.1)$$

donde:

$\phi = 0,7$ o $0,75$, según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente

$\delta = 0,8$, para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$, para columnas confinadas por muros transversales

- Para calcular la sección transversal de la columna (A_c), deberá agregarse los recubrimientos (ver 4.2.10) al área del núcleo " A_n "; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción " A_{cf} ". Adicionalmente, en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de la columna deberá ser suficiente como para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

Diseño por corte-fricción (V_c)

- La sección transversal (A_{cf}) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte fricción, con la expresión siguiente:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0,2 f_c \phi} \geq A_c \geq 15t(\text{cm}^2) \quad (8.6.3-a.1')$$

donde: $\phi = 0,85$

a.2 Determinación del refuerzo vertical

- El refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocarán 4 varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical (A_s) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción (A_{sf}) y el refuerzo requerido por tracción (A_{st}):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \mu \phi} \quad A_{st} = \frac{T}{f_y \phi} \quad (8.6.3.a.2)$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0.1 f_c' A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm})$$

:

donde: El factor de reducción de resistencia es $\phi = 0,85$

El coeficiente de fricción es: $\mu = 0,8$ para juntas sin tratamiento y

$\mu = 1,0$ para juntas en la que se haya eliminado la lechada de cemento y sea intencionalmente rugosa.

a.3 Determinación de los estribos de confinamiento

- Los estribos de las columnas de confinamiento podrán ser ya sea estribos cerrados con gancho a 135° , estribos de $1 \frac{3}{4}$ de vuelta o zunchos con ganchos a 180° . En los extremos de las columnas, en una altura no menor de 45 cm o 1,5 d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0,3 t_n f_c' (A_c / A_n - 1)} \quad s_2 = \frac{A_v f_y}{0,12 t_n f_c'} \quad (8.6.3-a.3)$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5 \text{ cm}$$

$$s_4 = 10 \text{ cm}$$

Donde "d" es el peralte de la columna, " t_n " es el espesor del núcleo confinado y " A_v " es la suma de las ramas paralelas del estribo.

- El confinamiento mínimo con estribos será $\square 6 \text{ mm}$, 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

b) Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer nivel

- La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a T_s :

$$T_s = V_{ml} \frac{L_m}{2L}; \quad A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f_c' A_s}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}) \quad (8.6.3-b)$$

donde: $\phi = 0,9$

A_{cs} = área de la sección transversal de la solera

- El área de la sección transversal de la solera (A_{cs}) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal (A_s), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos: $\square$ 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm.

8.6.4 Diseño de los pisos superiores no agrietados

- a. Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical (A_s) capaz de absorber la tracción "T" producida por el momento flector ($M_{ui} = M_e (V_{m1}/V_{e1})$) actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \quad T = F - P_c > 0 \quad (8.6.4.a)$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8\text{mm}), \text{ donde } \phi = 0,9.$$

- b. El área del núcleo (A_n) correspondiente a las columnas extremas de confinamiento, deberá diseñarse para soportar la compresión "C". Para obtener el área de concreto (A_c), deberá agregarse los recubrimientos al área del núcleo " A_n ":

$$C = P_c + F$$

$$A_n = A_s + \frac{C / \phi - A_s f_y}{0,85 \delta \cdot f'_c} \quad (8.6.4.b)$$

donde: $\phi C = 0,7$ o $0,75$, según se emplee estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

$\delta = 0,8$ para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$ para columnas confinadas para muros transversales

- c. Las columnas internas podrán tener refuerzo mínimo.
- d. Las soleras se diseñarán a tracción con una fuerza igual a " T_s ":

$$T_s = V_u$$

donde $\phi = 0,9$

- e. Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos: $\square \frac{1}{4}"$, 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm.

8.7 ALBAÑILERÍA ARMADA

8.7.1 Aspectos Generales

Es objetivo de esta norma el lograr que los muros de albañilería armada tengan un comportamiento dúctil ante sismos severos, propiciando una falla final de tracción por flexión, evitando fallas frágiles que impidan o reduzcan la respuesta dúctil del muro ante dichas solicitaciones. Para alcanzar este objetivo la resistencia de los muros debe satisfacer las verificaciones dadas en 8.7.2 a 8.7.5 y deberá cumplirse los siguientes requisitos:

- 8.7.1.1 Todos los muros llevarán refuerzo horizontal y vertical. La cuantía mínima de refuerzo en cualquier dirección será de 0,1%. Las varillas de acero de refuerzo serán corrugadas.
- 8.7.1.2 El refuerzo horizontal se colocará preferentemente en el eje del muro, alojado en la cavidad horizontal de la unidad de albañilería. El refuerzo horizontal podrá colocarse en la cama de mortero de las hiladas cuando el espesor de las paredes de la unidad permitan que el refuerzo tenga un recubrimiento mínimo de 15 mm.
- 8.7.1.3 El refuerzo horizontal de los muros se diseñará para el cortante asociado al mecanismo de falla por flexión, es decir para el cortante debido al sismo severo, sin considerar ninguna contribución de la albañilería de acuerdo a lo indicado en 7.2.2.
- 8.7.1.4 El espaciamiento del refuerzo horizontal en el primer piso de muros hasta de 3 pisos o 12 m de altura en las zonas sísmicas 2 y 3 no excederá de 450 mm y para muros de más de 3 pisos o 12 m no excederá de 200 mm; en la zona sísmica 1 no excederá de 800 mm.
- 8.7.1.5 El refuerzo horizontal en los muros del primer piso de edificios de 3 o más pisos debe ser continuo sin traslapes. En los pisos superiores o en los muros de edificaciones de 1 y 2 pisos, el refuerzo horizontal no será traslapado dentro de los 600 mm o 0,2L del extremo del muro. La longitud de traslape será la requerida por tracción y los extremos de las barras en el traslape deberán amarrarse.
- 8.7.1.6 Todos los alvéolos de las unidades que se utilicen en los muros portantes de carga sísmica, de los dos primeros pisos de edificios de 3 ó más pisos, deberán estar totalmente rellenos de concreto líquido. Para los muros de los pisos superiores podrá emplearse muros parcialmente rellenos, si cumplen con la limitación dada en 8.7.1.8.

- 8.7.1.7 Cuando el esfuerzo último por compresión, resultante de la acción de las cargas de gravedad y de las fuerzas de sismo coplanares, exceda de $0,3 f'_m$ los extremos libres de los muros (sin muros transversales) se confinarán para evitar la falla por flexocompresión. El confinamiento se podrá lograr mediante planchas de acero estructural inoxidable o galvanizado, mediante estribos o zunchos cuando la dimensión del alvéolo lo permita.
- 8.7.1.8 Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante ante sismos severos no exceda de $0,5 \frac{V_m}{A_n}$, donde A_n es el área neta del muro, podrán ser contruidos de albañilería parcialmente rellena. En este caso el refuerzo horizontal se colocará en las hiladas o en el eje del muro cuando las celdas de la unidad sin refuerzo vertical han sido previamente taponeadas.
- 8.7.1.9 Los muros secundarios (tabiques, parapetos y muros portantes no contabilizados en el aporte de resistencia sísmica) podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena. En estos casos, la cuantía de refuerzo vertical u horizontal no será menor que 0,07%.
- 8.7.1.10 En las zonas del muro donde se formará la rótula plástica (primer piso), se tratará de evitar el traslape del refuerzo vertical, o se tomará las precauciones especificadas en 4.3.1.
- 8.7.1.11 Para evitar las fallas por deslizamiento en el muro (cizalle), el refuerzo vertical por flexión se concentrará en los extremos del muro y en la zona central se utilizará una cuantía no menor que 0,001, espaciando las barras a no más de 45 cm. Adicionalmente, en la interfase cimentación – muro, se añadirán espigas verticales de 3/8" que penetre 30 y 50 cm, alternadamente, en el interior de aquellas celdas que carecen de refuerzo vertical.
- 8.7.2 Resistencia a compresión y flexo compresión en el plano del muro
- 8.7.2.1 Suposiciones de diseño
- El diseño por flexión de muros sometidos a carga axial actuando conjuntamente con fuerzas horizontales coplanares, se basará en las suposiciones de esta sección y en la satisfacción de las condiciones aplicables de equilibrio y compatibilidad de deformaciones.
- La deformación unitaria en el acero de refuerzo y en la albañilería será asumida directamente proporcional a la distancia medida desde el eje neutro.
 - La deformación unitaria máxima de la albañilería, ϵ_m , en la fibra extrema comprimida se asumirá igual a 0,002 para albañilería de unidades apilables e igual a 0,0025 para albañilería de unidades asentadas cuando la albañilería no es confinada y de 0,0055 cuando la albañilería es confinada mediante los elementos indicados en 8.7.1.7.
 - Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuerzo de fluencia especificado, f_y , se tomarán iguales al producto del módulo de

elasticidad E_s por la deformación unitaria del acero. Para deformaciones mayores que la correspondiente a f_y los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a f_y .

- d. La resistencia a la tracción de la albañilería será despreciada.
- e. El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería, $0,85 f'_m$, será asumido uniformemente distribuido sobre una zona equivalente de compresión, limitada por los bordes de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro de la sección a una distancia $a = 0,85 c$, donde c es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida.
- f. El momento flector M_e actuante en un nivel determinado se determinará del análisis estructural ante sismo moderado.
- g. El momento flector y la fuerza cortante factorizado serán $M_u = 1,25 M_e$ y $V_u = 1,25 V_e$ respectivamente. La resistencia en flexión, de todas las secciones del muro debe ser igual o mayor al momento de diseño obtenido de un diagrama de momentos modificado, de manera que el momento hasta una altura igual a la mitad de la longitud del muro sea igual al momento de la base y luego se reducirá de forma lineal hasta el extremo superior.

8.7.3 Evaluación de la Capacidad Resistente " M_n "

- Para todos los muros portantes se debe cumplir que la capacidad resistente a flexión M_n , considerando la interacción carga axial - momento flector, reducida por el factor ϕ , sea mayor o igual que el momento flector factorizado M_u :

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

el factor de reducción de la capacidad resistente a flexocompresión ϕ , se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0,65 \leq \phi = 0,85 - 0,2 P_u / P_o \leq 0,85 \quad (8.7.3a)$$

Donde $P_o = 0,1 f'_m t L$

- Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión M_n podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_n = A_s f_y D + P_u L / 2 \quad (8.7.3b)$$

$$D = 0,8L$$

A_s = área del refuerzo vertical en el extremo del muro

Para calcular el área de acero " A_s " a concentrar en el extremo del muro,

se deberá utilizar la menor carga axial: $P_u = 0,9P_g$.

Cuando al extremo traccionado concorra un muro perpendicular, el momento flector M_u podrá ser reducido en $0,9P_{gt} \cdot L/2$, donde P_{gt} es la

carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

- Para muros con secciones no rectangulares, el diseño por flexo compresión podrá realizarse empleando la formulación anterior o mediante la evaluación del Diagrama de Interacción para las acciones nominales (P_n vs. M_n).
- Por lo menos se colocará $2 \phi \ 3/8"$, o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.
- En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en 8.7.1.11.
- El valor " M_n " se calculará sólo para el primer piso (M_{n1}), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso: $P_u = 1,25 P_m$, contemplando el 100% de sobrecarga.

8.7.4 Verificación de la necesidad de confinamiento de los extremos libres del muro

- Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales) comprimidos, evaluando el esfuerzo de compresión último (σ_u) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u \cdot y}{I} \quad (8.7.4)$$

En la que P_u es la carga total del muro, considerando 100% de sobrecarga y amplificada por 1,25.

- Toda la longitud del muro donde se tenga $\sigma_u \geq 0,3 f'_m$ deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con 8.7.4, sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.
- Cuando se utilice confinamiento, el refuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro $D_b \geq s/13$, donde " s " es el espaciamiento

8.7.5 Resistencia a corte

- El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante " V_{uf} " asociado al mecanismo de falla por flexión producido en el primer piso. El diseño por fuerza cortante se realizará suponiendo que el 100% del cortante es absorbido por el refuerzo horizontal. El valor " V_{uf} " considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.
- El valor " V_{uf} " se calculará con las siguientes fórmulas:

Primer Piso: $V_{uf1} = 1,25 V_{u1} (M_{n1} / M_{u1}) \dots$ no menor que V_{m1}

Pisos Superiores: $V_{ufi} = 1,25 V_{ui} (M_{ni} / M_{ui}) \dots$ no mayor que V_{mi}

El esfuerzo de corte $v_i = V_{uf} / t \cdot L$ no excederá de $0,10 f'_c$ en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de $0,20 f'_m$ en cualquier otra zona.

- En cada piso, el área del refuerzo horizontal (A_{sh}) se calculará con la siguiente expresión:

$$A_{sh} = \frac{V_{uf} \cdot s}{f_y \cdot D} \quad (8.7.5)$$

donde:

s = espaciamiento del refuerzo horizontal

$D = 0,8 L$ para muros esbeltos, donde: $M_e / (V_e \cdot L) \geq 1$

$D = L$ para muros no esbeltos, donde: $M_e / (V_e \cdot L) < 1$

e = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en metros
 γ = peso volumétrico de la albañilería

9.1.7 El momento flector distribuido por unidad de longitud (M_s , en kg-m/m), producido por la carga sísmica "w" (ver 9.1.6), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_s = m.w.a^2 \quad (9.1.7)$$

donde:

m = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.
a = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 12), en metros.

TABLA 12
VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS "m"
y DIMENSION CRITICA "a"

CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS

a = Menor dimensión

b/a = 1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
m = 0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125

CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS

a = Longitud del borde libre

b/a = 0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m = 0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133

CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES

a = Altura del muro
m = 0,125

CASO 4. MURO EN VOLADIZO

a = Altura del muro
m = 0,5

9.1.8 El esfuerzo admisible en tracción por flexión (f_t') de la albañilería se supondrá igual a:

$$\begin{aligned} f_t' &= 0,15 \text{ MPa (1,50 kg/cm}^2\text{) para albañilería simple} \\ &= 0,30 \text{ MPa (3,00 kg/cm}^2\text{) para albañilería armada rellena de concreto líquido.} \end{aligned}$$

9.1.9 Los arriostres podrán estar compuestos por la cimentación, las columnas de confinamiento, las losas rígidas de techo (para el caso de muros portantes), las vigas soleras (para el caso de cercos, tabiques y parapetos) y los muros transversales.

9.1.10 Para el análisis y diseño de los elementos de arriostres se emplearán métodos racionales y la armadura que se obtenga por este concepto, no se sumará al refuerzo evaluado ante acciones sísmicas coplanares, sino que se adoptará el mayor valor respectivo.

9.2 MUROS PORTANTES

9.2.1 Los muros portantes de estructuras diafragmadas con esfuerzo de compresión no mayor que $0,01 f_m'$ se diseñarán de acuerdo a 9.3.

9.2.2 En los muros portantes de edificaciones diafragmadas y que como tales estarán sujetas principalmente a fuerzas coplanares, no se permitirá la formación de fisuras producidas por acciones transversales a su plano, porque éstas debilitan su área de corte ante acciones sísmicas coplanares. Para la obtención del momento flector perpendicular al plano se empleará procedimientos basados en teorías elásticas como se indica en 9.1.7.

Los pisos críticos por analizar son:

- a.- El primer piso, por flexocompresión.
- b.- El último piso, por tracción producida por la flexión

9.2.3 Los muros portantes confinados, así como los muros portantes armados, arriostrados en sus cuatro bordes, que cumplan con las especificaciones indicadas en 7.1.1.a y 7.1.1.b, no necesitarán ser diseñados ante cargas sísmicas perpendiculares al plano de la albañilería, a no ser que exista excentricidad de la carga gravitacional. En este paso culminará el diseño de estos muros.

9.2.4 Al momento flector producido por la excentricidad de la carga gravitacional " M_g " (si existiese) deberá agregarse el momento generado por la carga sísmica " M_s " (ver 9.1.6), para de esta manera obtener el momento total de diseño $M_t = M_s + M_g$, repartido por unidad de longitud.

9.2.5 El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional (P_g), se obtendrá como: $f_a = P_g / L.t$

9.2.6 El esfuerzo normal producido por el momento flector " M_t ", se obtendrá como: $f_m = 6 M_t / t^2$.

9.2.7 Se deberá cumplir que:

a) En el primer piso: $f_a + f_m \leq 0,25 f$

b) En el último piso: $f_m - f_a \leq f_t$

c) En cualquier piso: La compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1,33 \quad (9.2.7c1)$$

en la que: f_a = es el esfuerzo resultante de la carga axial

F_a = es el esfuerzo admisible para carga axial

$$= 0,20 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (9.2.7c2)$$

f_m = es el esfuerzo resultante del momento flector

F_m = es el esfuerzo admisible para compresión por flexión = $0,40 f_m$

9.3 MUROS NO PORTANTES Y MUROS PORTANTES DE ESTRUCTURAS NO DIAFRAGMADAS

Adicionalmente a las especificaciones indicadas en 9.1, se cumplirá lo siguiente:

9.3.1 Los muros no portantes (cercos, tabiques y parapetos) podrán ser contruidos empleando unidades de albañilería sólida, hueca o tubular; pudiéndose emplear la albañilería armada parcialmente rellena.

9.3.2 El momento flector en la albañilería (M_s) producido por la carga sísmica " w " (ver 9.1.6), podrá ser obtenido utilizando la Tabla 12 o empleando otros métodos como el de líneas de rotura.

9.3.3 En la albañilería simple el esfuerzo normal producido por el momento flector " M_s ", se obtendrá como: $f_m = 6 M_s / t^2$ y no será mayor que $f = 0,147 \text{ MPa}$ ($1,5 \text{ Kg/cm}^2$).

- 9.3.4 Los muros no portantes de albañilería armada serán reforzados de tal manera que la armadura resista el íntegro de las tracciones producidas por el momento flector " M_s "; no admitiéndose tracciones mayores de 8 kg/cm^2 ($0,754 \text{ MPa}$) en la albañilería. La cuantía mínima de refuerzo horizontal y vertical a emplear en estos muros será 0,0007 (ver 1.2.8).
- 9.3.5 Los arriostramientos serán diseñados por métodos racionales de cálculo, de modo que puedan soportar la carga sísmica " w " (especificada en 9.1.6 actuante contra el plano del muro).
- 9.3.6 La cimentación de los cercos será diseñada por métodos racionales de cálculo. Los factores de seguridad para evitar la falla por volcamiento y deslizamiento del cerco serán 2 y 1,5, respectivamente.
- 9.3.7 Están exonerados de las exigencias de arriostramiento los parapetos de menos de 1,00 m de altura, que estén retirados del plano exterior de fachadas, ductos en los techos o patios interiores una distancia no menor de una vez y media su altura.

CAPITULO 10 INTERACCION TABIQUE DE ALBAÑILERIA-ESTRUCTURA APORTICADA

10.1 ALCANCE

10.1.1 Este Capítulo aplica a los tabiques de albañilería empleados para reforzar pórticos de concreto armado o acero. Puede aplicarse también para los tabiques de cierre y particiones de edificios aporticados, que no teniendo el propósito específico de reforzar al edificio, están adosados a sus pórticos, cuando el proyectista quiera proteger al edificio de efectos que se describen en 10.1.2.

10.1.2 Cuando un tabique no ha sido aislado del pórtico que lo enmarca, ante las acciones sísmicas se producirá la interacción de ambos sistemas. Este efecto incrementa sustancialmente la rigidez lateral del pórtico y puede generar los siguientes problemas:

- 1) torsión en el edificio.
- 2) concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
- 3) fractura del tabique.
- 4) "piso blando", que se presenta cuando un determinado piso está libre de tabiques, mientras que los pisos superiores se encuentran rigidizados por los tabiques.
- 5) "columnas cortas", donde el parapeto ó alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas.
- 6) Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

10.2 DISPOSICIONES

10.2.1 La distorsión angular máxima de cada entrepiso, considerando la contribución de los tabiques en la rigidez, deberá ser menor que 1 l 200. Para atenuar los problemas de interacción tabique-pórtico, se sugiere adicionar al edificio placas de concreto armado que permiten limitar los desplazamientos del entrepiso.

10.2.2 En esta Norma se propone adoptar como modelo estructural un sistema compuesto por las barras continuas del pórtico de concreto armado, agregando en aquellos paños donde existan tabiques, un puntal diagonal de albañilería (ver el módulo de elasticidad " E_m " en 8.3.7) que trabaje a compresión, en reemplazo del tabique. Opcionalmente, podrá adoptarse otros modelos que reflejen la interacción tabique-pórtico. La sección transversal del puntal será b.t.

donde:

t = espesor efectivo del tabique

b = ancho equivalente del puntal de albañilería = $\frac{1}{4} D$

D = longitud del puntal (o longitud diagonal del tabique)

10.2.3 La falla de un tabique puede modificar sustancialmente el análisis estructural elástico al desaparecer el efecto de puntal en los tabiques que se agrietan o desploman; por lo tanto, será necesario que los tabiques se comporten elásticamente, incluso ante los sismos severos, y emplear elementos de anclaje que lo conecten a la estructura principal para evitar su volcamiento ante las acciones ortogonales a su plano.

10.2.4 Tipos de Falla y Resistencias Asociadas en los Tabiques. Los tipos de falla por carga sísmica contenida en el plano del tabique, así como las resistencias (R) respectivas, en condición de rotura del puntal, se presentan a continuación:

Nomenclatura

R = resistencia última del puntal de albañilería (en kilogramos)

L, h, t = longitud, altura y espesor del tabique, respectivamente (en centímetros)

$$D = \sqrt{L^2 + h^2}$$

f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería (en kg/cm^2). Ver la Tabla 9.

f_s = resistencia última a cizalle de la albañilería = 4 kg/cm^2

a.- Aplastamiento (R_c). Esta falla se presenta en las esquinas del tabique, triturándose los ladrillos. La resistencia última del puntal se calculará como:

$$R_c = 0,12 f'_m D t \quad (10.2.4a)$$

b.- Tracción Diagonal (R_t). Esta falla se manifiesta a través de una grieta diagonal en el tabique. La resistencia última del puntal se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_t = 0,85 \sqrt{f'_m} D t \quad (10.2.4b)$$

c.- Cizalle (R_s). Este tipo de falla se produce a la mitad de la altura del tabique (junta de construcción) y se caracteriza por ser una grieta horizontal. La resistencia a la rotura del puntal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{f_s t D}{1 - 0,4 h/L} \quad (10.2.4c)$$

10.2.5 La fuerza de compresión actuante en el puntal, proveniente del análisis sísmico elástico ante el sismo severo, especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del tabique (contemplando los tres tipos de falla indicados en 10.2.4).

ANEXO 3

IMAGEN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA NTP.399.613

PROYECTO DE NORMA TÉCNICA
PERUANA

PNTP 399.613
2017

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Per

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work

2017-XX-XX
2ª Edición

23.1 absorption; compressive strength; efflorescence; freezing and thawing; initial rate of absorption; length change; modulus of rupture; out-of-square; sampling; size; void area; warpage

R.0055-2005/INDECOPI-CRT.Publicada el 2005-07-13
I.C.S.: 91.100.01

Precio basado en 36 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Absorción, resistencia a la compresión, eflorescencia, congelamiento y descongelamiento, rapidez inicial de absorción, cambio de longitud, módulo de rotura, descuadre, muestreo, tamaño, área de vacíos, alabeo.

19.	MÓDULO DE ROTURA	32
20.	ANTECEDENTE	34
	ANEXO A	35
1.	OBJETO	1
2.	REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3.	MPO DE APLICACIÓN	2
4.	DEFINICIONES	2
5.	MUESTREO	2
6.	PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES	3
7.	MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO DE FLEXIÓN)	4
8.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5
9.	ABSORCIÓN	8
10.	CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO	11
11.	RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) - PRUEBA DE LABORATORIO	14
12.	EFLORESCENCIA	18
13.	MEDIDA DEL TAMAÑO	20
14.	MEDIDA DEL ALABEO	21
15.	MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD	23
16.	RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) - PRUEBA DE CAMPO	24
17.	MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS	28
18.	MEDIDA DE DESCUADRES	31

UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos para el muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañilería.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

2.1.1	NTP 331.017:2003	UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos
2.1.2	NTP 821.003:1998	Sistema internacional de unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de algunas otras unidades

2.2 Norma técnica de asociación

2.2.1	ASTM E4 - 16	Standard Practices for Force Verification of Testing Machines
-------	--------------	---

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el control de calidad de los ladrillos de arcilla cocida usados como unidades de albañilería.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en la NTP 331.017.

5. MUESTREO

5.1 Selección de los especímenes de prueba: Para el propósito de la ejecución de los ensayos, el comprador o su representante autorizado, seleccionará unidades enteras que sean representativas del lote al cual pertenecen. Se deberá considerar especímenes representativos del rango completo de colores, texturas y tamaños, libres de impurezas, limo u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación.

5.2 Número de especímenes: Para la determinación del módulo de rotura, la resistencia a la compresión, la resistencia a la abrasión y la absorción, se ensayarán como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos ladrillos; para lotes mayores se tomarán cinco especímenes adicionales, por cada 500 000 unidades. Se podrá tomar mayor número de unidades a criterio del comprador.

5.3 Identificación: Se marcará cada espécimen de manera que pueda ser identificado en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del 5 % del área superficial de la unidad.

NOTA 1: En los métodos de ensayo se indican requisitos adicionales de preparación de los especímenes, específicos para la prueba.

7. MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO DE FLEXIÓN)

7.1 Especímenes de prueba: Se ensayarán cinco unidades enteras secas y enfriadas (véase 6.1).

7.2 Procedimiento

7.2.1 Apoyar el espécimen de prueba en su mayor dimensión, salvo que se indique otra forma, de manera tal que la carga se aplique en la dirección del espesor de la unidad, sobre un tramo aproximadamente menor a la longitud de la unidad menos 2,5 mm y cargado en el centro del tramo. Si el espécimen tiene imperfecciones (desniveles o depresiones), colocarlo de tal manera que éstas queden del lado de la compresión. Aplicar la carga en la superficie superior del espécimen a través de una plancha de acero de 6 mm de espesor y 40 mm de ancho, y de una longitud por lo menos igual al ancho del espécimen.

7.2.2 Los apoyos del espécimen de ensayo deberán estar libres para rotar en las direcciones longitudinal y transversal y se deberán ajustar de manera tal que no ejerzan fuerza alguna en esas direcciones.

7.2.3 Velocidad de ensayo: La velocidad de carga no excederá los 8900 N/m. Se considera que se cumple con este requerimiento si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayos, inmediatamente antes de aplicarse la carga, no es mayor a 1,3 mm/min

7.3 Cálculo e informe

7.3.1 El módulo de rotura de cada espécimen se calculará con la expresión que se indica a continuación, con aproximación a 0,01 MPa:

$$S = 3W(l/2 - x)/bd^2$$

6. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

6.1 Secado y enfriamiento

6.1.1 **Secado:** Secar los especímenes en un horno ventilado de 105 °C a 115 °C, por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0,2 %.

6.1.2 **Enfriamiento:** Después del secado se enfriarán los especímenes en una cámara a $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$, con una humedad relativa entre 30 % y 70 %. Las unidades se almacenarán separadas (no apiladas), libres de corrientes de aire, por un periodo de 4 horas como mínimo, y hasta que la temperatura de la superficie difiera en no más de 2,8 °C de la temperatura de la cámara de enfriamiento. No se deberá usar especímenes muy calientes para cualquier prueba que requiera unidades secas. Los especímenes permanecerán en la cámara de secado, con las condiciones de humedad y temperatura indicadas, hasta que sean ensayados.

6.1.2.1 Un método alternativo permitido para enfriamiento de los especímenes es el siguiente: almacenar las unidades separadas, no apiladas, en un ambiente ventilado a temperatura de $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$, con una humedad relativa entre 30 % y 70 %, por un periodo de 4 horas hasta que la temperatura de la superficie difiera en no más de 2,8 °C de la temperatura del ambiente, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de 2 horas. Los especímenes permanecerán en el ambiente ventilado, con las condiciones de temperatura y humedad indicadas, hasta que sean ensayados.

6.2 Determinación del peso

6.2.1 Pesar cinco especímenes enteros secos y enfriados (véase 6.1). La balanza a utilizar tendrá una capacidad no menor de 3000 g y una aproximación de 0,5 g.

6.2.2 En el reporte de los resultados se indicará separadamente el peso de cada unidad con aproximación a 0,1 g, y el promedio de todas las unidades ensayadas con aproximación a 0,1 g.

8.2.1 Todos los especímenes deberán ser secados y enfriados (véase 6.1), antes de proceder al refrentado de los mismos.

8.2.2 Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apaneladas, llenar las depresiones con un mortero compuesto por una parte, en peso, de mortero de cemento Portland y dos partes, en peso, de arena. Dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado. Cuando las cavidades excedan 13 mm, usar un fragmento de ladrillo o una sección de teja o placa metálica como relleno en el núcleo. Refrentar los especímenes aplicando uno de los dos procedimientos descritos en los apartados 8.2.3 y 8.2.4.

8.2.3 **Refrentado con yeso:** Cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca y dejar secar completamente. Apoyar una de las superficies laqueadas del espécimen sobre una capa delgada de yeso calcinado (yeso hemihidrato), que ha sido esparcida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana, con tolerancia de 0,08 mm en 400 mm, suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso. Cubrir ligeramente con una capa de aceite u otro material apropiado. Repítase esta operación con la otra superficie laqueada. Cuidar de tener las superficies de contacto, así conformadas, aproximadamente paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical del espécimen, y que los espesores de refrentado sean aproximadamente los mismos sin exceder de 3 mm. Se dejará reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

NOTA 2: El yeso usado para refrentado es frecuentemente del tipo industrial de fraguado rápido.

8.2.4 **Refrentado con azufre:** Usar una mezcla que contenga de 40 % a 60 % de azufre, y el resto de tierra de arcilla refractaria u otro material inerte apropiado que pase el tamiz normalizado N° 100 (150 μ m), con o sin plastificante. Los requerimientos para las placas de la superficie de refrentado serán los descritos en 8.2.3. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa de superficie para formar un molde rectangular con dimensiones interiores 13 mm mayores a las dimensiones del espécimen. Calentar la mezcla de azufre en un recipiente termostáticamente controlado, hasta llegar a una temperatura suficiente para mantener la mezcla fluida por un periodo de tiempo razonable después del contacto con la superficie del espécimen a ser refrentada. Tener cuidado de prevenir el sobrecalentamiento, y revolver el líquido del recipiente justo antes de usarse. Llenar el molde hasta la profundidad de 6 mm con el material de azufre derretido. Colocar la superficie del espécimen a ser refrentado rápidamente en el líquido, y sostenerlo de tal manera que su eje vertical esté en ángulo recto respecto de la superficie de refrentado. El

Donde:

- S = Módulo de rotura del espécimen en el plano de falla, Pa.
- W = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo, N.
- l = Distancia entre apoyos, mm.
- b = Ancho neto (entre caras, restando los huecos) del espécimen en el plano de falla, mm.
- d = Espesor del espécimen en el plano de falla, mm.
- x = Distancia promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla, medida en la dirección entre apoyos, a lo largo de la línea central de la superficie sujeta a tracción, mm.

7.3.2 Calcular y reportar el promedio de los módulos de rotura de los especímenes ensayados, con aproximación a 0,01 MPa.

8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

8.1 Espécimen de prueba

8.1.1 Se ensayarán medias unidades secas y enfriadas (véase 6.1), con la altura y el ancho total de la unidad original, y longitud igual a la mitad de la longitud total de la unidad ± 25 mm. Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrán ensayar piezas menores, con la altura y el ancho de la unidad original, longitud no menor a un cuarto de la longitud total de la unidad, y con un área bruta de sección transversal no menor de 90 cm². Las unidades de ensayo se obtendrán por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras. Se deberá ensayar cinco especímenes.

8.1.2 Eventualmente se podrán utilizar unidades enteras, en cuyo caso se deberá efectuar la corrección en el valor promedio de la resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio (véase el anexo A).

8.2 Refrentado del espécimen

espesor de las cubiertas debe ser aproximadamente el mismo. Dejar el espécimen sin perturbar hasta que se complete la solidificación. Permitir que las cubiertas se enfrien durante un mínimo de dos horas antes de ensayar los especímenes.

8.3 **Procedimiento**

8.3.1 Ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (es decir, la carga deberá ser aplicada en la dirección perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 1.6 mm.

8.3.2 La máquina de ensayo deberá satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifican en la norma ASTM E4.

8.3.3 El apoyo superior será un bloque metálico endurecido, asentado esféricamente y fijado firmemente en el centro del cabezal superior de la máquina (rótula). El centro de la rótula deberá alinearse con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. La rótula deberá estar sostenida en su asentamiento esférico, pero teniendo la libertad de girar en cualquier dirección, y su perímetro deberá tener por lo menos 6 mm libres desde el cabezal para permitir su uso con especímenes cuyas superficies de contacto no sean exactamente paralelas a la placa. El diámetro de la superficie de contacto será al menos de 127 mm. Usar un bloque de contacto de metal endurecido debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina. Las superficies del bloque de apoyo destinadas a tener contacto con los especímenes deberán tener una dureza no menor de 60 HRC (HB 620). Estas superficies serán planas, con una tolerancia de 0,03 mm. Cuando el área de contacto de los bloques apoyados esféricamente no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, colocar una plancha de acero con una superficie maquinada para ser plana con tolerancia de 0,03 mm, y con un espesor igual a al menos 1/3 de la distancia del extremo del apoyo esférico hasta la esquina más distante entre el bloque apoyado esféricamente y el espécimen refrentado.

8.3.4 **Velocidad de ensayo:** Aplicar la carga hasta la mitad de la máxima esperada, con cualquier velocidad adecuada. Después de ello, ajustar los controles de la máquina de manera tal que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de un minuto ni más de dos minutos.

8.4 **Cálculo e informe**

9.3.1.2 **Saturación:** Sumergir el espécimen secado y enfriado, sin inmersión parcial previa, en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura de entre 15,5 °C a 30 °C durante el tiempo especificado. Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesarlo. Peser todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua.

9.3.2 **Cálculo e informe**

9.3.2.1 Calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión, con aproximación al 0,1 %:

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

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

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

9.3.2.2 Calcular y reportar el promedio de absorción de agua fría de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,1 %.

9.4 **Ensayo en caliente de 1, 2 y 5 horas**

9.4.1 **Especímen de prueba:** Los especímenes deberán ser los mismos utilizados en la prueba de 5 horas y 24 horas de sumersión en agua fría, y se utilizarán en el estado de saturación en que se encuentren luego de esa prueba.

9.4.1.1 Secar y enfriar los especímenes de prueba según lo indicado en 6.1 si se realiza el ensayo de absorción en agua caliente sin llevar a cabo previamente el ensayo de absorción en agua fría.

9.4.2 **Procedimiento**

- 8.4.1 Calcúlese y repórtese la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,007 MPa:

$$C = W/A$$

Donde:

- C = Resistencia a la compresión del espécimen, MPa.
W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, N.
A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, mm².

- 8.4.2 Calcular y reportar el promedio de la resistencia a la compresión determinado con aproximación a 0,007 MPa.

9. ABSORCIÓN

- 9.1 **Exactitud del peso:** La balanza a utilizar deberá tener una capacidad no menor a 2000 g y una aproximación de 0,5 g.

- 9.2 **Especímenes de prueba:** El espécimen de prueba consistirá en medias unidades, según los requerimientos indicados en 8.1.1. Se ensayarán 5 especímenes.

- 9.3 **Prueba de sumersión de 5 y 24 horas**

- 9.3.1 **Procedimiento**

- 9.3.1.1 Secar y enfriar los especímenes de prueba en concordancia con lo indicado en el apartado 6.1, y pesar cada uno de ellos según se indica en el apartado 6.2.

9.4.2.1 Regresar al baño el espécimen utilizado en la prueba de sumersión en agua fría, y someterlo al ensayo de sumersión en agua caliente descrito en 9.4.2.2.

9.4.2.2 Sumergir el espécimen en agua limpia (potable, agua destilada o agua de lluvia), a una temperatura entre 15 °C y 30 °C, de tal manera que el agua circule libremente en todo el espécimen. Calentar hasta el punto de ebullición en una hora. Hervir de manera continua durante el tiempo especificado, y luego dejar enfriar a una temperatura entre 15 °C y 30 °C por pérdida natural de calor. Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño húmedo y pesarlo. Pesar todos los especímenes antes de 5 minutos después de retirarlos del agua.

9.4.2.3 Si el tanque está equipado con un vertedero y el agua pasa continuamente a través del depósito, a una temperatura entre 15 °C y 30 °C, de tal manera que una circulación completa del agua no toma más de dos minutos, pesar los especímenes después de una hora.

9.4.3 Cálculo e informe

9.4.3.1 Calcular y reportar la absorción en agua caliente de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, con aproximación a 0,1 %:

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

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

W_b = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua caliente.

9.4.3.2 Calcular y reportar el promedio de la absorción en agua caliente de todos los especímenes ensayados con una aproximación de 0,1 %.

9.5 Coeficiente de saturación

9.5.1 Calcular y reportar el coeficiente de saturación de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, con aproximación a 0,01:

$$\text{Coeficiente de saturación} = \frac{W_s^2 - W_d}{W_s - W_d}$$

10.1.5 **Tanque de descongelamiento:** De dimensiones tales que permitan la inmersión completa de los especímenes en sus bandejas. Deberán tomarse las medidas necesarias para que el agua en el tanque se mantenga a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.1.6 **Cámara de secado:** Con una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, y con una humedad relativa entre 30 % y 70 %, libre de corrientes de aire.

10.2 **Especímenes de prueba:** Los especímenes serán media unidad de ladrillos con caras en lo posible planas y paralelas. Si es necesario, pulir las caras de los especímenes con una sierra de albañilería. Los especímenes deberán estar libres de roturas o defectos visualmente observables, que sean resultado de los ensayos de flexión o de absorción. Adicionalmente, retirar cualquier partícula suelta de la superficie o de las perforaciones, ya sea arena o fragmentos del borde. Ensayar cinco especímenes.

10.3 **Procedimiento**

10.3.1 Secar y enfriar los especímenes de prueba en concordancia con lo indicado en el apartado 6.1. Pesar y registrar el peso seco de cada uno según se indica en el apartado 6.2.

10.3.2 Examinar cuidadosamente cada espécimen para determinar si hay presencia de rajaduras. Una rajadura se define como una fisura o una separación visible por una persona con visión normal a una distancia de 30 cm bajo una iluminación de no menos de 50 fc. Marcar cada rajadura con tinta indeleble en toda su longitud.

10.3.3 Sumergir los especímenes de ensayo en el agua del tanque de descongelamiento por $4\text{ h} \pm 0,5\text{ h}$.

10.3.4 Retirar los especímenes del tanque de descongelamiento y colocarlos en la bandeja de congelamiento con una de sus caras de menor área hacia abajo. Un espacio de al menos 13 mm deberá separar a los especímenes en la bandeja. Poner suficiente agua en la bandeja de tal manera que cada espécimen tenga por lo menos 13 mm de altura de agua, y luego colocar las bandejas con los especímenes en la cámara de congelamiento durante $20\text{ h} \pm 1\text{ h}$.

NOTA 3: La dimensión de algunos ladrillos podría no dejar que los especímenes se mantengan parados sin apoyo en su cara de menor área. En dicho caso, bastará con cualquier repisa o soporte que logre la separación de 13 mm entre especímenes, y que estos se mantengan parados en una profundidad de 13 mm de agua.

10.3.5 Retirar las bandejas del congelador después del tiempo indicado en el apartado anterior y sumergirlas totalmente, incluyendo los especímenes, en el tanque de descongelamiento por $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$.

10.3.6 Realizar lo indicado en el apartado 10.3.4, un ciclo cada día, durante una semana de trabajo. Luego del tiempo de $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$ del ciclo de congelamiento-descongelamiento en un día normal de trabajo, retirar los especímenes de las bandejas y almacenarlos en el cuarto de secado durante $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$. No apilar o amontonar los especímenes. Proveer de un espaciamiento de al menos 25 mm entre ellos. Seguido de este periodo de secado al aire, inspeccionar los especímenes, sumergirlos en el tanque de descongelamiento por $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$, y luego someterlos nuevamente al ensayo durante una semana de trabajo, de acuerdo al procedimiento indicado en 10.3.4 y 10.3.5. Si la semana normal de trabajo de cinco días es interrumpida, poner los especímenes dentro del ciclo de secado, pudiendo extenderse el tiempo de secado de $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ más allá de lo establecido en esta sección.

10.3.7 Continuar alternadamente el secado e inmersión en agua durante $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$, luego de los cinco ciclos de congelamiento y descongelamiento, o el número de ciclos necesarios para completar una semana normal de trabajo, hasta completar 50 ciclos de congelamiento y descongelamiento. Detener la ejecución del ensayo si el espécimen se ha quebrado o ha perdido más del 3 % de su peso original, según inspección visual.

10.3.8 Después de completar los 50 ciclos o cuando el espécimen ha sido retirado del ensayo a causa de su deterioro, secar y pesar el espécimen como se indica en el apartado 10.3.1.

10.4 **Cálculo, análisis, apreciación e informe**

10.4.1 **Cálculo:** Calcular la pérdida de peso como un porcentaje del peso original del espécimen seco.

10.4.2 **Análisis:** Examinar la superficie del espécimen para detectar rajaduras (véase 10.3.2) y registrar la presencia de nuevas grietas desarrolladas durante el procedimiento del ensayo de congelamiento y descongelamiento. Medir y registrar la longitud de las nuevas grietas. Examinar si el espécimen muestra desintegración durante el procedimiento de congelamiento y descongelamiento.

10.4.3 **Apreciación:** Se considera que un espécimen ha fallado en el ensayo de congelamiento y descongelamiento si ocurre alguna de las siguientes circunstancias:

10.4.3.1 **Rotura y pérdida de peso:** Una separación o desintegración que resulta en una pérdida de peso mayor a la permitida en las especificaciones para una apropiada clasificación de la unidad.

10.4.3.2 **Fractura:** El espécimen se ha quebrado en varias fracciones.

10.4.3.3 **Agrietamiento:** Un espécimen desarrolla una rajadura durante el procedimiento de congelamiento y descongelamiento que excede la longitud permitida a la señalada en la especificación para una apropiada clasificación de la unidad.

Si no se presenta ninguna de las tres consideraciones indicadas, se considerará que el espécimen ha pasado la prueba.

10.4.4 **Informe:** El informe deberá indicar si la muestra falló o pasó el ensayo. En el caso de cualquier falla, deberá incluirse la apreciación y la razón de su clasificación como falla, así como el número de ciclo en que ésta se produjo.

11. RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) – PRUEBA DE LABORATORIO

11.1 Equipos

11.1.1 **Bandejas o recipientes:** Las bandejas y recipientes para agua deberán tener una profundidad no menor de 13 mm, y ser de un largo y ancho tales que la superficie de

agua no sea menor de 2000 cm^2 . La base de la bandeja deberá ser plana cuando está apoyada apropiadamente, de tal manera que un área de no menos de 200 mm de largo y 150 mm de ancho esté nivelada cuando se ensaye con nivel de burbuja.

11.1.2 Soportes para ladrillos: Se usarán dos barras de acero no corrosible, de entre 125 mm y 150 mm de longitud, de secciones transversales triangulares, semicirculares o rectangulares tales que el espesor sea aproximadamente de 6 mm. El espesor de las dos barras estará dentro de los 0,03 mm y, si las barras tienen sección transversal rectangular, su ancho no excederá de 8 mm.

11.1.3 Dispositivos para mantener el nivel de agua constante: Medios adecuados para controlar que el nivel de agua esté sobre la superficie superior de los apoyos del ladrillo dentro de los 0,25 mm (véase la Nota 4), lo que incluye los dispositivos para agregar el agua a la bandeja con la rapidez correspondiente a la velocidad de remoción por el ladrillo que está siendo ensayado (véase la Nota 5). Un método adecuado para controlar el agua que se agrega, consiste en utilizar un ladrillo o medio ladrillo de referencia, cuyo desplazamiento de 3 mm de agua corresponda al ladrillo o medio ladrillo a ser ensayado dentro de $\pm 2,5 \%$. Sumergir completamente el ladrillo de referencia durante no más de tres horas antes de su uso.

NOTA 4: Para tener un control exacto del nivel de agua se colocará en el extremo de una de las barras dos alambres de metal rígidos que se proyecten hacia arriba y retornen, terminando en dos puntos; uno de ellos debe ser de $3 \text{ mm} - 0,25 \text{ mm}$ y el otro de $3 \text{ mm} + 0,25 \text{ mm}$ sobre la superficie superior o el borde de la barra. Esta precisión es posible con el uso de placas de fondo o de un microscopio micrómetro. Cuando el nivel de agua con respecto de la superficie superior o el borde de la barra se ajusta de modo que el punto más bajo crea burbujas en la superficie del agua al ser vista con reflectores de luz, y el punto más alto no está en contacto con el agua, entonces el nivel de agua está dentro de los límites especificados. Cualquier otro método adecuado para fijar y mantener una profundidad constante de inmersión puede ser usado siempre y cuando se obtenga un resultado equivalente. Por ejemplo, se menciona como otro método adecuado el uso de soportes rígidos móviles con respecto del nivel de agua.

NOTA 5: Un tubo de goma que va desde un sifón o una alimentación por gravedad, y que es cerrado por un clip de resorte, funcionará como un control manual adecuado. Los dispositivos de poco costo, como regla, carecen de sensibilidad y no operan en base a los pequeños cambios del nivel del agua permitido en este ensayo.

11.1.4 Balanza: Con una capacidad no menor a 3000 g y una aproximación a 0,5 g.

11.1.5 **Horno de secado:** Conforme a los requerimientos indicados en el apartado 10.1.4.

11.1.6 **Dispositivo de sincronización:** Un dispositivo adecuado, preferiblemente un reloj o un cronómetro, el cual indicará un tiempo de un minuto con una aproximación a 1 s .

11.2 **Espécimen de prueba:** Se ensayarán cinco ladrillos enteros.

11.3 **Procedimiento**

11.3.1 El período inicial de absorción deberá determinarse mediante el ensayo especificado, ya sea por secado al horno o secado al aire. Si no se especifica, el tiempo inicial de absorción deberá determinarse por una prueba de secado al horno. Secar y enfriar los especímenes de prueba de acuerdo a los procedimientos indicados en los apartados 11.3.1.1 u 11.3.1.2. Completar el procedimiento de ensayo en concordancia con los apartados 11.3.2, 11.3.3 y 11.3.4.

NOTA 6: No hay correlación entre el valor del período inicial de absorción en ambiente aireado y al horno. Los métodos de prueba proporcionan diferente información.

11.3.1.1 **Procedimiento de secado al horno:** Secar y enfriar los especímenes de prueba según lo indicado en el apartado 6.1.

11.3.1.2 **Procedimiento de secado en ambiente aireado:** Almacenar las unidades sin apilarlas, con separación entre ellas, en un cuarto ventilado, a temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa entre 30 % y 70 % durante un periodo de cuatro horas, y con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, durante un periodo no menor de dos horas. Continuar hasta que dos pesadas sucesivas, a intervalos de dos horas, muestren un incremento o pérdida no mayor de 0,2 % en comparación a la última pesada del espécimen.

11.3.2 Medir con una aproximación a 1,3 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba en el caso de unidades rectangulares, o bien determinar el área que estará en contacto con el agua para unidades de otras formas, con

métodos adecuados similares al propuesto. Pesar el espécimen con una aproximación a 0,5 g.

11.3.3 Ajustar la posición de la bandeja de la prueba de absorción de tal manera que el fondo de la misma esté nivelado cuando se ensaye, comprobado con nivel de burbuja, y fijar el ladrillo referencial saturado encima de los soportes (11.1.3). Agregar agua hasta que el nivel de la misma sea de $3 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$ sobre los soportes.

11.3.4 Cuando el espécimen de referencia sea retirado, colocar el ladrillo de prueba en una superficie plana, contando como tiempo cero el momento en que el ladrillo haga contacto con el agua. Durante el periodo de contacto, $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$, se mantendrá el nivel de agua dentro de los límites prescritos agregando agua si se requiere. Al final del tiempo de $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$, retirar el espécimen, secar el agua superficial con un paño húmedo, y volver a pesarlo con aproximación a 0,5 g. El secado del agua superficial se hará dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min.

NOTA 7: Coloque el ladrillo en contacto con el agua rápidamente, pero sin salpicar. Fije el ladrillo en posición con un movimiento oscilante, para evitar atrapar aire en la superficie inferior. De preferencia coloque los ladrillos con cavidades o depresiones en una superficie plana con la cavidad o depresión hacia arriba. Los ladrillos moldeados colocarlos con la cara rugosa hacia abajo.

11.4 Cálculo e informe

11.4.1 La diferencia en el peso, en g, entre el peso inicial y final, es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) de la superficie plana no difiere en más de $\pm 2,5 \%$ de 200 cm^2 , reportar el incremento de peso de cada espécimen con una aproximación a 0,1 g, denominándolo como el índice inicial de absorción en un minuto.

11.4.2 Si el área del espécimen difiere en más de $\pm 2,5 \%$ de 200 cm^2 , calcular el peso equivalente a 200 cm^2 , mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0,1 g:

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

Donde:

- X : Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm^2 .
W : Diferencia de pesos del espécimen, g.
L : Longitud del espécimen, cm.
B : Ancho del espécimen, cm.

11.4.3 Reportar la diferencia de pesos corregida, X, de cada espécimen con aproximación a 0,1 g, y con la absorción inicial en 1 min.

11.4.4 Si el espécimen de prueba es un ladrillo común, calcular el área neta y sustituir por LB en la ecuación dada en 11.4.2. Reportar la diferencia de peso corregida como la absorción inicial en un minuto, con aproximación a 0,1 g.

11.4.5 Si el espécimen no es prismático, calcular el área neta mediante el método geométrico adecuado y sustituir LB en la ecuación dada en 11.4.2.

11.5 Calcular y reportar el promedio de la absorción inicial de todos los especímenes ensayados, con aproximación a $0,1 \text{ g/min}/200 \text{ cm}^2$.

11.6 Incluir en el informe si para secar los especímenes se utilizó el horno de secado (en concordancia con lo indicado en 11.3.1.1) o secado al aire (en concordancia con lo indicado en el apartado 11.3.1.2).

12. EFLORESCENCIA

12.1 Aparatos

12.1.1 **Bandejas y contenedores:** Bandeja hecha de metal resistente a la corrosión u otro material que no genere sales solubles al ponerse en contacto con agua destilada que contenga cenizas de ladrillo. La bandeja será de dimensiones tales que provea no menos de 25 mm de profundidad de agua.

La bandeja deberá proveer un área tal que el total del volumen de agua sea grande en comparación con la cantidad de agua evaporada cada día, se dispondrá de un aparato adecuado para mantener un nivel constante de agua en la bandeja.

12.1.2 **Cámara de secado:** De acuerdo con los requisitos estipulados en el apartado 10.1.6.

12.1.3 **Horno de secado:** Conforme con lo estipulado en el apartado 10.1.4.

12.2 **Especímenes de ensayo**

12.2.1 Los especímenes consistirán en diez ladrillos enteros.

12.2.2 Los diez especímenes se distribuirán en cinco pares, de manera tal que los especímenes de cada par tengan la misma apariencia tanto como sea posible.

12.3 **Preparación de los especímenes:** Remover con una brocha todo polvo que esté adherido y que puede ser erróneamente considerado como eflorescencia. Secar los especímenes y enfriarlos como se prescribe en el apartado 6.1.

12.4 **Procedimiento**

12.4.1 Colocar un espécimen de cada uno de los cinco pares, con un extremo parcialmente sumergido en agua destilada en aproximadamente 25 mm, por 7 días en el cuarto de secado. Cuando varios especímenes se ensayan en el mismo contenedor, separar cada uno de los especímenes con un espaciamiento no menor de 50 mm.

NOTA 8: No debe ensayarse especímenes de diferentes fuentes de manera simultánea en el mismo contenedor, porque especímenes con cantidades considerables de sales solubles pueden contaminar los especímenes que están libres de ellos.

NOTA 9: Vaciar y limpiar las bandejas después de cada ensayo.

12.4.2 **Almacenar el segundo espécimen** de cada uno de los cinco pares en el cuarto de secado, sin contacto con el agua.

12.4.3 Al terminar los siete días inspeccionar el primer conjunto de especímenes y luego secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas.

12.5 **Examen y clasificación:** Después de secado, examinar y comparar cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen, desde una distancia de 3 metros, bajo una iluminación de 538,2 lm/m², según un observador de visión normal. Si ninguna diferencia es notoria bajo estas condiciones, indicar la clasificación como “No eflorescente”. Si se observa una diferencia perceptible debido a la eflorescencia bajo estas condiciones, indicar la clasificación como “Eflorescente”. Registrar el aspecto y distribución de la eflorescencia.

13. **MEDIDA DEL TAMAÑO**

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

13.2 **Especímenes de ensayo:** Medir diez unidades enteras y secas. Estas unidades serán representativas de cada lote, e incluirán los extremos de los rangos de color y tamaño, según se determina por una inspección visual del cargamento (los mismos especímenes pueden ser usados para determinar la eflorescencia y otras propiedades).

13.3 **Medidas individuales ancho, longitud y altura:** Medir el ancho a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y registre como ancho el promedio de las medidas, con una aproximación de 0,5 mm. Medir la altura a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm, y registrar como altura su promedio con una aproximación de 0,5 mm. Usar el aparato descrito en 14.1. Repetir el ensayo con el mismo método cuando sea necesario.

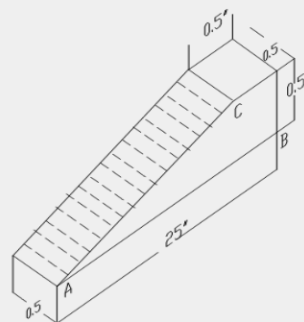
13.4 Reportar el promedio del ancho, largo y alto de cada espécimen ensayado, con aproximación a 1 mm.

14. MEDIDA DEL ALABEO

14.1 Aparatos

14.1.1 Varilla de acero con borde recto.

14.1.2 **Regla o cuña de medición:** Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm o, alternativamente, una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho y 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose a partir de una línea a 12,5 mm de ese extremo, hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm para mostrar su espesor entre la base AB y el plano inclinado AC. Véase la Figura 1.



Dimensiones en mm

FIGURA 1 – Cuña para medir el alabeo

14.1.3 **Superficie plana,** de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y planitud dentro del rango de 0,025 mm.

14.1.4 **Escobilla:** Una escobilla de cerdas suaves.

14.2 **Especímenes:** Usar como especímenes las diez unidades seleccionadas para determinar el tamaño.

14.3 **Preparación de los especímenes:** Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe. Únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.

14.4 **Procedimiento**

14.4.1 **Superficies cóncavas:** En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, colocar la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que se desvíe en mayor medida de una línea recta. Escoger la distancia mayor desde la superficie del espécimen hasta la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con aproximación a 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie. Véase la Figura 2.

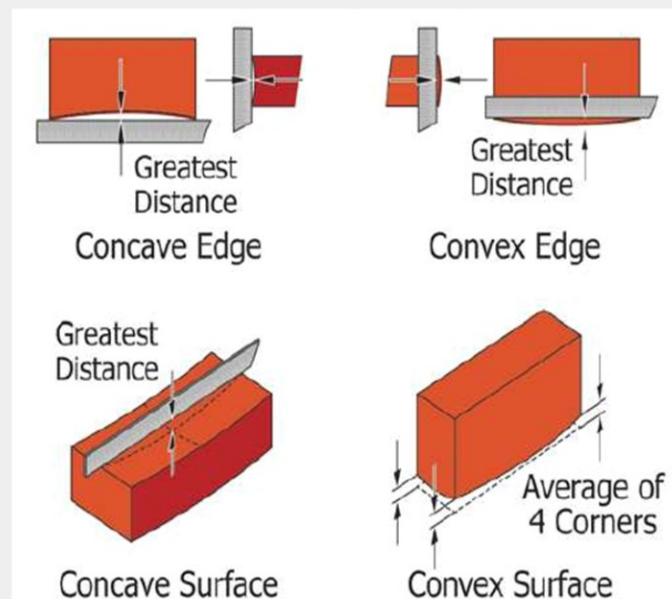


FIGURA 2 – Medidas del alabeo

14.4.2 **Bordes cóncavos:** Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde cóncavo, colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Seleccionar la distancia mayor desde el borde del espécimen hasta la varilla con

borde recto. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con aproximación a 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava del borde.

14.4.3 **Superficies convexas:** Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o la cuña, medir la distancia con aproximación a 1 mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las cuatro medidas como la distorsión convexa del espécimen.

14.4.4 **Bordes convexos:** Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde convexo, colocar la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Seleccionar la mayor distancia entre el borde del espécimen y la varilla. Usando la regla de acero o la cuña, medir esta distancia con una aproximación a 1 mm y registrarla como la distorsión convexa del borde.

14.5 **Informe:** Reportar todas las medidas de distorsión de cada espécimen ensayado con aproximación a 1 mm.

15. **MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD**

15.1 **Aparatos:** Para medir la longitud del espécimen se usará un micrómetro u otro dispositivo de medida apropiado, graduado para leer incrementos de 0,001 mm, y fijado sobre un apoyo adecuado para sostener el espécimen de tal manera que se puedan obtener resultados reproducibles. Deben tomarse previsiones para permitir el cambio de posición del micrómetro sobre su varilla montante, a fin de dar cabida a grandes variaciones en el tamaño del espécimen. La base del soporte y el extremo del micrómetro deberán tener una depresión cónica que acepte una bola de acero de 6,35 mm. Debe proveerse un instrumento referencial apropiado para verificar el dispositivo de medida.

15.2 **Preparación del espécimen:** Retirar los extremos de los especímenes con texturas profundas hasta llegar al fondo de ellas, con cortes perpendiculares a la longitud del espécimen y paralelos entre sí. Perforar en cada extremo del espécimen con un perforador carbonado de 6,35mm. Perforar en la intersección de las dos diagonales de la respectiva cara. Colocar bolas de acero de 6,35 mm en estas depresiones, fijándolas en su

lugar con un cemento de aluminato cálcico. Se puede aplicar cualquier método equivalente para establecer la longitud referencial.

15.3 **Procedimiento:** Marcar el espécimen para su identificación y medirlo con aproximación a 0,001 mm en un ambiente controlado. Hacer las medidas subsecuentes en el mismo ambiente controlado, a ± 1 °C y ± 5 % de humedad relativa. Registrar la temperatura y la humedad relativa. Colocar una marca referencial al espécimen para su orientación en el dispositivo de medida. Verificar el dispositivo de medida con respecto al instrumento de referencia antes de cada serie de mediciones.

15.4 **Informe:** Cuando se haya ensayado más de un espécimen, calcular y reportar el promedio del cambio de longitud de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,001 mm. El reporte deberá incluir todos los registros individuales, así como el registro de la temperatura y la humedad relativa del laboratorio.

16. **RAPIDEZ INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) – PRUEBA DE CAMPO**

16.1 **Alcances:** Este método de ensayo está orientado a servir como un medio volumétrico para la determinación del cambio inicial de absorción (IRA) de cualquier tamaño de ladrillo cuando la determinación por peso, descrita en el capítulo 11 de esta Norma, no es viable. Este método de ensayo se aplica para evaluar la necesidad de humedecer el ladrillo. Se realiza con especímenes tomados en campo sin modificar su contenido de humedad, por lo tanto, el IRA determinado por este método puede diferir del IRA determinado por el método de ensayo de laboratorio descrito en el capítulo 11, el cual requiere secar los especímenes.

16.2 **Aparatos**

16.2.1 **Bandeja de ensayo de absorción:** Una bandeja rectangular, impermeable, construida de material no corrosible, con una base rígida y plana, y con una profundidad interna de aproximadamente 38 mm. El largo y el ancho interior de la bandeja deberán exceder el largo y el ancho del ladrillo ensayado por un mínimo de 76 mm, pero no más de 127 mm.

16.2.2 **Soportes para el ladrillo:** Dos barras rectangulares no corrosibles, de 6,4 mm de altura y ancho, y con una longitud igual al ancho interno de la bandeja menos 25 mm. Los soportes para el ladrillo deberán ser colocados en la base de la bandeja justo antes del ensayo, o bien deberán fijarse permanentemente en dicha base. El espacio entre los soportes debe ser del orden de 100 mm menos que la longitud del ladrillo ensayado. Debe anexarse de forma permanente un dispositivo que indique el nivel de agua requerido en el extremo de los apoyos para el ladrillo, o bien debe suspenderse desde la parte superior de la bandeja. Véase la Figura 3 (a) y (b). Cualquier dispositivo de precisión equivalente para controlar el nivel de agua requerido, 3 mm sobre los apoyos para el ladrillo, puede ser utilizado en el lugar señalado en la Figura 3.

16.2.3 **Dispositivo de tiempo:** Un dispositivo adecuado que indique el tiempo de 1 minuto con aproximación de 1 segundo.

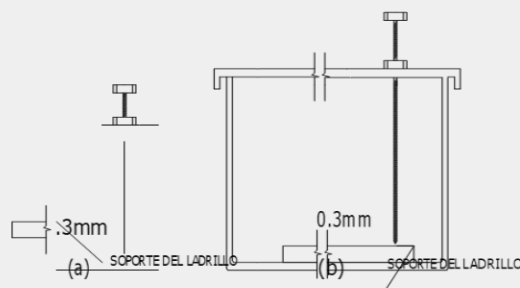


FIG 2: INDICADORES DEL NIVEL DE AGUA
FIGURA 3 – Indicadores del nivel de agua

16.2.4 **Botella deformable:** Una botella de plástico deformable, con una capacidad de 100 ml.

16.2.5 **Un cilindro graduado:** Un cilindro graduado de medición, de plástico o vidrio, con capacidad de 100 ml.

16.3 **Especímenes de ensayo**

Seleccionar seis ladrillos enteros, acorde a lo indicado en el apartado 5.1.

16.4 **Procedimiento**

16.4.1 Sumergir completamente un espécimen de ladrillo en un contenedor con agua durante dos horas.

16.4.2 Medir con aproximación de 1.6 mm el largo y el ancho de los cinco especímenes remanentes en la superficie que estará en contacto con el agua. Si los especímenes de ensayo son perforados, determinar el área de las perforaciones en la misma superficie.

16.4.3 Prehumedecer y dejar secar la bandeja de absorción, y colocarla sobre una superficie plana y nivelada.

16.4.4 Retirar el espécimen prehumedecido del contenedor, removiendo el agua de la superficie y colocarlo sobre los apoyos para ladrillo de la bandeja. Agregar el agua en la bandeja hasta que alcance un nivel de 3 mm sobre los apoyos para ladrillo. (En el caso de estar usándose un indicador de punta del nivel de agua, verter agua en la bandeja hasta que el agua haga un contacto mínimo). Retirar el ladrillo prehumedecido e inclinarlo suficientemente de manera que una de las esquinas sirva como punto de goteo del agua que escurre de su superficie para retornar a la bandeja. Sacudir ligeramente el ladrillo para hacer que caiga la última gota. Colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en el contenedor de agua.

16.4.5 Utilizando el cilindro graduado llenar la botella deformable con exactamente 100 ml de agua.

16.4.6 Colocar el primer espécimen de ensayo cuadrándolo sobre los apoyos para ladrillo, y contando como tiempo cero el momento en que el ladrillo contacte con el agua. Al término de $1 \text{ min} \pm 1 \text{ seg}$, retirar el espécimen de ensayo del agua e inclinar suficientemente el ladrillo de manera tal que una de las esquinas sirva como punto de goteo del agua que escurre de su superficie para retornar a la bandeja. Sacudir ligeramente el ladrillo para hacer que caiga la última gota.

16.4.6.1 Continuar colocando los especímenes de ensayo remanentes dentro de la bandeja de la misma manera, hasta que los cinco especímenes hayan sido ensayados. Durante el ensayo agregar agua a la bandeja, utilizando la botella deformable, para

mantener el nivel de agua aproximadamente constante a 3 mm de profundidad. Volver a llenar la botella deformable con 100 ml de agua cuando esté vacía, registrando cada llenada.

16.4.6.2 Después de que el último espécimen haya sido ensayado, colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en la bandeja, restaurando el nivel original con agua de la botella deformable.

NOTA 10: Colocar el ladrillo en contacto con el agua rápidamente pero sin derramar. Colocar el ladrillo en posición con un movimiento rotatorio para evitar el entrapado de aire bajo su superficie. Si el ladrillo es moldeado, ensayar con la cara rugosa hacia abajo.

16.4.7 Utilizando el cilindro graduado medir el volumen de agua remanente en la botella deformable.

16.5 Cálculo e informe

16.5.1 El número de llenadas, más la primera botella completamente llena, multiplicado por 100 ml, menos el volumen de agua remanente en la botella deformable, es el total del volumen de agua medido en mililitros, absorbido por los cinco especímenes.

$$V_t = 100(n+1) - V_r$$

Donde:

V_t : Volumen total de agua absorbido por todos los especímenes ensayados, ml.

n : Número de llenadas de la botella deformable.

V_r : Volumen de agua remanente en la botella deformable, ml.

16.5.2 Cuando el promedio del área de la superficie neta en contacto con el agua de un espécimen individual (suma de áreas de superficie neta dividida entre el número de especímenes) difiera en $\pm 5 \text{ cm}^2$ o menos de 195 cm^2 , informar como IRA (campo), en g/minuto/ 195 cm^2 , el volumen total de agua absorbida dividida entre cinco (número de especímenes de ensayo).

$$IRA(Field) = \frac{V_t}{5}$$

16.5.3 Cuando el promedio de la superficie neta en contacto con el agua difiera en más de $\pm 5 \text{ cm}^2$ de 195 cm^2 , calcular el volumen equivalente en un minuto para 195 cm^2 de superficie como sigue:

$$V = \frac{30V_t}{195} \quad \text{o} \quad V = \frac{195V_t}{30}$$

17.1.5 **Varilla de acero con borde recto.**

17.1.6 **Superficie plana:** Una superficie limpia, seca, plana, lisa y nivelada.

17.1.7 **Escobilla:** Una escobilla de cerdas suaves.

17.1.8 **Felpudo de neopreno:** Una esponja de neopreno celulada de 610 mm x 610 mm y 6 mm de espesor.

17.1.9 **Balanza:** Véase el apartado 11.1.4.

17.2 **Especímenes de prueba:** Se usará una muestra de diez unidades seleccionada según lo descrito para la determinación del tamaño. (Pueden utilizarse las mismas muestras tomadas para la determinación del tamaño).

17.3 **Preparación de las muestras:** Ensayar los especímenes tal cual se reciben. Únicamente se eliminará con la escobilla cualquier partícula adherida a las superficies.

17.4 **Procedimiento**

17.4.1 Medir y registrar la longitud, el ancho y la altura del espécimen tal como se describe en el procedimiento para la determinación del tamaño.

17.4.2 Sobre la superficie plana apoyar la esponja de neopreno y sobre ella extender la hoja de papel. Sobre el papel colocar el espécimen a ser ensayado (las perforaciones en dirección vertical).

17.4.3 Rellenar las perforaciones con arena, permitiendo que ésta caiga libremente. No forzar la arena dentro de las perforaciones. Utilizando la varilla de acero con borde recto nivelar la arena de las perforaciones con la parte superior del espécimen. Con la

- V_s : Volumen de arena determinado en 18.5.1, ml.
 V_u : Longitud x ancho x profundidad registrada en 18.5.1, cm^3 .

17.5.3 Reportar los resultados de la ecuación dada en 18.5.2 para cada espécimen como el porcentaje de área de vacíos, con una aproximación a 1 %.

18. MEDIDA DE DESCUADRES

18.1 Aparatos

18.1.1 **Regla de acero o calibrador:** Según se describe en el apartado 14.1.

18.1.2 **Escuadra de carpintero de acero.**

18.2 **Especímenes de prueba:** Se utilizará una muestra de diez especímenes seleccionada según lo descrito para la determinación del tamaño (véase el apartado 14.2). (Pueden utilizarse las mismas muestras tomadas para la determinación del tamaño, en el estado en que han sido recibidas).

18.3 Procedimiento

18.3.1 Colocar un brazo de la escuadra de carpintero adyacente a lo largo del espécimen ubicado de sogá. Alinear el brazo de la escuadra paralelamente al brazo del espécimen teniendo las esquinas de la cara del espécimen en contacto con el brazo de la escuadra. Ubicar la escuadra paralela a la cara del espécimen a ser expuesta, a 6 mm de ella. Véase la Figura 5.

18.3.2 Medir la desviación del ángulo de 90° en cada esquina de la cara expuesta del espécimen. Registrar la medida con aproximación de 1 mm para cada esquina. Véase la Figura 4.

19. MÓDULO DE ROTURA

19.1 **Especímenes de prueba:** Los especímenes de ensayo consistirán de unidades enteras que han sido secadas y enfriadas (véase 6.1). Se ensayarán cinco especímenes.

19.2 Procedimiento

19.2.1 A menos que se especifique y se informe de otra manera, apoyar el espécimen de ensayo sobre su base (es decir, aplicar la carga en dirección de la altura del espécimen). La carga debe colocarse en el centro del tramo, con aproximación de 2 mm de dicho centro. Si el espécimen tiene cavidades o depresiones, colocarlo de manera tal que las cavidades o depresiones estén en su cara inferior. Los apoyos para el espécimen serán

escobilla remover todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.

17.4.4 Levantar el espécimen de manera de permitir que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel.

17.4.5 Transferir la arena de la hoja de papel a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0,5 g.

17.4.6 Con una porción separada de arena, llenar un cilindro de 500 ml hasta la graduación de 500 ml, permitiendo que la arena caiga de manera natural y sin agitar ni vibrar el cilindro. Transferir esta arena a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0,5 g.

17.5 Cálculo e informe

17.5.1 Determinar el volumen de arena contenido en el espécimen de ensayo como se indica:

$$V_s = \frac{500ml}{S_c} \times S_u$$

barras de acero sólido de $25,4 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ de diámetro, colocadas a $13 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de distancia de cada extremo. La longitud de cada apoyo será por lo menos igual al ancho del espécimen. Véase la Figura 6.

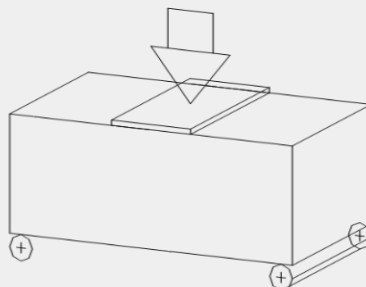


FIGURA 6 - Aplicación de la carga

19.2.2 Aplicar la carga sobre la superficie superior del espécimen a través de una plancha de soporte de acero de 6 mm de espesor y 40 mm de ancho y con una longitud por lo menos igual al ancho del espécimen.

19.2.3 **Velocidad de ensayo:** La velocidad de carga no excederá los 8 900 N/min. Se considera que se cumple con este requerimiento si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayos, inmediatamente antes de aplicarse la carga, no es mayor a 1,3 mm/min.

19.3 Informe

19.3.1 Registrar las dimensiones del espécimen y la longitud del tramo de carga.

19.3.2 Registrar la carga de rotura transversal P para cada espécimen con aproximación a 1 N.

19.3.3 Calcular y registrar la carga de rotura por unidad de ancho de cada espécimen como $p = P/w$ por cada unidad, N/mm. Registrar el promedio de las cargas de rotura por unidad de ancho para todos los especímenes ensayados, considerándole como la carga de rotura del lote.

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO



En el laboratorio realizando el pesado de las muestras.



En la imagen se muestra el laboratorio realizando la medición de las muestras.



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la medición de las muestras.



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la medición de las muestras.



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la prueba de compresión.



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la prueba de alabeo



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la prueba de alabeo



En la imagen se muestra en el laboratorio realizando la prueba de absorción



En la imagen se visualiza las muestras para someter a las diferentes pruebas

ANEXO 5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-354-2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 206-2023
Fecha de emisión : 2023-05-15

1. Solicitante : CONSULTORES T & F AMAZONICOS S. A. C.
Dirección : JR. LAS PALMERAS NRO. 467 URB. LA BANDA DE SHILCAYO - LA BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTIN

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : ASA INSTRUMENTS
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 150727
Capacidad de Prensa : 2000 kN

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. LAS PALMERAS NRO. 467 URB. LA BANDA DE SHILCAYO - LA BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTIN
12 - MAYO - 2023

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

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 128-2022	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU
INDICADOR	HIGH WEIGHT		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	28.2	2.4
Humedad %	74	73

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

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

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

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

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



(Firma)

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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-354-2023

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,616	100,714	-0,62	-0,71	100,7	-0,06	-0,10
200	200,575	200,462	-0,29	-0,23	200,5	-0,26	0,06
300	300,416	300,524	-0,14	-0,17	300,5	-0,16	-0,04
400	400,650	400,558	-0,16	-0,14	400,6	-0,15	0,02
500	500,227	500,346	-0,05	-0,07	500,3	-0,06	-0,02
600	600,274	600,431	-0,05	-0,07	600,4	-0,06	-0,03
700	700,567	700,672	-0,08	-0,10	700,6	-0,09	-0,02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

Ecuación de ajuste : $y = 1,0002x - 0,5969$

Donde: x : Lectura de la pantalla

y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

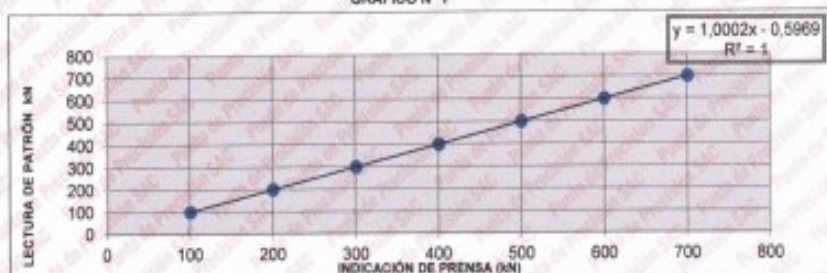
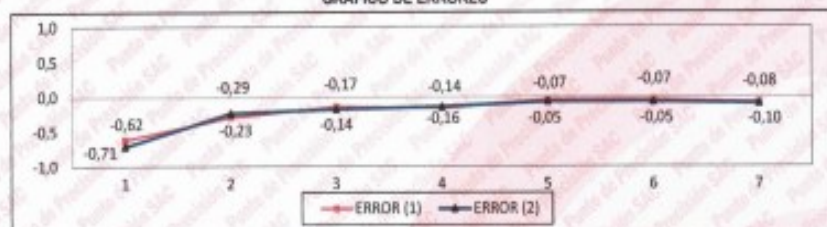


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



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

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

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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