



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King
Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabaylo – 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Roman Roman, Isaac David (ORCID: 0000-0002-2680-6710)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios,
la fuente de mi fortaleza quien me guía y me ayuda en estos tiempos turbulentos que vivimos, quien abrió puertas, viendo este sueño hecho una realidad.

A mi Esposa
por su apoyo incondicional, consejos, por su amor a prueba de fuego, quien me ayudó y estuvo allí en los momentos más críticos y difíciles en el transcurso de esta carrera y poder ver así este sueño hecho realidad.

A mis padres
por su ejemplo de lucha, por enseñarme a no rendirme, por sus consejos, por enseñarme el valor del temor a Dios, por encaminarme viendo terminar una de las etapas importantes de mi vida.

Agradecimiento

A Dios; por permitirme estar con salud y enseñarme a valorar los recursos que nos ofrece cada día, por ayudarme a cumplir los objetivos que tuve planteados en mi vida, según su santa voluntad; a mi esposa, por su apoyo y comprensión en todo momento, por darme los ánimos en momentos difíciles a seguir logrando mis sueños; a mis padres, por sus consejos y apoyo, a mis profesores de la Universidad César Vallejo por la formación que tuve en estos cinco años, porque sé que Dios los puso en mi camino; a mi asesor de tesis el Mg. Ing. Raúl Pinto Barrantes, por todos los consejos, por guiarme para culminar esta investigación, a mi buen amigo el Ing. Larry Jara Santa María por sus consejos y apoyo.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de graficos y figuras.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de Investigación	23
3.2. Variables y Operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5. Procedimiento	27
3.6. Método de análisis de datos	37
3.7. Aspectos éticos	37
IV. RESULTADOS.....	38
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	67
Matriz de operacionalización	
Matriz de consistencia	

Certificado de calibración

Factura de ensayos y boleta de venta

Fichas técnicas

Resultados de ensayos de laboratorio

Normas

Fotografías

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación del ladrillo según su resistencia.....	14
Tabla 2. Clases de unidad de albañilería para fines estructurales según la norma NTE E.070. y la NTP 331.017 (2015)	20
Tabla 3 Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería	20
Tabla 4. Resistencia característica de la albañilería.....	21
Tabla 5. Incremento de f_m y v_m por edad.....	21
Tabla 6. Numero de especímenes para cada ensayo por ladrillera	26
Tabla 7. Selección de los especímenes a ensayar por Ladrillera	26
Tabla 8. Medición de concavidad y convexidad.....	32
Tabla 9. Ensayo De Variación Dimensional Ladrillo Pirámide.....	39
Tabla 10. Ensayo de Variación Dimensional Ladrillo Roy.....	40
Tabla 11. Ensayo de Alabeo Ladrillo Pirámide	41
Tabla 12. Ensayo de Alabeo Ladrillo Roy	42
Tabla 13. Ensayo de Absorción del Ladrillo Pirámide.....	43
Tabla 14. Ensayo de Absorción del Ladrillo Roy	44
Tabla 15. Ensayo de Eflorescencia Ladrillo Pirámide.....	45
Tabla 16. Ensayo de Eflorescencia Ladrillo Pirámide y Roy	45
Tabla 17. Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo Pirámide.....	46
Tabla 18. Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo Roy	46
Tabla 19. Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Pirámide.....	47
Tabla 20. Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Roy.....	48
Tabla 21. Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Roy	49
Tabla 22. Factores de corrección f_m por esbeltez	49
Tabla 23. Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Pirámide.....	50
Tabla 24. Factores de corrección f_m por esbeltez	50
Tabla 25. Clasificación de la unidad de albañilería según las normas.....	51

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Proceso de elaboración del ladrillo industrial	17
Figura 2. Proceso de elaboración del ladrillo artesanal.....	19
Figura 3. Medición de Variación Dimensional	28
Figura 4. Ensayo de Resistencia a la Compresión por Unidad.....	29
Figura 5. Refrentado de unidad de albañilería Pirámide y Roy.....	30
Figura 6. Falla ideal de las pilas de unidad de albañilería Pirámide.....	31
Figura 7. Falla por trituración de la unidad de albañilería Roy	31
Figura 8. Cuña milimetrada	32
Figura 9. Probeta con arena para ensayo de Porcentajes de vacíos.....	35
Figura 10. Colocación de los ladrillos para ensayo de Eflorescencia	37
Figura 11. Medición de la variación dimensional de la unidad de albañilería Pirámide	38
Figura 12. Resultado obtenido de Alabeo en ladrillo Roy y Pirámide	43
Figura 13. Cuadro comparativo de Absorción de ladrilleras-normativa	45
Figura 14. Cuadro comparativo de resistencia a la compresión	48
Figura 15. Resistencia a Compresión Axial por pilas.....	51

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es comparar las propiedades del ladrillo artesanal Roy y ladrillo industrial Pirámide elaborado en Carabayllo, llevando estas unidades al Laboratorio JJ GEOTECNIA S.A.C para poder determinar sus propiedades, se realizó esta comparación mediante ensayos en sus propiedades físicas y mecánicas. La variable independiente evaluada fueron los ladrillos industriales y artesanales King Kong 18 huecos teniendo como diseño de investigación no experimental y el tipo de investigación aplicada. La población de la presente investigación fueron las unidades de ladrillo artesanal Roy y ladrillo industrial Pirámide, contando con una muestra de 50 ladrillos Pirámide y 50 ladrillos Roy. Utilizando, así como instrumentos los parámetros establecidos según el laboratorio, mediante el cual se pudo realizar cada uno de los ensayos.

Concluyendo así que en los ensayos realizados a las unidades de ladrillo Roy Pirámide. En los ensayos de las propiedades físicas clasificaron como tipo V según la Norma E.070 y tipo 21 según la NTP 331.017, pero en los ensayos de resistencia a la compresión por unidad es igual a 92 kg/cm² clasificando como Tipo II según la Norma E.070 y tipo 10 según la NTP 331.017.

Palabras Clave: ladrillo Industrial, Ladrillo Artesanal, Clasificación, Propiedades físicas, Propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The general objective of this research is to compare the properties of the Roy artisan brick and the Pyramid industrial brick made in Carabayllo, taking these units to the JJ GEOTECNIA S.A.C Laboratory to determine their properties, this comparison was made through tests on their physical and mechanical properties. The independent variable evaluated were the industrial and artisanal bricks King Kong 18 holes, having as non-experimental research design and the type of applied research. The population of the present investigation was the Roy artisan brick and Pyramid industrial brick units, with a sample of 50 Pyramid bricks and 50 Roy bricks. Using, as well as instruments, the parameters established according to the laboratory, through which each of the tests could be carried out.

Thus concluding that in the tests carried out on the Roy Pyramid brick units. In the physical properties tests they were classified as type V according to Standard E.070 and type 21 according to NTP 331.017, but in the compressive strength tests per unit it is equal to 92 kg / cm² classifying as Type II according to the Standard E.070 and type 10 according to NTP 331.017.

Keywords: Industrial brick, Artisan brick, Classification, Physical properties, Mechanical properties.

I. INTRODUCCIÓN

En muchos de los distritos de Lima predomina la autoconstrucción sin una supervisión profesional, en la cual la mayoría de las viviendas son construidas con ladrillos artesanales, y muy poco hacen uso de ladrillos industriales. Carabayllo es un distrito de mayor proyección de crecimiento urbano, las zonas que eran utilizados para la agricultura se han ido urbanizando y la demanda de ladrillos ha ido incrementando, siendo así que los pobladores optan por la compra de ladrillos fabricados artesanalmente, por su bajo costo, puesto que presentan un parecido físico al ladrillo industrial, sin las garantías que los ladrillos tengan las propiedades físico – mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos por la cual fueron elaborados por ese motivo nace esta investigación porque es de vital importancia que se pueda hacer un análisis de forma visual y experimental comparando sus propiedades para saber si el ladrillo cumple las expectativas mostradas por el fabricante.

Carabayllo fue creado políticamente el año de 1857, es un distrito de expansión reciente de la ciudad de Lima. A principios del siglo XXI con el incremento de la población y la alta demanda del sector inmobiliario hace que Carabayllo sea el distrito con mayor probabilidad de crecimiento Industrial como Urbano. La mayoría de construcciones en Carabayllo han optado por el ladrillo como uno de los materiales más usados y cumple una función estructural; sin embargo, se llega a cuestionar en cuanto a sus propiedades físicas - mecánicas y si puesto en la estructura cumple el rol para lo cual ha sido diseñado. El Comercio (2017, parr. 2) indica que la autoconstrucción es demasiado peligrosa por el simple hecho que no respetan los procesos de construcción establecidos por las normas técnicas, nuestros especialistas y autoridades advierten sobre la gran cantidad de ladrillos que tienen menor densidad que la Norma establece. Según el Colegio de Arquitectos del Perú (CAP), sobre las casas autoconstruidas en Lima son 9 de cada 10 que están hechas con ladrillos de dudosa procedencia que tienen entre el 40% y el 50% de vacíos, menos resistente sobre lo que indica la norma, En la presente investigación se plantea comparar si los ladrillos King Kong 18 huecos fabricados artesanalmente en el distrito de Carabayllo cumplen con las características físicas y mecánicas dado en el RNE en la norma E-0.70 con los ladrillos industriales.

En la presente investigación nos enfocaremos a ensayos en sus propiedades tanto físicas como mecánicas del ladrillo industrial y artesanal y poder comparar ambos

ladrillos con la finalidad de determinar la falencia y/o limitación del ladrillo artesanal que no permiten cumplir los requerimientos de la Norma E.0.70 y la NTP 331.017 en relación a la **justificación Metodológica** la presente investigación es descriptiva ya que determinaremos características y propiedades más representativas de las unidades de albañilería utilizando técnicas normadas aportando así base para otras investigaciones con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal e industrial. En lo **social** se justificará porque ayudará a la población del distrito de Carabayllo a reconocer la importancia de construir una vivienda segura con los materiales adecuados y con controles de calidad según las normas vigentes para poder tener una vivienda segura. En **económica** la investigación es relevante ya que buscamos determinar las falencias del ladrillo en sus propiedades por lo cual generara pérdidas económicas a largo plazo, ya que estos ladrillos artesanales no cumplen con los requerimientos expresados en las Normas Técnicas y con el tiempo sufrirán múltiples patologías. La **formulación del problema** es ¿Cuál es el resultado de la comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo-2021? Y la **hipótesis general**: las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial son 50% mejor que el ladrillo King Kong 18 huecos artesanal, Carabayllo-2021 y juntamente la **hipótesis específicas** que se planteo es, existe diferencia entre las propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021 como segunda **hipótesis específica** es, existe diferencia entre la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021, como **objetivo general** vamos a comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo-2021 y como **objetivo Específico** vamos a determinar las propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal: alabeo, absorción, variación dimensional, porcentaje de vacíos, eflorescencia, Carabayllo-2021 y como segundo **objetivo específico** es determinar las propiedades mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal: resistencia a la compresión, Carabayllo-2021.

II. MARCO TEÓRICO

Taha (2020, p. 1) el **objetivo general** del trabajo actual es evaluar las propiedades físicas de muestras de ladrillos de arcilla perforada locales e importados disponibles en el mercado local iraquí para proporcionar una visión general clara de la idoneidad del ladrillo disponible para requisitos locales específicos tanto en investigación como en construcción. **La metodología** de tipo descriptivo se usó programas experimentales de muestreo y prueba, se realizaron en las muestras de ladrillos de acuerdo con las especificaciones estándar iraquíes (24/1988), cuyos **resultados** fue menor en las muestras locales dando en absorción de agua entre 13.7% como mínimo y 22.2% como máximo y la eflorescencia para las muestras locales e importadas variaron de ligera a media y la resistencia a la compresión para muestra local 29 Mpa y las importadas 12 Mpa En cuanto al color y bondad de la cocción, todas las muestras de ladrillos tenían coloraciones homogéneas que indicaban uniformidad en la cocción; la mayoría de las muestras eran amarillas, mientras que las muestras B1 eran rojas debido a la naturaleza única del suelo del que estaban hechas. Todas las muestras de ladrillos utilizadas estaban libres de conglomerados de grava, piedra y caliza. Como **conclusión** La evaluación general de los ladrillos basada en las pruebas realizadas es que el ladrillo local B1 es el mejor, dentro de la clase A. De acuerdo con los hallazgos alcanzados, se deben obtener materias primas buenas y limpias que contengan los minerales esenciales necesarios para la fabricación de ladrillos de arcilla. Además, los hornos de combustión adecuados y la mecanización moderna son estrategias muy recomendadas para realizar los ladrillos de arcilla perforados aceptables. Las especificaciones adoptadas, solo una muestra clasifico como clase A, y las otras muestras no cumplieron con los requisitos, sin embargo, se recomienda que se realicen más investigaciones sobre los ladrillos de más empresas para tener una mejor idea de los tipos de ladrillos disponibles en el mercado local iraquí.

Shrestha (2019, p. 27) cuyo **objetivo general** de estudio en este artículo es presentar el caso de estudio sobre diferentes propiedades de los ladrillos fabricados en la ciudad de Bhaktapur. Las muestras se recolectaron y se examinaron para determinar la resistencia al aplastamiento, la absorción de agua, la gravedad

específica, la densidad, la porosidad, como las diferentes pruebas como: la de impacto, la de dimensión, la de dureza, la de solidez y la de apariencia del color de los ladrillos en el laboratorio. **La metodología** que se usó se basa en ensayos de laboratorio, obteniendo los **resultados** que se detallara a continuación: en el ensayo que se hizo al ladrillo mostraron que la absorción del agua varía de 8.80% a 23.93%, la porosidad aparente, en Dimensiones en la longitud varía de 212 mm a 242 mm su ancho varía de 96mm a 115 mm y el grosor varía de 48.80 mm a 63 mm y la densidad aparente están relacionadas para la mejora de la propiedad mecánica de resistencia al aplastamiento de las muestras de ladrillos utilizadas en este estudio. Después de la prueba de conducción de absorción de agua, los resultados observados muestran que la absorción de agua por los ladrillos está comparativamente satisfecha con el resultado de Bhattarai et al., (2018). Como **conclusión** podemos ver que, a partir de la prueba del trabajo de investigación, los ladrillos de muestra tenían un valor mínimo de resistencia al aplastamiento más alto que el dado en NBC 109-1994 De manera similar, se encontró que la porosidad variaba del 19.28% al 53.99%, la gravedad específica variaba de 2.19 a 4.00, la densidad variaba 1549,77 kg / m³ (1,55 g / cm³) a 2816,60 kg / m³ (2,82 g / cm³) respectivamente. Existe una buena correlación entre la capacidad que tiene de absorción de agua y la porosidad. Demuestra que, a mayor valor de absorción de agua y porosidad, menor valor de densidad de las muestras de ladrillos analizadas, mientras que las pruebas físicas de impacto, dureza, solidez, color no muestran resultados satisfactorios.

Hussein (2016, p. 3) nos dice que los bloques de hormigón ha sido tradicional usarlo, pero con el asedio israelí que impidió que el cemento ingresara se optó por la producción de ladrillos de arcilla donde tuvo como **objetivo general** de esta investigación es centrarse en la capacidad de fabricar ladrillos de arcilla cocida de desecho sobre las propiedades del ladrillo de arcilla cocida donde la **metodología** es basado en pruebas experimentales y programas experimentales donde los **resultados** cuando se agrega vidrios de desecho a medida que se agrega vidrio de desecho aumenta en 18.61 Mpa a aproximadamente 22.91 Mpa también cuando se agrega 40% de vidrio residual la resistencia a la compresión es de 43,17 MPa y una absorción de agua del 5,93%. Finalmente, con estos resultados se llega a la

siguiente **conclusión** se recomienda el uso de vidrio residual como aditivo para ladrillos.

Hassan et al (2020, p. 1732) cuyo **objetivo general** en esta investigación es analizar el comportamiento de ladrillos de arcilla cocida producidos localmente por diversas manufacturas con ladrillos de hormigón armado con polvo de cantera. Cuya **metodología** es descriptiva donde se harán ensayos de laboratorio, El ladrillo de arenisca de polvo de cantera producido se comparó con el ladrillo de arcilla cocida producido en los mercados locales en función de las resistencias a la compresión y las propiedades de absorción de agua y, por lo tanto, los hallazgos muestran que el ladrillo de arenisca de polvo de cantera producido con un reemplazo del 100% a los 28 días de curado puede reemplazar el ladrillo de barro cocido. Donde los **resultados** fueron, del contenido de humedad realizado muestra un contenido de humedad de la arena y el polvo de cantera recolectados de 4.81% y 0.75% respectivamente. Estos indican que el contenido de humedad del suelo se situó entre el 0 y el 5% que contiene humedad permisible en el agregado natural, Los valores de la densidad aparente de la arena y el polvo de cantera son 1531 kg / m³ y 1360,6 kg / m³ respectivamente. Estos indican que son buenos para la producción de ladrillos, El análisis de tamizado realizado muestra que la arena y el polvo de cantera están bien clasificados, lo que se adapta a la producción de los ladrillos. La muestra recolectada cumplió con el límite de clasificación general, Para ladrillos de arcilla cocida, el experimento realizado para las cinco muestras de ladrillos de 2 fabricantes diferentes muestra que ambos ladrillos son aptos para obras de ingeniería civil, ya que la resistencia a la compresión promedio para las 2 manufacturas es de 9.05, 8.79 N /mm² respectivamente, en la que todos los ellos son entre 7-14 N /mm² (ladrillo CLASE A) y también exceden una resistencia mínima a la compresión de 3.5 N/mm². **Se concluyó** que la resistencia a la compresión del ladrillo de hormigón arenoso de polvo de cantera aumenta con un aumento en el porcentaje de reemplazo de manera que al 0%, 50% y 100% de reemplazo, las resistencias a la compresión a los 28 días de curado sean 4.48, 6.94 y 9.81 N /mm² respectivamente. Mientras que los ensayos a compresión de las unidades para las distintas manufacturas son 9.05, 8.79 N/mm² respectivamente. Por lo tanto, en base a estos resultados, podemos ver que solo los ladrillos de

hormigón armado con polvo de cantera con un reemplazo del 100% pueden reemplazar los ladrillos producidos por los dos fabricantes. Aunque ambos (ladrillos de arenisca de polvo de cantera) se pueden utilizar para la construcción de ingeniería civil ya que las resistencias a la compresión excedieron el requisito mínimo de 3.5 N/mm², también solo se puede considerar ladrillo de CLASE (A) con reemplazo del 100% ya que la resistencia a la compresión está entre 7-14 N/mm², Las propiedades de absorción de agua de los ladrillos de arcilla cocida son 14.56% y las de los ladrillos de hormigón arenoso de polvo de cantera son 10,56%, 5,60% y 2,66% para el reemplazo correspondiente de 0%, 50%, 100% respectivamente. Por lo tanto, los ladrillos de arcilla cocidos producidos localmente en el mercado tienen una mayor absorción de agua que los ladrillos de hormigón arenoso de polvo de cantera en cualquier porcentaje de reemplazo.

Soto y Sánchez (2017, p. 115) el **objetivo general** de este artículo fue realizar la comparación en sus propiedades del ladrillo Rafón que son elaborados en los municipios siguientes: Chamelecón, Quimistan, Florida en Honduras cuya **metodología** fue la de un enfoque cuantitativo a base de ensayos de especímenes de ladrillo bajo la norma ASTM C 67 cuyos **resultados** fueron: se pudo determinar mediante ensayos, los ladrillos elaborados en Quimistan presenta una alta resistencia de los puntos de muestreo, de tal manera que cumplió las expectativas de resistencia indicada en la Norma. También se pudo determinar que la variación promediada de las dimensiones de ladrillos de Quimistan se haya entre las variaciones máximas establecidas por la normativa ASTM C 62 Y las variaciones dimensionales analizados en Florida y Chamelecón cumplen solo en parte con los rangos permitidos y se puede llegar a la siguiente **conclusión**, que los ladrillos de Quimistan en sus indicadores de calidad son mejores.

Hacha (2020, p. 18) el **objetivo general** de esta investigación es poder evaluar como varia en sus propiedades de los ladrillos King Kong 18 huecos fabricados en Huachipa por las empresas ladrilleras CERANDES, ÑOÑO, MVF cuya **metodología** fue aplicada con un nivel descriptivo, en esta investigación se realizó el estudio con un proyecto local consiguiendo así la periodicidad de compra de ladrillos para poder hacer posteriores ensayos, además se realizó un análisis de los

factores químicos que influyen en las propiedades de los ladrillos, estableciendo tres fases: de campo, de laboratorio y de gabinete. En los **resultados** al finalizar el estudio se pudo ver que en la construcción de la vivienda se pudieron adquirir 4 veces las unidades de albañilería cada tres semanas y que las dos ladrillera ÑOÑO y MVF en los ensayos realizados si cumplen con la Norma y cuyos exámenes son: alabeo, variación en sus dimensiones, resistencia a la compresión y la ladrillera CERANDES si cumple con dos propiedades resistencia a la compresión y Alabeo en la adquisición 1 y 2, peor cuando se hizo el ensayo en su variación dimensional dando como resultado que no cumple, como **conclusión** se pudo determinar una frecuencia para adquirir los ladrillos se da cada 3 semanas por piso, también se pudo verificar que las ladrilleras ÑOÑO, CERANDES Y MVF si cumplen con la norma E.070.

Avalos (2019, p. 4) nos dice que el **objetivo general** de su tesis fue el de poder determinar las propiedades de los ladrillos macizos de arcilla cocida elaborados de forma artesanal en la provincia de Ambo. **La metodología** fue de un estudio del tipo descriptivo y experimental donde se evaluarán con detalles sus propiedades de estas unidades, se hizo un estudio en tres ladrilleras en la zona de Ambo, tomando especímenes para ser analizados teniendo como finalidad obtener las características de los ladrillos mediante ensayos y ser evaluados posteriormente para ver si cumplen las norma E.070, teniendo como **resultado**: ninguna de las ladrilleras estudiadas cumple las medidas específicas dadas por la empresa al momento de venderlo, donde la ladrillera Teodoro Herrera se encuentra mayores variaciones en sus dimensiones seguido la ladrillera Andahuaylas y finalmente la ladrillera Chepacuete, todas las ladrilleras su alabeo llega lo que pide la norma menor de 2mm, también se observó que Ninguna ladrillera en el que se hizo el estudio, alcanzo la resistencia que exige la norma E.0.70 que fue de 50 kg/cm² para un ladrillo de tipo I, así mismo la ladrillera Chepacuete y Agurio Gallardo tienen una alta densidad (1.57 gr/cm³). entonces, posee un comportamiento y duración adecuada según la Norma y al hacer la prueba de absorción si cumple en las tres ladrilleras en estudio. como **conclusión** final podemos decir que un poco más del 10% de los valores dados de cada una de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos estudiados no cumplieron con las mínimas exigencias que se ha

establecido la norma E.070 de albañilería.

Cruzado (2017, p. 12) en su trabajo de investigación el **objetivo general** que plantearon fue poder determinar las propiedades del ladrillo elaborado de forma artesanal en algunos caseríos del departamento de Cajamarca con la finalidad de poder clasificarlos de acuerdo con la norma E.070. En **la metodología** fue descriptiva no experimental donde se usó fichas técnica, se hizo entrevistas, y se realizó ensayos a la Unidad de Albañilería (propiedades físicas y mecánicas) pilas y muretes (propiedades mecánicas), estudio del agregado fino (granulometría, propiedades físicas), teniendo como **resultados**: Los ladrillos que se examinaron no cumplieron con las especificaciones proporcionadas por la Norma, en otro ensayo los especímenes clasificaron como unidades de albañilería sólidas y si sirven para fines estructurales pero solo hasta dos pisos, ya que se ubica en la zona sísmica 3 de acuerdo a la norma E-0.30. Se **concluye** que la variación en su dimensión del ladrillo artesanal de Bambamarca de frutillo1,2, lúcumá, Mayhuasi 1 y 3 llegó a clasificar como ladrillo de tipo V y Frutillo 3,4, Agomarca y myhuasi2 se clasifican como ladrillo de tipo IV según la norma E.070, en el alabeo Bambamarca cumple para un ladrillo de tipo V, en las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal de Bambamarca 8 de las 9 fábricas se clasifican de tipo I y la fábrica de frutillo se clasifica de tipo II.

Aliaga (2017, pp. 84-85), Cuyo **objetivo general** de su tesis fue de poder determinar las propiedades de los ladrillos elaborados de forma artesanal de la ciudad de Celendín, para esto se tomaron dos ladrilleras Santos y Vílchez ubicados en la zona de estudio. en **la metodología** se usó la investigación descriptiva con un diseño no experimental, donde se realizaron tarjetas técnicas, se hizo ensayos de laboratorio de los ladrillos en sus propiedades, así como ensayos de muretes y pilas en sus propiedades mecánicas, como también determinación de la granulometría en la arena gruesa, propiedades físicas, cuyos **resultados** fueron: variación en su dimensión de ladrillera Santos largo: 0.28%, su ancho:-0.40% y su altura -2.13%, de ladrillera Vílchez su largo: -1.61, su ancho:-3.17% y su altura -2.13%, el alabeo en ladrillera Santos es convexo 1.27 mm y cóncavo 0.48 mm y ladrillera Vílchez cóncavo 1.27 mm y 0.47 mm ambas clasifican como tipo V , en

absorción en ladrillera Santos es de 16.72% y ladrillera Vílchez es de 15.52% en resistencia la ladrillera Santos tuvo 63.47 kg/cm² y la ladrillera Vílchez 65.51kg/cm² llegando a clasificar como tipo 1, en compresión axial por pilas en ladrillera Santos es de 17.30kg/cm² y ladrillera Vílchez es de 18.77kg/cm² como conclusión sus dimension de la muestra de la ladrillera Sánchez presenta una variación en su dimension de 1.24% y de la ladrillera Vílchez es 3.17% con un C.V de 0.78%, el promedio en su alabeo de la ladrillera Sánchez es convexo: 1.20 mm y cóncavo 0.48 mm, la muestra de la ladrillera Vílchez es convexo 1.27mm y cóncavo 0.47 mm, en resistencia a la compresión axial el espécimen de la ladrillera santos es de 6.22 Mpa o 63.47kg/cm² con C.V de 4.68% y de la muestra Vílchez es 6.42Mpa o 65.51kg/cm² con C.V de 4.58% clasificándose en ladrillo de tipo I esto valores salen porque el ladrillo preparado de forma artesanal.

Riveros (2019, p. 19), Donde el **objetivo general** determinar su influencia en sus distintas propiedades en los ladrillos industriales y artesanales en su clasificación, cuya **metodología** que se uso fue descriptiva con un enfoque cuantitativo, donde se tomaron ejemplares de cuatro empresas artesanales de distintos lugares (Cullpa Alta, Hualhuas, San Agustín de Cajas y San Gerónimo) y cuatro de marcas industriales (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex) los cuales se les hizo ensayo para así poder clasificarlos cuyos **resultados** en los ensayos que se hicieron se puede ver que en cada zona donde se realizó los estudios existen variadas técnicas de fabricación, pudiendo identificar como un problema de importancia la uniformidad de la temperatura de cocción el cual tiene una influencia en la resistencia a la compresión, **se concluye** que las fábricas de ladrillos artesanales en estudio no cumplieron respecto a la clasificación artesanal, donde solo clasifican como tipo I las ladrilleras ubicadas en los distritos de Cajas y Cullpa Alta, y los ladrillos industriales, los ladrillos Rex clasifican como tipo III, Pirámide y Fortaleza como tipo IV y Lark como tipo V. todos los ladrillos superan el 30% de vacíos por tal motivo son consideradas huecas.

Cabrera (2018, p. 11) donde el **objetivo general** es poder realizar una evaluación a los prismas con mortero de 1.5 cm de ladrillo Hércules de Tacna cuya **metodología** es de tipo explicativa basándose en acontecimientos pasados donde

se obtuvieron los siguientes resultados: en compresión axial fue de 48.60 kg/cm² en compresión Diagonal se hizo el ensayo cuyo **resultado** fue un promedio de 5.92 kg/cm² de resistencia al corte máximo concluyendo que se obtuvieron Resistencias promedios características a la Compresión axial por pilas (*f_m*) es igual 48.60 kg/cm² y el corte (*v_m*) igual a 5.92 kg/cm² el cual según la norma NTE .070 de albañilería clasifican al ladrillo como ladrillo King Kong artesanal de tipo III.

Como marco normativo Peruano Veremos las principales Normas la **NTP 399.613, 331.017** y la **ITINTEC 331.018, 331.019** y la **NTE .E.070** que se establecen los métodos y procedimientos para las muestras a analizar, teniendo en cuenta las condiciones que el ladrillo debe cumplir para poder ser usado en los trabajos de albañilería y estas pruebas deben efectuarse para poder calcular las propiedades del ladrillo como es: variación en su dimensión, porcentaje de vacíos, absorción, alabeo y compresión simple, así como ensayos en la materia prima. En la **Norma E-070** podemos ver claramente los requerimientos y las exigencias para poder hacer el análisis, el diseño del proyecto, los materiales, la construcción, también podemos realizar la inspección de las construcciones de albañilería estructurados por muros confinados y armados y los controles de calidad. En las **Teorías relacionadas**, podemos ver **La Albañilería actual** se define como la albañilería confinada, que es el procedimiento más usado al construir viviendas y edificios multifamiliares hasta de 5 pisos. La razón del porque es tan popular ya que estas construcciones tienen medidas pequeñas que pueden variar entre 3.00 – 4.50 m entonces resulta ventajoso que los elementos en forma vertical sirven para poder delimitar los espacios y sus funciones sean estructurales, los ladrillos cumplen estas exigencias, adicionalmente cumplen también una función térmica y acústica (Abanto, 2017, p. 13). También vemos que. **la materia prima** que se utiliza para la elaboración de los ladrillos es la arcilla y se puede clasificar en calcáreas su contenido es de un 15% de carbonato de calcio que al ladrillo le da un color amarillento, mientras que las no calcáreas tiene silicato de alúmina con 5% de óxido de hierro y va a tener un color rojizo, una arcilla optima contendrá un 33% de arena y limo (Gallegos, H y Casabonne, C.2005, p. 93). Del Rio (1975) nos dice que la arcilla es una roca de tierra. Y este producto se da por la destrucción de materiales silicatados y aluminosos, la definición que es más completa nos da (Rhodes, 1990, p. 5) donde nos dice que la arcilla constituye una unión de varios minerales y de

sustancias coloidales que se formaron por la descomposición química de las rocas alúminas, esto debido al proceso geológico de envejecimiento del planeta, es considerado un material donde se encuentra en todas partes, según la (ONU, 1970) las propiedades de las arcillas son determinadas por sus antecedentes geológicos, en especial por la forma en que el depósito se forma. El **ladrillo** es el material que más se ha usado en la construcción y es el más antiguo fabricado por el hombre, al comienzo era el abobe que es su forma cruda. Por su mayor aceptación, el tamaño que tenía para acomodarse a la mano y porque su materia prima es de fácil acceso ha venido a ser uno de los elementos de construcción más utilizados. (Bianucci, A. 2009, p. 3). Sobre las **Características de los ladrillos** en su gran mayoría se utiliza, para poder construir muros portantes, tabiques entre otros, por lo que debería ser inmune a los efectos que se puedan suscitar por el tiempo y su uso de tal manera que deben poseer la suficiente resistencia a la compresión. En los tipos de unidades existen múltiples ladrillos y según (Abanto, 2017, p. 42) existen los siguientes: **Unidad de albañilería sólida o maciza**, son aquellos que pueden o no también tener orificios, si estos tienen orificios estos son verticales a la base del ladrillo, su área bruta es el 70 % teniendo un 30% de vacíos y son los que deben ser utilizado en muros que soportan cargas (portantes). El ladrillo denominado King Kong 18 huecos industrial no debe exceder el 30% del área de asiento, en las zonas sísmicas 1, 2,3 y 4, se usan estos ladrillos para muros portantes **En la Unidad de albañilería hueca**: Este tipo de ladrillos tienen orificios a la base del ladrillo y al área que ocupan es mayor que el 30% del área bruta de la cara de asiento, donde contienen orificios pequeños y no permiten llenarlos con concreto en forma fluida. En la norma E-070 del RNE no especifica el límite de porcentaje mayor, con respecto al área bruta. Los ladrillos huecos se utilizan solamente para muros portantes en zona sísmica 1 y hasta cinco pisos, si se desea construir en las zonas sísmicas 2, 3 y 4, deberán ser utilizadas como muros no portantes. En la **unidad de albañilería tubular (pandereta)** Los orificios de estos es a la cara del asiento, no está definida el área que ocupan estos orificios y no está considerada en la norma E-070 del RNE. El ladrillo denominado “pandereta”, puede ser utilizado en muros que no soportan pesos en las zonas sísmicas 2, 3, 4 y para muros que soportan pesos solo en la zona sísmica 1 hasta un máximo de dos pisos, de acuerdo con lo establecido en la norma E- 070 del RNE. Otro tipo de ladrillo es

la **unidad de albañilería alveolar**. En estos ladrillos siempre veremos que los orificios son verticales a su base y el área que van a ocupar es más del 30% del área de la cara de asiento, podemos diferenciarlos en que estas unidades huecas tienen en sus orificios un área tal que permite llenarlos con concreto en forma muy fluida.

En la **clasificación de unidades de albañilería**. Según la (ITINTEC 331.017, 1978, p. 2) el ladrillo se ha podido clasificar en cinco tipos que está de acuerdo con las propiedades que tiene el elemento. Como podemos ver. **Tipo I:** son de poca resistencia y de poca duración, son aptos solo para edificaciones en condiciones de mínimas exigencias, **Tipo II:** aquí también son de poca resistencia y de poca duración solo son aptos para edificaciones en condiciones moderadas. **Tipo III:** Son de resistencia y de duración media, solo son Aptos para las edificaciones de uso general. El **Tipo IV:** Son de mayor Resistencia y duración. Son aptas para edificaciones en condiciones rigurosas. El **Tipo V:** en este tipo su Resistencia y duración son muy altas. Son aptas para edificaciones en condiciones de servicio especialmente rigurosas.

La (NTP 331.017, 2015, p. 4) nos da la clasificación de los ladrillos de arcilla en cuatro tipos y estos son: **Tipo 21** tiene alta resistencia a la compresión, resistente a la penetración de la humedad y al frío severo. El **Tipo 17** es de uso general con una mediana resistencia a la compresión, resisten a la acción del frío y a la penetración de humedad. El de **Tipo 14:** para usarlo de una forma general es de mediana resistencia a la compresión y el de **Tipo 10** para usarlo en zonas de mediana resistencia a la compresión.

Como **Propiedades y Características De Los Ladrillos**. Vemos que en su gran mayoría se utiliza para la elaboración de muros, tabiques entre otros, debe ser capaz de poder resistir los climas y el tiempo y poder tener una resistencia a las cargas que se les va a aplicar. Somayajig (2001) y Gallegos (2005), ambos autores coinciden en que para considerarlo como bueno, debe poseer las características siguientes: como primer punto tiene que estar bien moldeado, dando las características del ladrillo como sus bordes, largo ancho de acuerdo a como indica la norma. Debe ser poroso, pero sin exceso para poder hacer la unión con el mortero, no deberían tener sales solubles así con esto no se pueda dar la eflorescencia, contiene un sonido característico tipo metálico que, al dar golpe con

un objeto de peso u otro objeto similar, es una forma de reconocer de reconocer si el ladrillo está bien cocido que al golpearlo producirá un sonido metálico esta demostrara su optima cocción y sin defectos ni fisuras. Así mismo el ladrillo debe tener todos sus lados iguales al medirlos también ser sólida, luciente y libre de piedras pequeñas, no debería estar muy cocido ya que produciría una unidad de color violeta o negro, con una estructura vidriosa y brillante, con ciertas deformaciones y grietas. Un ladrillo que está muy cocido es muy rígido, pero en esta forma es anulada su resistencia por las grietas que contiene. Tampoco debería estar poco cocido o blando, pues podría desprenderse con mucha facilidad y nos daría un sonido sordo. Podríamos decir que en sus características físicas del ladrillo debe tener buena cocción, dos debe tener un color uniforme, tres debe tener un sonido claro y seco al ser golpeado. En el Reglamento Nacional de Edificaciones (**la Norma E.070**) nos indica que el ladrillo no debe tener materias que alteren sus propiedades o extrañas de ningún tipo en sus superficies o en su interior, así como piedra pequeña redondeada, masas de naturaleza calcárea. Además, el ladrillo debe de estar bien cocido, tendrá un color parejo y no presentará vitrificaciones. No tendrá, fracturas, hendiduras o grietas u otro defecto similar que puedan degradar su durabilidad y/o resistencia. No debe tener manchas o franjas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. Según la **ITINTEC 331.017**, nos indica que estas unidades deben estar exento de imperfecciones, carencias y procedimientos superficiales, que pudieran estorbar al colocar el ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción. Según lo estudiado sobre las características del ladrillo, se pueden definir en las siguientes propiedades: Los ladrillos para muros que soportan cargas lo clasificamos en cinco tipos y esto es de acuerdo con su resistencia a la compresión (f_b) y podemos tener el “Ladrillo I” que nos va a resistir 50 kg/cm² hasta el “Ladrillo V” que resistirá una compresión de 180 kg/cm² (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2020).

en el cuadro siguiente podemos ver dicha clasificación según (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2020):

Tabla 1. Clasificación del ladrillo según su resistencia

Tipo	Denominación	Resistencia Unidad (kg/cm ²)
Ladrillo I	King Kong artesanal	50
Ladrillo II		70
Ladrillo III		95
Ladrillo IV	King Kong Industrial	130
Ladrillo V	King Kong Concreto	180

Fuente: (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2020) Construye seguro

Como **Propiedades físicas** tenemos :el **Alabeo** es una de las propiedades físicas que lo podemos ver relacionados cuando se determina el espesor de la junta, donde estas juntas horizontales muchas veces presentan vacíos disminuyendo el área que contacta con el mortero que finaliza afectando en la resistencia a la compresión, tanto mayor sea la concavidad como convexidad del elemento va a conducir a un espesor de la junta del ladrillo; de esa manera, va a reducir un poco la adherencia con el mortero formándose vacíos en las zonas que tienen más alabeo, así mismo podrían producir fallas de tracción por flexión en el ladrillo (San Bartolomé. Quiun. D. y Silva. W, 2018, p. 58). Para poder hacer el ensayo de alabeo en el ladrillo se debe seguir las fases que nos aconseja la Norma NTP 399.613 y la (NTE. E. 070, 2006). La **Absorción** la podemos definir como una característica de la medida de la impermeabilidad del ladrillo (ITINTEC .331.017, 1978, p. 7). según la (NTE. E.070, 2006, p. 15) nos dice que la absorción no debería ser mayor al 22%, ya que, si el ladrillo propende a ser poroso, esta será poco resistente a las inclemencias del tiempo, clima humedad y otros, debido a que al llegar a absorber el agua del mortero impedirá que haya una adecuada adherencia. La Norma ITINTEC 331.017, (1978, p.7) nos dice que es la propiedad que nos va a indicar el contraste entre el peso de la unidad de albañilería mojada y el peso de la albañilería seca y se va a expresar en porcentajes con relación al peso de la unidad seca. La **Eflorescencia** según La norma (ITINTEC 331.017, 1978, p. 8) nos refiere que nos permitirá hallar la medida de afloramiento y cristalización de las sales solubles que tendrá el ladrillo después de un tiempo puesto en el agua; pudiendo visualizarlo en los muros de

albañilería; a pesar de esto, nos indica que con la eflorescencia no podemos clasificar al ladrillo, pero se recomienda poder ejecutar el curado de la patología cuando se trate de acabados finales del ladrillo como cara vista o en casos que la albañilería este sometida a humedad intensa y constante. (Palacios, 2019, p. 74) nos dice que el objetivo principal a la eflorescencia es el efecto sobre las apariencias del ladrillo, si la eflorescencia es mínima no afectara tanto a su durabilidad, pero si su eflorescencia es severa, las sales se cristalizan y comenzara a notarse y repercutir un daño como perdida a su resistencia. La **variación dimensional**: Es la variación en su forma geométrica se da en los procesos de albañilería y se presenta al hacer juntas de mortero mucho más grandes que las convenientes; cuanto mayor sea la imperfección mayor será el espesor de la junta, las medidas del ladrillo se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), y esto es dado en centímetros.

Según la norma usada en Perú la NTP .399.613 (2005, p. 21) Se pueden medir estas unidades de forma individual con una regla de acero de 30 cm tiene que ser graduada con divisiones en milímetros y se recomienda que tenga cabezales para poder medir correctamente los ladrillos. **Porcentaje de Vacíos** es medir el área que tiene de vacíos del ladrillo, en la norma E-070, nos especifica que su uso es hasta con 30% de vacíos y en la ITINTEC 331.017 nos indica que es desde 25% vacíos, estas perforaciones y/o vacíos permiten una adecuada cocción; pero, estos también se vuelven más frágiles ante los esfuerzos sometidos y esto hace que tenga una menor resistencia.

La **Propiedad mecánica** que se estudiara, es la **Resistencia a la compresión** que, Según la NTP 331.017, (2015, p. 11) “la resistencia a la compresión es una propiedad que nos solamente definirá en la calidad de la estructura sino también la resistencia en los cambios que se pueden dar en el entorno, como clima, tiempo, humedad o a cualquier otra también cualquier otra causa de deterioro. el principal componente de la resistencia a la compresión de albañilería es: la resistencia a la compresión del ladrillo el f_{pb} , también la calidad del ladrillo en sus propiedades, el adecuado mortero para el asentado y la mano de obra correcta. **La compresión Axial por pilas** según (Arbildo y Rojas, 2017, p. 33) se utiliza para poder determinar el óptimo desempeño de la albañilería con la resistencia a la

compresión especificada f_m también es utilizada para otros propósitos de investigación.

Según (San Bartolomé. Quiun. D. y Silva. W, 2018, p. 86) el tipo de fallas se da por las cargas axiales y la interacción entre la base del ladrillo y el mortero estos tienen diferente rigidez al ser sometidas a un esfuerzo normal, existen falla ideal y se notará cuando se dé una fisura en forma vertical en la cara menor del ladrillo, falla por trituración, esta falla es común en los ladrillos huecos. Según (Castillo, 2018, p. 9) nos dice que la compresión axial se va a ver afectada por la esbeltez, ya que la compresión axial es mayor tendrá un mayor factor de esbeltez.

El mortero se constituye por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se le añade una cantidad de agua que haga con esto una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado, para poder elaborar el mortero destinado a trabajos de albañilería se debe tener en consideración lo que indica la (NTE. E.070), los componentes que podemos encontrar en el mortero son como materiales aglomerantes como: el cemento portland tipo I y II.

En los **Procesos de producción** encontraremos dos clases de procesos de fabricación y está dado de la siguiente manera: el proceso de fabricación **Artisanal** está hecho de manera manual, utilizando los recursos de su entorno como materia prima. El moldear el ladrillo es hecho a manualmente o también podría ser con maquinaria elemental que en ciertos casos da forma a la materia prima plástica de arcilla, a baja presión. El proceso de fabricación **Industrial** su proceso es con maquinaria que amasa y prensa o da forma a la materia de la pasta de arcilla. El ladrillo producido de la forma industrial es caracterizado por ser uniforme. El proceso industrial se diferencia del proceso artesanal que utiliza maquinaria para los diferentes procesos como el moldeado sino también es en el empleo de hornos de última generación para la fase de cocción. En estos hornos se puede controlar la temperatura, logrando así ser más eficiente la producción de ladrillo con una mejor calidad.

La Fabricación de las unidades de albañilería es de mucha variedad, por lo que tenemos variedad de unidades, así como unidades artesanales, semi – industriales e industriales, lo que hace que exista un contraste en sus características físicas.

Para poder fabricar los ladrillos de manera industrial. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018, p. 40).

Proceso de elaboración del ladrillo industrial

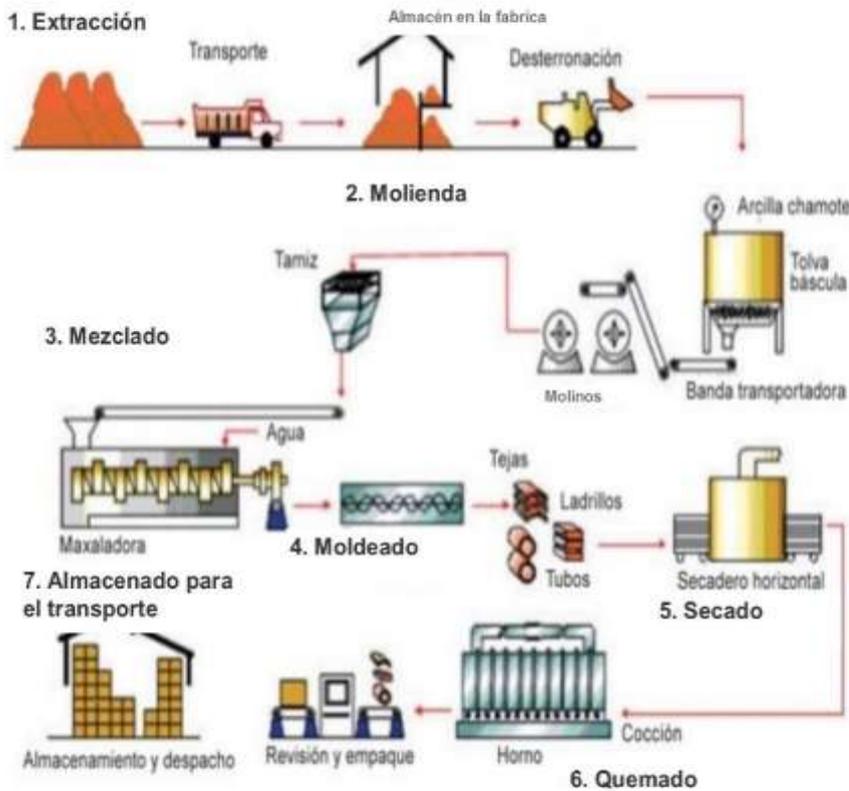


Figura 1. Proceso de elaboración del ladrillo industrial

Fuente: Elaboración propia

La Extracción: es el primer paso del material en la cantera para esto se usan palas mecánicas y consecutivamente este material es tamizado para que se elimine las piedras y otro contenido extraño en la materia prima, este proceso ordenado se realiza mayormente el proceso del ladrillo Industrial. El siguiente paso es la Molienda: Para este proceso industrial de molienda de la materia prima se hace con la utilización de molinos. Como tercer paso tenemos El mezclado: durante esta fase de mezclado se emplea máquinas para mezclar la materia prima. Como cuarto paso pasamos al Moldeado En este proceso de moldeado se efectúa de manera industrial con prensas hidráulicas donde son aplicadas más de 500 toneladas de carga o con otras máquinas que moldean la materia plástica (extrusoras), en esta fase la masa pasa por una boquilla con la sección transversal del producto

terminado, luego es cortado de acuerdo con la unidad que se fabricara. Cuando estas unidades van a ser moldeadas a una elevada presión se agrega una pequeña cantidad de agua que casi siempre igual al 10% en su peso para poder llegar a su consistencia optima que es seca y tiesa, al elaborar por extrusión la consistencia necearía debe ser más plástica y se añade entre 12 a 15% en peso de agua. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 94).

Debemos tener en cuenta siguiendo este método de moldear la materia prima se producirá unidades de ladrillo con mejor calidad y serán resistentes de acuerdo con la normativa y podrán ser usados en diferentes tipos de construcciones. En el **Secado** de unidades industriales, se coloca en un horno con una temperatura que varía y tiende a tener una temperatura ambiente hasta los 200°C, para luego volver a la temperatura del medio ambiente. El proceso de secado es una de las fases que hay que tener mayor consideración. (DE ARKITEKTURA, 2012). el **Quemado** es el proceso que se hace en hornos tipo túnel con quemadores de carbón molido o también de petróleo, y podemos ver algunas veces hornos muy largos, con cámaras regulables la temperatura va desde temperatura de medio ambiente hasta el 1200 °C, se debe mencionar que estos procesos duran muchos días que van entre 3 a 5 días.

Dentro del horno, la temperatura es variable, el producto que sale del horno se colocara en carros que son preparados especialmente para este fin, se colocara en paquetes y esto será alimentado en forma continua por una de las extremidades de túnel (DE ARKITEKTURA, 2012). El último paso es el **transporte** en esta última fase se realiza desde el mismo horno hacia el almacén de la fábrica, desde ese punto se lleva hacia la Obra y luego llevado hacia la obra en ejecución, el ponerlo donde se va a ser el asentado se ladrillo por ladrillo “boleándolas” y con el uso de caretilas para su traslado, lo que generara grandes pérdidas y el deterioro de algunos ladrillos, muy aparte de ser un trabajo bastante laborioso.

El proceso de elaboración del ladrillo artesanal es más simple, se comienza con la extracción de la Arcila, se mezcla este material, luego pasa al proceso de moldeado para luego ser secado al solo por unos 8 a 10 días seguidamente pasa al horno, donde se quedará por unos días hasta que se enfríe luego se seleccionará el ladrillo y desechará al ladrillo demasiado cóccido o con fisuras para luego ser almacenado.

En el siguiente grafico se describe el proceso:



Figura 2. Proceso de elaboración del ladrillo artesanal

Fuente: Elaboración propia

Normatividad aplicada en las unidades de albañilería; las unidades de albañilería deben cumplir ciertos y esto nos hace mención el RNE. E-070 de albañilería así mismo también la Norma Técnica (NTP 399.613) donde tendremos los ensayos obligatorios y no obligatorios para aceptar la unidad de albañilería y la (NTP 331.017) los requisitos que debe cumplir esta unidad.

El ladrillo para que podamos clasificar según el Tipo al que pertenece debe cumplir tres requisitos que son obligatorios según la Norma E.0.70, y estos serán ensayos de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión y ensayos no obligatorios como eflorescencia, absorción, porcentaje de vacíos.

En la NTE. E. 070 y la NTP 331.017 nos indica las especificaciones técnicas como se muestra en la tabla N°2

Tabla 2. Clases de unidad de albañilería para fines estructurales según la norma NTE E.070. y la NTP 331.017 (2015)

NTE. E.070 del RNE								NTP 331.017						
Tipo	Variación Dimensional (%)			Alabeo (mm)	Absorción (%)	Vacíos (%)	fb (Mpa)	Tipo	Variación Dimensional (mm)			Absorción (%)	Vacíos (%)	fb (Mpa)
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150 mm						de 60 a 100	De 101 a 140	De 141 a 240			
	Altura	Ancho	Largo						Altura	Ancho	Largo			
I	8	6	4	10	22	30	4.9	10	±3	±5	±6	Sin limite	25	8
II	7	6	4	8	22	30	6.9		±3	±5	±6	Sin limite	25	8
III	5	4	3	6	22	30	9.3	14	±3	±5	±6	Sin limite	25	10
IV	4	3	2	4	22	30	12.7	17	3	5	6	25	25	15
V	3	2	1	2	22	30	17.6	21	3	5	6	20	25	17

Fuente: Norma NTE E.070 y NTP 331.017 (2015)

Limitaciones de las Unidades de Albañilería; debemos indicar para poder clasificar a la unidad de albañilería de acuerdo a la tabla de la norma E.070-2006 se utiliza el criterio más desfavorable como, por ejemplo, de acuerdo a los ensayos de Resistencia a la Comprensión un ladrillo clasifica como Tipo V, pero si este ladrillo presenta alta variabilidad Dimensional que lo lleve a la clase IV y grande Alabeo que lo conduzcan a la clase III, entonces este ladrillo se clasifica como clase III

Tabla 3 Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería

Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería para Fines Estructurales			
TIPO	Zona Sísmica 2 y3		Zona Sísmica 1
	Muro portante en Edificios de 4 pisos a mas	Muro Portante en Edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todos el Edificio
Solido Artesanal	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Solido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si, Celdas totalmente rellenas con grout	Si, celdas parcialmente llenas con grout	Si, Celdas parcialmente llenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.0.70

También podemos ver en la tabla con las resistencias características de la

albañilería

Tabla 4. Resistencia característica de la albañilería.

RESISTENCIAS CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA Mpa (kg/cm ²)				
Materia Prima	Denominación	Unidad fb	Pilas fm	Muretes ym
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)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.0.70

La (NTE. E.070, 2006, p. 26) nos menciona que estos prismas deben ser almacenados a una temperatura de 10°C durante 28 días, estos prismas pueden ensayarse a menor días, que la que especifica que son 28 días y no menor de 14 días, en estos casos la resistencia se obtendrá incrementando con los factores mostrados.

Tabla 5. Incremento de fm y vm por edad

INCREMENTO DE fm y vm 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

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.0.70

Lesiones y causas del deterioro del ladrillo; según (Broto, 2006, pág. 9). las lesiones que afectan a los ladrillos son de tres tipos. Mecánico, físico y químico, actúan según su origen y se pueden clasificar como de origen primario o

secundario, las primarias pueden llevar a tener lesiones secundarias, las cuales actúan según el tipo de material y su calidad. Según (Patiño, 2012, p. 43) nos dice que las Causas de la disminución de la durabilidad del material son los factores que afectan a la durabilidad del material pueden ser extrínsecos cuando las causas son agentes externos como por acción humana o agentes atmosféricos o intrínsecos cuando las causas están relacionadas al mismo material.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Para Borja (2012). Es importante en la investigación conocer ciertas características para poder reconocer cuál de ellas se adaptará mejor a nuestra investigación (p.10) por ese motivo, en esta Investigación se aplicará **la Investigación Aplicada**, donde se usará la teoría básica, para así poder realizar la investigación y posteriormente a este dar nuevas propuestas que ayuden a disminuir el problema.

Nivel de Investigación

En la presente investigación se utilizará el **Nivel Investigativo Descriptivo**, ya que se determinan y especifican los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas: variación dimensional, absorción, alabeo, porcentaje de vacíos, eflorescencia y resistencia a la compresión de los ladrillos industriales y artesanales en Carabayllo.

Diseño de Investigación

La investigación está dentro del **Enfoque Cuantitativo**, porque contará con el servicio de un laboratorio para obtener los resultados, y esto se dará por ensayos en todas sus propiedades físicas y mecánicas, los resultados obtenidos fueron analizados utilizando la normativa E-070 del RNE y la NTP 331.017

Diseño de contrastación de la hipótesis

El tipo de diseño que se utilizara en este trabajo de investigación es un **diseño No experimental**, porque no se ha manipulado deliberadamente la variable independiente debido a que solo se describirá y se compara junto con la Norma E-0.70 a través de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos en Carabayllo.

3.2. Variables y Operacionalización

Variables

(Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 105) nos dice que la variable puede cambiar y su variación es susceptible de medición y observación y estos van a adquirir valor para la investigación al relacionarlos con otras variables para así poder formar la hipótesis.

Variable independiente (X)

- Ladrillo 18 huecos industrial y artesanal

Variable dependiente (Y)

- Propiedades físicas y mecánicas

Operacionalización de la variable

Borja afirma (2012, p. 24) que la operacionalización de la variable será el proceso que detallará cómo se medirá las variables formuladas en la hipótesis y en muchos de los casos se descomponen en indicadores para hacer más fácil su medición.

Variable Independiente (X)

Definición conceptual

- Se denomina ladrillo Artesanal cuando está elaborado con procesos manuales y se caracteriza por sus variaciones en sus longitudes. (Suquilanda, 2019, p. 09).
- Ladrillo Industrial es fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa, se caracteriza por su uniformidad (Barranzuela, 2014, p. 18)

Definición operacional

Se realizará de manera visual y se describirá en una ficha si cumple con la NTP 331.017, ITINTEC 331.018, 331.019 y la NTE. E.070.

Dimensiones

Ladrillo Industrial

Ladrillo Artesanal

Indicadores

Se medirá las características que tiene la variable independiente: Clasificación del ladrillo artesanal e industrial

Escala de medición

La escala de medición es para la variable independiente es nominal

Variable Dependiente (Y)

Definición conceptual

Las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería son esencialmente para poder tener una idea sobre la resistencia del ladrillo, así como

la duración cuando es expuesto en el medio ambiente. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011, p. 55)

Definición operacional

Se analizarán las propiedades que tienen los ladrillos industriales y artesanales donde se realizarán ensayos de variabilidad dimensional, absorción, alabeo, porcentaje de vacíos, eflorescencia y resistencia a la compresión de acuerdo a la Norma NTP 399.613 Y 399.605.

Dimensiones

Propiedades Físicas

Propiedades Mecánicas

Indicadores

Se medirá las características que tiene la variable dependiente industrial y artesanal: alabeo, absorción, Porcentaje de vacíos, eflorescencia, variación dimensional y resistencia a la compresión (por unidad y pilas)

Escala de medición

La escala de medición es para la variable dependiente es razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según (Borja, 2012, p. 30) la población o también llamado universo es el conjunto de elementos que estarán sujetos a estudio, en la investigación la población serán las unidades de ladrillo industrial elaborado en ladrillera Pirámide y las unidades de ladrillo artesanal elaborado en ladrillera Roy; todos son elaborados en las fábricas Pirámide y Roy en el distrito de Carabayllo.

Muestra

Según la Norma (ITINTEC 331.019,1978, p. 1), la muestra es el conjunto de ladrillos extraídos a azar del lote con la finalidad de obtener la información que permite apreciar las características de este lote.

- Ladrillo King Kong 18 huecos, fabrica artesanal Roy ubicado en la av. José Saco Rojas en Carabayllo.
- Ladrillo King Kong 18 huecos, fabrica industrial Pirámide ubicado en la Av. Perimétrica 12005, Carabayllo.

Tabla 6. Numero de especímenes para cada ensayo por ladrillera

Ensayo	Según la NTE. E.070	TOTAL
Variación Dimensional	10	49
Alabeo	10	
Absorción	5	
Porcentaje de vacíos	5	
Eflorescencia	5	
Resistencia a la compresión(unidad)	5	
Resistencia a la Compresión (Pilas)	9	

Fuente: Tomado de Norma Técnica Peruana E.070- 2006- Elaboración Propia

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los especímenes a ensayar según la NTE. E.070

Tabla 7. Selección de los especímenes a ensayar por Ladrillera

LADRILLERAS	Pirámide		Roy	
	Según la NTE. E.070	Total	Según la NTE. E.070	Total
Variación Dimensional	10	49	10	49
Alabeo	10		10	
Absorción	5		5	
Porcentaje de Vacíos	5		5	
Eflorescencia	5		5	
Resistencia a la compresión (unidad)	5		5	
Resistencia a la compresión (Pilas)	9		9	
Total, Unid X ladrillera		49		49
Total de especímenes				98

Fuente: Tomado de la Norma Técnica Peruana E.070- 2006-Elaboracion Propia

Muestreo

- Para la presente investigación se comenzará con adjuntar todos los datos como realizar la localización de las ladrilleras en estudio, precisando su ubicación y su producción mensual de la ladrillera registrada y la ladrillera artesanal, después tomaremos una muestra de cada fabrica seleccionada para realizar los estudios necesarios y poder determinar si cumplen con los requisitos dado en la NTP 331.017 (2015) y la NTE. E.070 de los ladrillos industriales y artesanales de las fábricas en carabaylo.
- Se elegirá las muestras de cada ladrillera de acuerdo a la cantidad que indique la norma y se trasladarán al laboratorio y se harán los ensayos para las propiedades mecánicas: compresión y físicas: alabeo. Variación dimensional, eflorescencia, absorción, adicionalmente ladrillos para ensayo en pilas de cada ladrillera.

Métodos de Análisis de Datos

Para el procedimiento de esta investigación de los datos y gráficos de la información obtenida se procesará mediante el software (Microsoft Excel 2016).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizarán con fichas técnicas, las Normas Técnicas Peruanas, ensayos de laboratorio de especímenes de ladrillo, (físicos y mecánicos), pilas (propiedades mecánicas).

3.5. Procedimiento

Ensayos obligatorios del ladrillo

se realizarán los ensayos en los ladrillos para poder tener en cuenta su aplicación en los diseños estructurales de acuerdo a la (NTP 399.613, 2005, p. 5). se seleccionarán unidades enteras, con características propias de un ladrillo en óptimas condiciones, con color uniforme, textura y tamaño que sean libres de toda impureza.

Variación dimensional

Este ensayo se realizará de acuerdo a como indica la NTP 399.613

Aparatos

Para poder realizar los ensayos de variación se utilizará lo siguiente:

- Regla graduada preferiblemente de acero de 30 cm de longitud.

Procedimiento

Para poder realizar el ensayo según la norma se hace de la siguiente manera:

Se utilizará 10 unidades, según la norma (NTP 399.613, 2005, p. 21), se limpiará en todos sus lados eliminando así las impurezas y materiales sueltos. Seguidamente se mide su largo, ancho en ambos extremos luego se registra estas cuatro medidas, se repetirá el ensayo utilizando el mismo método cuanto sea necesario. Utilizaremos para este ensayo la siguiente formula:

V (%): porcentaje de variación dimensional

De: Dimensión descrita por el fabricante

Dp: promedio de la dimensión

$$V(\%) = 100(D_e - D_p) / D_e$$

$$\text{Altura de una unidad} = h = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) / 4$$

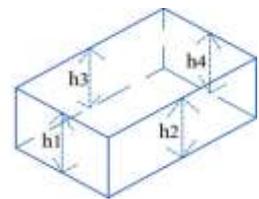


Figura 3. Medición de Variación Dimensional

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión

Se realizará utilizando la NTP 399.613. se ensayarán 10 ladrillos; 5 artesanales y 5 industriales, enteros y secos

Aparatos

- Plancha metálica que exceda el área del ladrillo para realizar ensayo de compresión

- Máquina de ensayo de resistencia a la compresión

Procedimiento

1. Se traslada el ladrillo del almacenamiento hasta el laboratorio.
2. Se dejará secar los ladrillos en un horno a una temperatura de 105-115 °C por un lapso de 24 horas según el NTP 399.613.
3. Después del secado se enfriará el espécimen, libres de corriente de aire por 4 horas como mínimo.
4. Seguidamente se limpiará el ladrillo de las impurezas que pueda haber, Se empleará la siguiente formula:

Donde:

C: Resistencia a la compresión

$$C = \frac{W}{A}$$

W: Carga máxima en N o Kg, se indicará en la máquina de ensayo.

A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del



Figura 4. Ensayo de Resistencia a la Compresión por Unidad

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia a la compresión axial por pilas

Este ensayo de compresión por pilas se realizará según la norma E.0.70 y la NTP

339.605 esta resistencia está basada como la carga máxima axial.

Aparatos

- Recipiente para hacer la mezcla y plancha metálica con un área mayor a la base del ladrillo para realizar ensayo de compresión
- Máquina de ensayo de resistencia a la compresión

Procedimiento

En este ensayo se asientan dos o más unidades una sobre otra y estas pilas serán ensayadas a los 28 días a compresión axial para poder controlar la calidad de la albañilería. Para poder calcular se hace de la siguiente manera:

Donde:

Pmax: carga máxima sobre la pila

C: es coeficiente de esbeltez y se

tomara de acuerdo a la noma

según (Castillo, 2016, pág. 79) la esbeltez es la relación entre la altura libre del muro y su espesor

$$f'm = C \frac{P_{max}}{area}$$

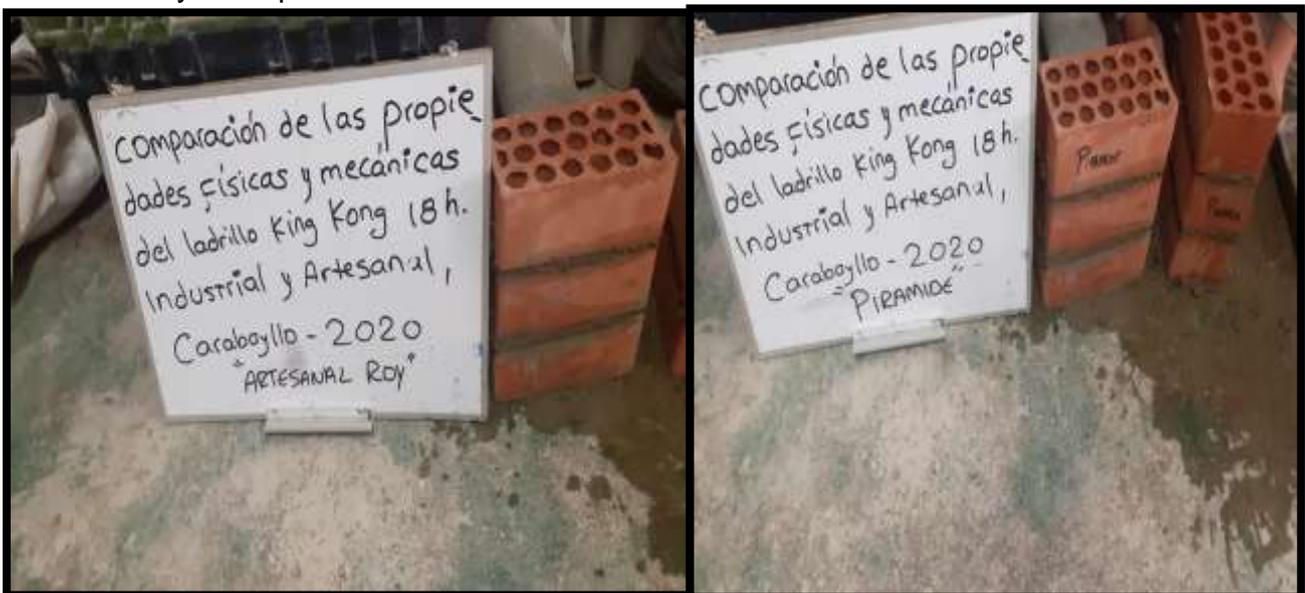


Figura 5. Refrentado de unidad de albañilería Pirámide y Roy

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Falla ideal de las pilas de unidad de albañilería Pirámide

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Falla por trituración de la unidad de albañilería Roy

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 podemos observar una falla ideal de las pilas de ladrillos y se manifiesta con una grieta vertical que atraviesa el ladrillo y el mortero esta falla es producida por la tracción lateral. En la figura 7 está la falla por trituración de las unidades esta falla se considera indeseable por ser muy frágil y explosiva, esta falla se produce mayormente cuando se utilizan unidades huecas.

Ensayo de Alabeo

Este ensayo se realizará de acuerdo a como indica la NTP 399.613

Aparatos

Los aparatos que se utilizarán en este ensayo es el siguiente:

- Para este ensayo se utilizará una regla graduada que contenga divisiones de 1 mm y cuña de medición de 60 mm, el cual comienza con 12.5 mm y se va reduciendo a cero.

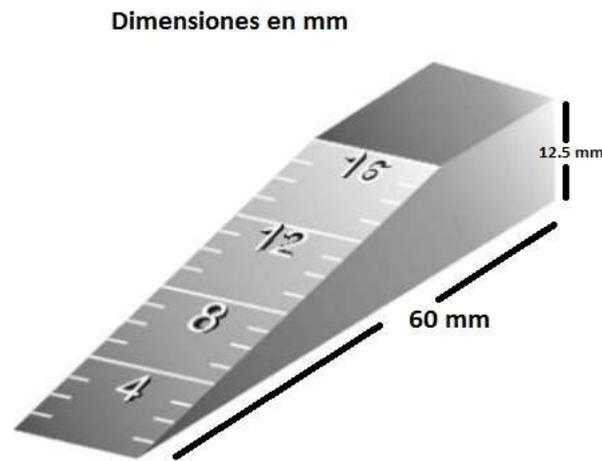


Figura 8. Cuña milimetrada

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento

1. Se utilizará 10 unidades de albañilería, como se indica en la norma técnica peruana E-0.70, los especímenes serán ensayados tal cual se recibe, lo que se hará antes del ensayo es limpiar con una escobilla el polvo que se adhiere en las superficies.
2. Se verifica si las medidas de este ensayo son convexas o cóncavas, cuando ya se determinó si son convexas o cóncavas se procederá de la siguiente manera:

Tabla 8. *Medición de concavidad y convexidad*

Medición de concavidad	Medición de convexidad
Se colocará el borde recto de la regla ya sea en forma diagonal o longitudinal de uno de sus lados	Se colocará el borde recto de la regla sobre dos aristas opuestas se pone la cuña en un lado mayor y se

<p>mayores del ladrillo, se introducirá la cuña en el punto que esta la flecha máxima, se efectuara la lectura con un valor de precisión de 1 mm y este valor será registrado.</p>	<p>ubica un punto donde se apoye la regla en la diagonal en ambas aristas donde se obtenga la misma medida.</p>
--	---

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.613(2005)

Ensayos no obligatorios del ladrillo

Ensayo de porcentajes de vacíos

El presente ensayo se desarrollará de acuerdo con la NTP 399.613

Aparatos

- Los aparatos utilizados para este ensayo es el siguiente:
- Calibrador o regla de acero
- Cilindro y/o probeta graduada de vidrio con capacidad de 500 ml
- Varilla de acero con borde recto
- Escobilla que contenga cerdas suaves
- Balanza

Procedimiento

1. Se utilizará 5 unidades de ladrillos.
2. En la superficie plana se colocará el ladrillo con los ladrillos en forma vertical.
3. Se eliminará con una escobilla las partículas que se adhieren a las superficies.
4. Se registrará el promedio de la longitud que se saque como el ancho y la altura obtenidos en el ensayo de la variación dimensional.
5. Se rellena las perforaciones del ladrillo con arena, permitiendo que caiga de forma libre sin forzar la arena dentro de sus perforaciones.
6. Se levanta el ladrillo de manera que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel.
7. Luego se transferirá la arena de la hoja de papel a la balanza, posteriormente

se pesará y se registrará.

8. Con la porción separada de arena, se llena un cilindro de vidrio de 500 ml hasta llegar a 500 ml, permitiendo que la arena baje de manera natural, no se debe agitar ni vibrar el vidrio, se transferirá esta arena a la balanza, se pesará y se registrará.

Para poder establecer el volumen de la arena que contiene el ladrillo se usó la fórmula siguiente:

Donde:

Vs: Volumen de arena del espécimen de ensayo.

$$V_s = \frac{500ml}{S_c} \times S_u \dots (1)$$

Sc: peso de 500 ml de arena contenida en el cilindro graduado, g.

Su: peso de la arena contenido en el espécimen del ensayo, g.

Para determinar el porcentaje de vacíos se usará la siguiente fórmula:

Donde:

Vs: Volumen de arena determinado con la fórmula 1

$$\% \text{Areasvacios} = \frac{V_s}{V_u} \times \frac{1}{16.4} \times 100 \dots (2)$$

Vu: Longitud x ancho x profundidad registrada en los ensayos



Figura 9. Probeta con arena para ensayo de Porcentajes de vacíos

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de absorción

El siguiente ensayo se realizará con la norma NTP 399.613

Aparatos

- Los aparatos que se utilizara son los siguientes:
- Balanza
- Horno
- Recipientes metálicos entre otros

Procedimiento

1. Para este ensayo se utilizará 5 ladrillos
2. Se seca y se enfría los especímenes a ensayar
3. Se sumerge en un recipiente el ladrillo ya secado y enfriado, en agua limpia, durante el tiempo especificado
4. Se retira el ladrillo del recipiente, se seca la humedad de la superficie del ladrillo y se pesa, logrando obtener el peso saturado luego de haberlo inmergido en agua fría.

Formulas aplicadas

Donde:

Wd: es el Peso seco del ladrillo

Ws: peso saturado, después de haberlo sumergido en agua fría

$$Absorcion(\%) = 100(Ws - Wd)/Wd$$

Ensayo de eflorescencia

el ensayo de eflorescencia se realizará de acuerdo con la norma NTP 399.613

aparatos

los aparatos que se usaran son los siguientes:

- bandejas y contenedores de metal resistente a la corrosión
- Horno de secado y escobilla

Procedimiento

1. Se seleccionará 5 ladrillos para sean ensayados
2. Se removerá con una escobilla todo el polvo o partículas que estén adheridas en los ladrillos a ensayar.
3. Se colocará estos cinco ladrillos en agua por 7 días
4. A los siete días se podrá examinar el primer conjunto de especímenes y luego se pondrá en el horno de secado por 24 horas.
5. Después del secado se procederá a examinar y comparar el par de ladrillos y se determinara si es eflorescente o no eflorescente



Figura 10. Colocación de los ladrillos para ensayo de Eflorescencia

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Los ensayos relacionados a esta investigación se harán en el laboratorio obteniendo los resultados en las propiedades mecánicas, el ensayo de resistencia a la compresión, en las propiedades físicas tenemos, variabilidad dimensional, alabeo, absorción, eflorescencia, cuyos datos serán procesados en el programa de Excel donde se pondrá los cuadros obtenidos en cada ensayo.

3.7. Aspectos éticos

Responsabilidad social

Esta investigación beneficiara a los ciudadanos ya que con los resultados de esta investigación demostrara si los ladrillos artesanales cumplen las normas establecidas para considerarlo como ladrillo de Tipo IV y así poder dar la seguridad a los ciudadanos que su vivienda es segura.

Honestidad

Como investigador cumpliré con honestidad y transparencia en los ensayos siguiendo las normas establecidas sobre las unidades de albañilería, en cada fragmento que se haga en esta investigación se citara al autor de la información recopilada.

IV. RESULTADOS

Al desarrollar el presente trabajo de investigación se muestran como resultados todos los objetivos específicos planteados en las unidades de albañilería de ladrillo Pirámide y Roy

Para poder realizar los ensayos de las unidades de albañilería se seleccionaron unidades que pudieran representar un determinado lote tal como lo establece la NTP 399.613 (2005), en esta norma indica los procedimientos para poder realizar los ensayos en las propiedades de la unidad de albañilería tanto físicos como mecánicos.

Propiedades Físicas

Ensayo de Variación Dimensional

Para este ensayo se seleccionó 10 unidades enteras y secas, para cada lado las unidades de albañilería se empleó una regla de acero de 30 centímetros y una cinta métrica de 3 metros, seguidamente se determina la variación dimensional de las unidades de albañilería siguiendo lo indicado en la norma NTP 399.613



Figura 11. Medición de la variación dimensional de la unidad de albañilería Pirámide

Fuente: Elaboración propia

Midiendo un espécimen del ladrillo pirámide, midiendo todos sus lados para verificarlo con la ficha técnica del ladrillo Pirámide

Tabla 9. Ensayo De Variación Dimensional Ladrillo Pirámide

Variación Dimensional del Ladrillo Pirámide															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V: Variación Dimensional (%) ME: medida especificada por el fabricante MP: Medida Promedio</p>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>12.5</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	12.5	9
ME															
L	A	H													
23	12.5	9													
ESPECIMEN	LARGO (cm)	%VD	ANCHO (cm)	%VD	ALTO (cm)	%VD									
PIRAMIDE 1	22.8	0.87	12.30	1.60	8.9	1.11									
PIRAMIDE 2	22.8	0.87	12.40	0.80	8.9	1.11									
PIRAMIDE 3	22.8	0.87	12.50	0.00	9	0.00									
PIRAMIDE 4	22.8	0.87	12.40	0.80	9	0.00									
PIRAMIDE 5	22.8	0.87	12.50	0.00	8.9	1.11									
PIRAMIDE 6	22.8	0.87	12.40	0.80	9	0.00									
PIRAMIDE 7	22.9	0.43	12.45	0.40	8.9	1.11									
PIRAMIDE 8	22.8	0.87	12.50	0.00	8.9	1.11									
PIRAMIDE 9	22.9	0.43	12.45	0.40	9	0.00									
PIRAMIDE 10	22.9	0.43	12.50	0.00	8.9	1.11									
	22.83	0.74	12.44	0.48	8.94	0.66									

Variación Dimensional del ladrillo Pirámide		NTP 331.017	SEGÚN NTE E.070	
V.D.(%)-LARGO	0.74	141-240mm ±6	15 cm = ± 1	Si cumple
V.D.(%)-ANCHO	0.48	101-140mm ± 5	15 cm = ± 2	Si cumple
V.D.(%)-ALTURA	0.66	60-100mm ± ±3	10 cm = ± 3	Si cumple

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N° 9 se muestra los resultados de la variación Dimensional de la unidad de albañilería Pirámide, en la cual se obtuvo los siguientes valores: largo: 0.74, Ancho: 0.48 y la altura: 0.66, por lo tanto, los ladrillos elaborados en la empresa cerámicos del Perú (Pirámide) clasifican según la NTE E.070 como tipo V y según la NTP 331.017 como tipo 21.

Tabla 10. Ensayo de Variación Dimensional Ladrillo Roy

Variación Dimensional del Ladrillo Roy															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$															
V: Variación Dimensional (%) ME: medida especificada por el fabricante MP: Medida Promedio				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>12.5</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	12.5	9
ME															
L	A	H													
23	12.5	9													
ESPECIMEN	LARGO (cm)	%VD	ANCHO (cm)	%VD	ALTO (cm)	%VD									
ROY 1	22.9	0.43	12.40	0.80	9	0.00									
ROY 2	22.9	0.43	12.10	3.20	9.2	-2.22									
ROY 3	22.9	0.43	12.50	0.00	9.2	-2.22									
ROY 4	22.9	0.43	12.40	0.80	9.5	-5.56									
ROY 5	22.5	2.17	12.40	0.80	9.2	-2.22									
ROY 6	22.9	0.43	12.50	0.00	9.1	-1.11									
ROY 7	22.9	0.43	12.50	0.00	9.2	-2.22									
ROY 8	23	0.00	12.45	0.40	9	0.00									
ROY 9	22.9	0.43	12.50	0.00	9	0.00									
ROY 10	22.9	0.43	12.43	0.56	9.1	-1.11									
	23.12	0.56	12.42	0.66	9.15	-1.66									

Variación Dimensional del Ladrillo Roy		NTP 331.017	SEGÚN NTE.E.070	
V.D.(%)-LARGO	0.56	141-240 mm ±6	15cm = ± 1	Si cumple
V.D.(%)-ANCHO	0.66	101-140mm ± 5	15cm = ± 2	Si cumple
V.D.(%)ALTURA	-1.66	60-100 mm ± 3	10 cm = ± 3	si cumple

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°10 se muestra los resultados de la variación Dimensional de la unidad de albañilería Roy, en la cual se obtuvo los siguientes valores: largo: 0.56, Ancho: 0.66 y la altura: -1.66, por lo tanto, los ladrillos elaborados en la empresa cerámicos del Perú (Pirámide) clasifican según la NTE E.070 como tipo IV y la NTP 331.017

como tipo 21.

ALABEO

Para poder determinar el alabeo de las unidades de albañilería, y seguir con el procedimiento dado en la NTP 399.613 Para ello se empleó una cinta métrica, una regla de acero de 30 cm y cuñas milimetradas, esta medida se hizo con 10 unidades utilizadas en el ensayo anterior teniendo en cuenta que esté libre de polvo en las superficies y será colocada en una superficie plana rectangular.

Se hará la Medición de concavidad y convexidad.

Tabla 11. *Ensayo de Alabeo Ladrillo Pirámide*

ENSAYO DE ALABEO LADRILLO PIRÁMIDE					
ESPECIMEN	Cara Superior Concavidad (mm)	Cara Superior Convexidad (mm)	Cara Inferior Concavidad (mm)	Cara Inferior Convexidad (mm)	Alabeo Máximo (mm)
PIRAMIDE 1	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 2	0	1	2	0	2
PIRAMIDE 3	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 4	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 5	0	2	1	0	2
PIRAMIDE 6	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 7	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 8	0	1	2	0	2
PIRAMIDE 9	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 10	1	0	0	1	1
PROMEDIO ALABEO (mm)	0	1	1	0	1

SEGÚN LA NTE. 070			
Promedio Final Cóncavo	0.5	Hasta 2 mm máximo	Si cumple
Promedio Final Convexo	0.5	Hasta 2 mm máximo	Si cumple

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°11 se muestra que se analizaron 10 unidades de albañilería a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, donde presento un resultado de cóncavo con 0.5 mm y como resultado convexo de 0.5 mm.

Tabla 12. *Ensayo de Alabeo Ladrillo Roy*

ENSAYO DE ALABEO LADRILLO ROY					
ESPECIMEN	CARA SUPERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA SUPERIOR CONVEXIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONVEXIDAD (mm)	ALABEO MÁXIMO (mm)
ROY 1	0	1	3	0	3
ROY 2	0	2	3	0	3
ROY 3	0	5	5	0	5
ROY 4	0	2	2	0	2
ROY 5	0	2	3	0	3
ROY 6	0	2	3	0	3
ROY 7	0	3	3	0	3
ROY 8	0	2	5	0	5
ROY 9	0	2	4	0	4
ROY 10	0	4	4	0	4
PROMEDIO ALABEO (mm)	0	3	4	0	4

SEGÚN LA NTE.070			
Promedio Final Cóncavo	2	Hasta 2 mm máximo	Si cumple
Promedio Final Convexo	1.5	Hasta 2 mm máximo	Si cumple

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°12 se muestra que se analizaron 10 unidades de albañilería a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, donde presento un resultado de cóncavo con 2 mm y como resultado convexo de 1.5 mm, según la NTE E.070 si clasifica como tipo V.



Figura 12. Resultado obtenido de Alabeo en ladrillo Roy y Pirámide

Fuente: Elaboración propia

ABSORCIÓN

según la NTP 331.017 da un valor para tipo 21 un 20%, para tipo 17 un 25%, para tipo 10 y 14 es sin límites y la NTE. E.070 establece los parámetros para considerar el ladrillo de tipo V por la absorción del ladrillo y da un valor que no sea mayor de 22% ya que con este valor podremos decir que este ladrillo cumple con este requisito y lo podremos clasificar como ladrillo de tipo V.

Tabla 13. *Ensayo de Absorción del Ladrillo Pirámide*

Ensayo de Absorción del Ladrillo Pirámide			
$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} * 100$			
A: Absorción (%)			
P.S: Peso saturado (g)			
P.Seco: Peso seco (g)			
ESPECIMEN	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) 24 horas	ABSORCION (%)
PIRAMIDE 1	2638	2904	10.1
PIRAMIDE 2	2640	2903	10.0
PIRAMIDE 3	2662	2948	10.7
PIRAMIDE 4	2640	2907	10.1
PIRAMIDE 5	2752	3045	10.6
PROMEDIO			10.3

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

La siguiente tabla N°13 nos presentó 5 unidades de albañilería Pirámide, los cuales con los ensayos realizados presento como resultado una absorción de 10.3% según la norma establece hasta un valor de 22% de absorción, este ladrillo Pirámide si cumple con la norma NTE. E.070 clasificándolo como tipo V y la NTP 331.017 lo clasifica como tipo 21.

Tabla 14. *Ensayo de Absorción del Ladrillo Roy*

Ensayo de Absorción del Ladrillo ROY			
$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} * 100$			
A: Absorción (%)			
P.S: Peso saturado (g)			
P.Seco: Peso seco (g)			
ESPECIMEN	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) 24 horas	ABSORCION (%)
PIRAMIDE 1	2798	3166	13.2
PIRAMIDE 2	2764	3169	14.7
PIRAMIDE 3	2792	3189	14.2
PIRAMIDE 4	2778	3180	14.5
PIRAMIDE 5	2682	2965	10.6
PROMEDIO			13.4

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

La siguiente tabla N°14 nos presentó 5 unidades de albañilería ROY, los cuales con los ensayos realizados presento como resultado una absorción de 13.4% y según la norma establece hasta un 22% de absorción este ladrillo Roy si cumple con la norma NTE.070 y la NTP 331.017 lo clasifica como tipo 21.



Figura 13. Cuadro comparativo de Absorción de ladrilleras-normativa

Fuente: Elaboración propia

EFLORESCENCIA

Para este ensayo se utilizó 5 unidades en la cual se remueve con una brocha todo el polvo adherido y que erróneamente puede ser considerado como eflorescente, las unidades se secaron en un horno entre 110°C a 115°C por un lapso de 24 horas, se colocó en agua destilada por 7 días, terminado este periodo se seca por 24 horas y se compara si eflorece.

Tabla 15. *Ensayo de Eflorescencia Ladrillo Pirámide*

Ensayo de Eflorescencia Ladrillo PIRAMIDE	
IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
PIRAMIDE- M1	"NO EFLORESCENTE"
PIRAMIDE- M2	"NO EFLORESCENTE"
PIRAMIDE- M3	"NO EFLORESCENTE"
PIRAMIDE- M4	"NO EFLORESCENTE"
PIRAMIDE- M5	"NO EFLORESCENTE"

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

Tabla 16. *Ensayo de Eflorescencia Ladrillo Pirámide y Roy*

Ensayo de Eflorescencia Ladrillo ROY	
IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
ROY- M1	"NO EFLORESCENTE"
ROY- M2	"NO EFLORESCENTE"
ROY- M3	"NO EFLORESCENTE"
ROY- M4	"NO EFLORESCENTE"
ROY- M5	"NO EFLORESCENTE"

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N° 15 y 16 nos presenta los resultados de eflorescencia de los Ladrillos Pirámide y Roy dando como resultados en ambas muestras como No Eflorescente.

PORCENTAJE DE VACIOS

Es una prueba no clasificatoria para la unidad de albañilería donde la Unidad de

albañilería tendrá un porcentaje de vacíos mayor al 30% y poder clasificarlo como unidad de albañilería hueca.

Tabla 17. *Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo Pirámide*

Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo PIRAMIDE	
IDENTIFICACIÓN	PORCENTAJE DE VACIOS %
PIRAMIDE 1	48.1
PIRAMIDE 2	48.0
PIRAMIDE 3	48.3
PIRAMIDE 4	48.4
PIRAMIDE 5	48.3
PROMEDIO	48.22

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

Tabla 18. *Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo Roy*

Ensayo de Porcentaje de Vacíos Ladrillo ROY	
IDENTIFICACIÓN	PORCENTAJE DE VACIOS %
PIRAMIDE 1	47.4
PIRAMIDE 2	46.9
PIRAMIDE 3	47.0
PIRAMIDE 4	47.1
PIRAMIDE 5	46.6
PROMEDIO	47.6

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°17 y 18 al hacer el ensayo de porcentajes de vacíos dio como resultado un porcentaje de 48.22% para la unidad de albañilería Roy y 47.6% para unidad de albañilería Pirámide clasificándolo según la NTP 331.017 cumple ya que nos indica desde un 25% de porcentaje de vacíos y para la NTE E.070 nos indica un porcentaje de vacíos mayor de 30% en adelante.

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la compresión (Unidad)

La NTP 331.017 nos indica que la resistencia a la compresión define solo la calidad estructural sino también el nivel de resistencia a la intemperie o también cualquier causal de deterioro, por tal motivo la NTP 331.017 y la Norma NTE. E.070 establecen para cada tipo de ladrillo una resistencia para dar la clasificación por tipo de ladrillo.

Tabla 19. *Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Pirámide*

Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Pirámide					
Identificación	Largo (cm)	Ancho (cm)	A (cm ²)	W (KG)	C (kg/cm ²)
PIRAMIDE 1	22.8	12.30	280.4	29536.8	105.3
PIRAMIDE 2	22.8	12.50	285.0	48393.3	169.8
PIRAMIDE 3	22.8	12.40	282.7	39375.2	139.3
PIRAMIDE 4	22.8	12.50	285.0	35685.1	125.2
PIRAMIDE 5	22.8	12.50	285.0	34862.5	122.3
<i>fb prom</i>					132.4

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°19 se observa los valores que se realizó con las unidades de albañilería Pirámide para así poder realizar la resistencia a la compresión según la NTP 331.017 y la NTE. E.070, el resultado de los ensayos de Ladrillo Pirámide es de 132.4 kg/cm² y la resistencia mínima es de 130 kg/cm², este ladrillo cumple con los estándares requeridos según la norma NTP 331.017 como ladrillo de tipo 14 y según la NTE E.070 lo podemos clasificar como Tipo IV.

Tabla 20. *Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Roy*

Ensayo de Resistencia a la Compresión Ladrillo Roy					
Identificación	Largo (cm)	Ancho (cm)	A (cm ²)	W (KG)	C (kg/cm ²)
ROY 1	22.50	12.40	279.0	26240.3	94.1
ROY 2	22.90	12.10	277.1	19560.7	70.6
ROY 3	22.90	12.10	277.1	28390.5	102.5
ROY 4	22.50	12.40	279.0	27896.1	100.0
ROY 5	22.90	12.40	284.0	26365.2	92.8
<i>f</i> _b prom					92.0

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

En la tabla N°20 se observa los valores que se realizó con las unidades de albañilería Roy para así poder realizar la resistencia a la compresión según la NTP 331.017 y la NTE. E.070, se observó en los resultados de ensayo a la resistencia a la compresión de 92 kg/cm², no se cumplió con los estándares requeridos según la norma NTE E.070 lo podemos clasificar como Tipo II que es de 75kg/cm² y según la NTP 331.017 lo podremos clasificar como tipo 10.



Figura 14. Cuadro comparativo de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a Compresión Axial por pilas

La compresión axial por pilas se realiza para ensayar y determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial f_m y su carga máxima.

Se le aplicara una carga axial para poder clasificarlo estructuralmente.

Tabla 21. Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Roy

Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Roy									
$f_m = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$									
DONDE:									
f_m = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm ²)									
P = Carga aplicada en kg									
A = Área del prisma									
h = Altura del prisma									
l = Longitud de la unidad de albañilería									
e = Ancho de la unidad de albañilería									
IDENTIFICACIÓN	h	l	e	ESBELTEZ	A	P	f_m (kg/cm ²)	Factor de corrección	f_m corregido (kg/cm ²)
	(cm)	(cm)	(cm)	h/e	l*e (cm ²)	(kg)			
ROY - 1	29.0	22.8	12.3	2.36	280	22822.8	81.4	0.78	63.5
ROY - 2	29.0	22.7	12.2	2.38	277	24016.4	86.7	0.78	67.6
ROY - 3	29.0	22.8	12.3	2.36	2.79	23962.5	85.9	0.78	67
								PROMEDIO	66.0

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

Tabla 22. Factores de corrección f_m por esbeltez

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

Fuente: Norma E.070

La resistencia axial de pilas de la muestra en la unidad de albañilería ROY es de 66 kg/cm² las cuales llego a lo que indica la norma que es de 65 kg/cm² para poder clasificarlo como un ladrillo Industrial de acuerdo a la norma NTE. E.070 cuyos resultados se observan en la tabla N°21.

Tabla 23. Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Pirámide

Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Pirámide									
$f_m = \frac{P}{A} (kg/cm^2)$									
DONDE:									
f'm = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm ²)									
P = Carga aplicada en kg									
A = Área del prisma									
h = Altura del prisma									
l = Longitud de la unidad de albañilería									
e = Ancho de la unidad de albañilería									
IDENTIFICACIÓN	h (cm)	l (cm)	e (cm)	ESBELTEZ h/e	A l*e (cm ²)	P (kg)	f'm (kg/cm ²)	Factor de corrección	f'm corregido (kg/cm ²)
PIRÁMIDE - 1	29.0	22.8	12.1	2.40	276	34288.7	124.3	0.79	98.2
PIRÁMIDE - 2	29.0	22.9	12.2	2.38	279	40001.2	143.2	0.78	111.7
PIRAMIDE - 3	29.0	22.9	12.1	2.40	2.77	36058.2	130.1	0.78	101.5
PROMEDIO									103.8

Fuente: JJGEOTECNIA SAC

Tabla 24. Factores de corrección f_m por esbeltez

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

Fuente: Norma E. 070

La resistencia de compresión axial por pilas de la muestra de la unidad de albañilería Pirámide es de 103.8 kg/cm² las cuales supero lo que especifica la norma que es de 65 kg/cm² para poder clasificarlo como un ladrillo Industrial de acuerdo a la norma NTE. E.070 cuyos resultados se observan en la tabla N°23.

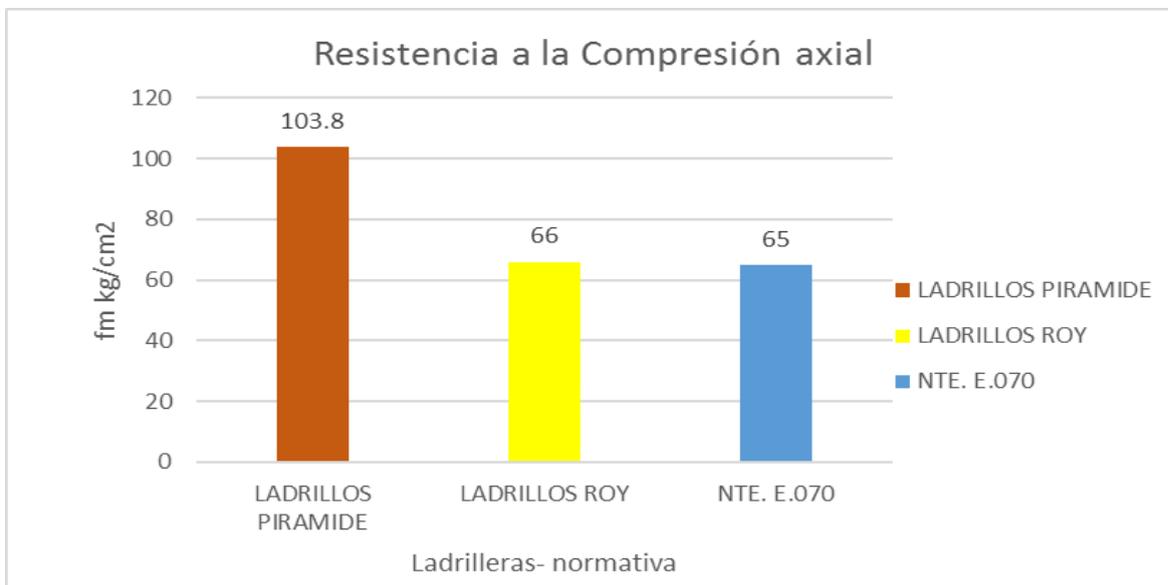


Figura 15. Resistencia a Compresión Axial por pilas

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la clasificación de Tipo de ladrillo según las normas.

Tabla 25. Clasificación de la unidad de albañilería según las normas

NORMAS	NTE E.070	NTP 331.017	NTE E.070	NTP 331.017
PROPIEDADES	Ladrillo Pirámide	Ladrillo Pirámide	Ladrillo Roy	Ladrillo Roy
Variación Dimensional	Tipo V	Tipo 21	Tipo V	Tipo 21
Alabeo	Tipo V		Tipo V	
Absorción	Und de arcilla max 22%	tipo 21: 20%, tipo 17: 25%, tipo 10 y 14: sin limites	Und de arcilla max 22%	tipo 21: 20%, tipo 17: 25%, tipo 10 y 14: sin limites
	10.3	10.3	13.4	13.4
Porcentaje de Vacíos	Clasifica: 48.22%	Clasifica: 48.22%	Clasifica: 47.6%	Clasifica: 47.6%
Resistencia a la compresión (unidad)	Tipo IV	Tipo 14	Tipo II	Tipo 10

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

A continuación, tenemos la discusión de los resultados que se obtuvieron en la investigación, esta información fue comparada y contrastada con el marco teórico presentado por los antecedentes, de igual forma con las normas técnicas establecidas.

Variación Dimensional

En la Tabla N°9 ensayo de Variación Dimensional de ladrillo Pirámide tiene una longitud del 0.74% cumpliendo así con los parámetros establecidos en la NTP 331.017 que indica ± 6 y el NTE. E.070 que nos refiere un valor de ± 1 , así también presenta un ancho 0.48% cumpliendo así con la Norma Técnica Peruana NTP 331.017 que indica ± 5 y en la NTE. E.070 que da un valor de ± 2 , así mismo presenta una altura de 0.66% cumpliendo con la NTP 331.017 que indica que indica ± 3 y la NTE. E.070 que da un valor de ± 3 , clasificándolo como ladrillo de Tipo V según la NTE E.070 y según la NTP 331.017 como tipo 21. En la Tabla N°10 ensayo de variación Dimensional del ladrillo Roy presenta una longitud del 0.56% cumpliendo así con los parámetros establecidos en la NTP 331.017 que indica ± 6 y el NTE. E.070 que nos refiere un valor de ± 1 , así también presenta un ancho 0.66% cumpliendo así con la NTP 331.017 que indica que indica ± 5 y el NTE. E.070 que da un valor de ± 2 , así mismo presenta una altura de -1.66% cumpliendo así con lo establecido en la NTP 331.017 que indica que indica ± 3 y el NTE. E.070 que da un valor de ± 3 así también en la investigación de (**Aliaga**, 2017, pág. 85) en esta investigación que nos da un valor con las medidas del fabricante de la zona en estudio de la ladrillera Santos, en su largo: 0.28%, en su ancho: -0.40% y en su altura: 1.24%, clasificándolo como ladrillo de tipo IV, cumpliendo así con la NTE E.070

Alabeo

Según (**Avalos**, 2019, p. 121) todas las ladrilleras estudiadas llegan en su alabeo que pide la norma que es menor de 2mm para ladrillos de tipo V y 4 mm para ladrillos de Tipo IV, también (**Aliaga**, 2017, p. 84) en su alabeo del ladrillo Santos fue cóncavo: 0.48mm, convexo: 1.27mm, en el ladrillo Vílchez: cóncavo 0.47mm, convexo: 1.27mm, clasificándolo como Tipo V. En esta investigación de las ladrilleras estudiadas según la NTE E.070, de acuerdo a la Tabla N°11, para ladrillo

pirámide presenta una deformación cóncava de 0.5mm y deformación convexa de 0.5mm con estos valores clasifica como ladrillo Tipo V, en la Tabla N°12 para el ladrillo Roy presenta una deformación Cóncava 2 mm y una deformación Convexa de 1.5 mm para un alabeo máximo de 2mm según la norma y lo podemos clasificarlo como ladrillo de tipo V.

Absorción

(Taha, 2020, p. 9) en su investigación nos da una Absorción de agua que varía entre 13.7% y 22,2% como máximo clasificándolo como ladrillo de clase A según iraquí standar specifications N° 24/1988 y 25/1988 y según (Hassan et al, 2020, p. 1732) en su absorción obtuvo 14.56% siendo utilizado como unidad de albañilería según la norma Indian standar (IS 1077-1992); specification for burnt clay buildings bricks. En esta investigación en la Tabla N°13 y N°14 Absorción en ladrillo según la NTP 331.017 Y LA NTE. E070 nos da los Parámetros que hasta un máximo de 22% en unidades de arcilla y Silico-Calcareas, en Absorción para ladrillos de tipo V , se realizó el ensayo de Absorción del ladrillo Pirámide según NTP 331.017 y la NTE .E.70 y en la Tabla N°13 nos indica que se obtuvo un 10.3% de Absorción siendo optimo este resultado ya que esta entre el valor que nos indica la Norma para poder decir que el ladrillo Pirámide es de Tipo V y en la Tabla N°14 Ensayo de Absorción de Ladrillo Roy según la NTP 331.017 y la NTE .E.070 donde nos da una Absorción de 13.4% estando en los parámetros que indica la Norma para poder clasificarlo al Ladrillo Roy como ladrillo de Tipo V y tipo 21 según la NTP 331.017.

Eflorescencia

En la Tabla N°15 y N°16 nos indica los resultados de eflorescencia según la Norma NTP 331.017 y la NTE. E.070 nos dice que en el contexto de la Norma es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles donde si en los resultados Eflorescencia nos da como Eflorescente en todas las muestras, entonces veremos que hay un alto grado de sales, sulfatos y cloruros donde tendríamos que hacer ensayos químicos a la materia prima para ver la cantidad de ppm se encuentran en la muestra, en la Tabla N°15 nuestros resultados de Ensayo de Eflorescencia de Ladrillo pirámide de acuerdo a la ITINTEC 331.017 y la NTE.E.070 en todas sus Ensayos que se realizó salió No Eflorescente así mismo en la Tabla N°16 en Ladrillos Roy de acuerdo a la NTP 331.017 y la NTE.E.070 en

todos sus ensayos salió como No Eflorescente, no habiendo así eflorescencia o un grado permitido en las Unidades de albañilería, cumpliendo ambos ladrillos como Roy y Pirámide como No Eflorescentes, cumpliendo así, como establece la norma, En la investigación de (Taha, 2020, p. 9) la eflorescencia varía de ligera a media eflorescente esto quiere decir que la parte afectada varía entre el 5% y el 25% de eflorescencia en las unidades de albañilería.

Porcentaje de Vacíos

En la Tabla N° 17 y N°18 observamos los ensayos de Porcentaje de Vacíos de las dos marcas de ladrillo en estudio según el NTP 331.017 debe ser mayor de 25% de vacíos y la NTE. E.070 nos indica que el Porcentaje de Vacíos debe ser mayor del 30% para considerarlo como Unidad de albañilería Hueca, en la Tabla N° 17 el ensayo de Porcentaje de vacíos de Ladrillos Pirámide nos dio un resultado de 48.22%, este resultado es el promedio de las 5 unidades en estudio y según la NTP 331.017 y la NTE. E.070 donde nos dice que el área neta equivalente a menos 75% y 70% del área bruta y en la Tabla N°18 en el ensayo de Porcentaje de vacíos de Ladrillo Roy en las 5 unidades de albañilería en estudio y según la NTP 331.017 y la NTE. E.070 donde nos dice que el área neta equivalente a menos 75% y 70% del área bruta, en este ensayo nos dio 47.6% promedio de las 5 Unidades en estudio. Clasificándolo, así como ladrillo de Tipo hueco según (Riveros, 2019, p. 20) en su investigación al hacer los ensayos de porcentaje de vacíos en las unidades de Pirámide, Fortaleza, Lark y Rex, todas las unidades superan el 30% vacíos por tal motivo son consideradas unidades de albañilería hueca.

Resistencia a la compresión axial por unidad

Por otro lado, tenemos los ensayos de Resistencia a la compresión que según la NTE. E.070 y la NTP 331.017 establece ciertos parámetros para poder clasificar al ladrillo por su resistencia características de la albañilería, se tiene en la Tabla N° 19 Ensayo de Resistencia a la Compresión de Ladrillo Pirámide (Unidad) que muestra un resultado de f_b :132.4 kg/cm² cumpliendo con la Norma NTE. E.070 que da un valor mínimo de f_b : 50 kg/cm² y en la NTP 331.017 que nos indica 8 Mpa (81.57 kg/cm²) como mínimo, podemos afirmar que las Unidades de ladrillos Pirámide clasifican como ladrillo de Tipo IV y según la NTP 331.017 como ladrillo de tipo 14, la Tabla N° 20 tenemos el Ensayo de Resistencia a la compresión

Ladrillo Roy (Unidad) cumpliendo con lo establecido en la NTP 331.017 nos da un valor mínimo de 8 Mpa (81.57 kg/cm²) y a NTE. E.070 que da un valor mínimo de f_b : 50 kg /cm² podemos afirmar que las Unidades de los ladrillos Roy con una resistencia a la Compresión de f_b : 90.2 kg/cm² clasifican como ladrillo de Tipo II y según la NTP 331.017 como ladrillo tipo 10, así mismo reafirmado con los resultados de según (Aliaga, 2017. p. 84) la resistencia a la compresión de los ladrillos Santos se obtuvo 63.47kg/cm² y de los ladrillos Vílchez 65.51kg/cm² clasificándose ambos como Tipo I y por (Taha, 2020, p. 2) donde la resistencia a la compresión para unidad de albañilería local es de 29 Mpa o 295.7 kg/cm² clasificándolo como ladrillo de clase A según Iraquí standar specifications N° 24/1988 y 25/1988, así también (Hussein, 2016, p. 59) en los ensayos de albañilería obtuvo una resistencia de 43.17 Mpa o 440.2 kg/cm² adicionando 40% de vidrio residual siendo una unidad de albañilería óptima para ser usada según la Norma ASTM C67, norma usada en Palestina, en esta investigación se obtuvieron resistencia a la compresión mayores por usar vidrio residual aumento su resistencia.

Resistencia a la compresión axial por pilas

Asimismo, podemos observar en la Tabla N°21 y N°23 Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos según la NTP 399.605 Y la NTE. E.070 nos refiere ciertos parámetros para poder las características de la Unidad de Albañilería para un ladrillo de arcilla industrial o artesanal, en el Ensayo de Compresión axial por Pilas de Ladrillo Pirámide y en la Tabla N°23 se obtiene como resultado en resistencia a la Compresión axial un valor de f_m (Resistencia característica a compresión axial) 103.8 kg/cm² y en la Tabla N°21 Ensayos a la resistencia de Compresión axial por pilas de ladrillos Roy según la NTP 339.605 Y la NTE. E.070 nos refiriere ciertos parámetros para poder clasificar la Unidad de Albañilería está obteniendo como resultado en resistencia a la Compresión axial del ladrillo Roy en f_m : 66kg/cm², donde la norma establece como mínimo para ensayo de Compresión axial a pilas de 3.4 Mpa o 35kg/cm² para unidad de albañilería artesanal. En la investigación de (Cabrera, 2018, p. 12) en su investigación obtuvo como resultado en resistencia a compresión axial por pilas el valor de f_m : 48.60 kg/cm² no pudiendo ser utilizado para fines estructurales. Así mismo al hacer los ensayos de compresión axial por pilas observamos que hay fallas por trituración en

la mayoría de las unidades de albañilería Roy caso contrario en las unidades de albañilería de unidades Pirámide que tuvieron en su mayoría una falla ideal, por este motivo podemos deducir que hay muchos factores que han influido en la calidad de la unidad de albañilería ya que al hacer este ladrillo Roy no se aplica un control de calidad.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General: Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo industrial y artesanal King Kong 18 huecos.

Después de haber realizado el trabajo de investigación y de haber determinado las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal Roy y ladrillo industrial Pirámide, donde en los ensayos de las propiedades físicas del ladrillo Pirámide se obtuvieron óptimos resultados para poder clasificarlo como ladrillo tipo V o ladrillo de tipo 21 y en propiedades Mecánicas se obtuvo una resistencia para un ladrillo de tipo IV o tipo 17. y en el ladrillo artesanal Roy en sus ensayos de las propiedades físicas se obtuvo resultados óptimos para clasificarlo como ladrillo tipo V o tipo 21 sin embargo en sus ensayos de Propiedades mecánicas se obtuvo un resultado, solo para poder clasificarlo como ladrillo de Tipo II o tipo 10.

Objetivo específico 1: propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal.

1. La variación dimensional del ladrillo Pirámide donde presenta una longitud de 0.74%, un ancho de 0.48%, y una altura de 0.66% a diferencia del ladrillo Roy que presenta una menor variación de Longitud de 0.56%, un ancho de 0.66% y una altura de -1,66% por lo que el ladrillo Roy se asemeja a los valores en sus dimensiones con el ladrillo Pirámide y podemos clasificar ambas unidades de albañilería de tipo V según la NTE E.070 y tipo 21 según la NTP 331.017.
2. El alabeo cóncavo del ladrillo Pirámide es 0.5mm y el alabeo convexo es 0.5mm a diferencia del ladrillo Roy que presenta un mayor alabeo cóncavo en 2mm y un mayor alabeo convexo que es de 1.5 mm en lo cual no tiene mayor deformación, estos valores están en lo permitido por la Norma y poder clasificarlo como tipo V según la NTE E.070.
3. La absorción del ladrillo Pirámide es de 10.3% a diferencia del ladrillo Roy que es de 13.4% ninguna de ellas ha excedido el porcentaje de absorción que es 22% ambos ladrillos están en los parámetros que la Norma refiere y se clasifica como Tipo V y para ladrillo tipo 21: 20% y tipo 17: 25%.
4. En Porcentaje de vacíos del ladrillo Pirámide tenemos un porcentaje de

vacíos de 48.22% y para Ladrillo Roy tenemos un porcentaje de vacíos de 47.6%, donde la norma indica para ladrillo hueco tiene que ser mayor al 30% y para la NTP 331.017 25% de vacíos, también la ficha técnica de ladrillo pirámide indica un valor de 45% hasta 48%, con estos valores tanto ladrillo Roy como Pirámide, están en los valores de acuerdo a las Normas establecidas.

5. En Eflorescencia el ladrillo Pirámide y el ladrillo Roy en sus ensayos realizados, salieron ambas unidades de albañilería como Unidades de albañilería no eflorescente y este valor obtenido nos indica que estos ladrillos tendrán durabilidad optima y una resistencia aceptable.

Objetivo específico 2: propiedades mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal.

1. La resistencia a la compresión por unidad de ladrillo Pirámide es de 132.4 kg/cm² estando en los parámetros permitidos, a diferencia de la resistencia a la compresión de ladrillo Roy que presenta una menor resistencia a la compresión de 92 kg/cm² comparada al ladrillo Pirámide, por lo que se concluye que solo el ladrillo pirámide clasifica como tipo IV y según la NTP 331.017 como tipo 14 y el ladrillo Roy como tipo II o tipo 10 y según la tabla N°4 Resistencias características lo podemos considerar como King Kong artesanal.
2. La resistencia a la compresión axial por pilas del ladrillo Pirámide es de 103.8 kg/cm² a diferencia de la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo Roy es de 66kg/cm² presenta una menor resistencia comparada al ladrillo Pirámide.

VII. RECOMENDACIONES

Del presente trabajo de investigación se recomienda los siguientes aspectos luego de poder comparar estas dos unidades de albañilería del distrito de Carabayllo, se recomienda mejorar en la elaboración del ladrillo Artesanal Roy.

- Se recomienda al dueño de la ladrillera Roy hacer una mejora en el proceso de fabricación de ladrillos de arcilla artesanal, siguiendo la Norma NTE. E.070 Albañilería y la NTP 331.017, ITINTEC 331.018 y 331.019 para poder obtener un mejor producto, así como también poder tomar en cuenta el estudio realizado para conseguir un ladrillo mucho más mejorado de tal manera que puedan mejorar en sus propiedades.
- Se recomienda al dueño de la fábrica de ladrillos artesanales Roy a formalizar legalmente su ladrillera y tener acceso a nuevos mercados, así estar constante capacitación para lograr un trabajo óptimo.
- Se recomienda respecto a la compresión por unidad y pilas en las unidades de albañilería artesanales de la ladrillera Roy en Carabayllo mejorar esta propiedad y realizar un seguimiento riguroso a todo el proceso de mezclado, ya que la ladrillera Roy en su resistencia a la compresión es de 92 kg/cm² y está por debajo del valor requerido según la normativa y en resistencia a la compresión axial por pilas está en el límite con 66kg/cm², por ello es necesario mejorar la fabricación de las unidades de albañilería Roy, ya que se determinó con esta comparación, que no cumplen con las resistencias mínimas y no se puede usar para fines estructurales.
- Se recomienda poder realizar más investigaciones relacionados a la evaluación de eflorescencia y sus propiedades químicas del ladrillo, de esta

manera poder ver, su influencia en los resultados de los diferentes ensayos.

- Se sugiere poder realizar más estudios a los futuros investigadores concerniente a las ladrilleras artesanales del distrito de Carabayllo, con la finalidad de tener conocimientos de todas las ladrilleras de la zona y así poder registrar estos datos junto con la forma como elaboran estos ladrillos.

REFERENCIAS

- ABANTO, Flavio. Análisis y Diseño de edificaciones de Albañilería. Lima: Ed. San marcos, 2017. 311 pp.
ISBN: 9789972382604
- ALIAGA, Guerson. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de la ciudad de Celendín. Tesis (Ingeniero civil) Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 129pp.
Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1017>
- ARBILDO Brayam y ROJAS Melany Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillo de arcilla (Hércules I) Fabricados en la ciudad de Tacna. Tesis (Ingeniero Civil) Tacna. Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2017. 77pp.
Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/335>
- AVALOS, Danty. Evaluación de las Propiedades físicas y Mecánicas de los ladrillos en la provincia de Ambo- Huánuco 2019. Tesis (Ingeniero Civil) Huánuco. Universidad nacional Hermilio Valdizan, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2019. 134 pp.
Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_33f3344d06fc8f6da9f967592d53f081
- BIANUCCI, Mario. El ladrillo Orígenes y Desarrollo. [en línea] Inc, 2009, [fecha de consulta: 29 de setiembre de 2020]
Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjAsZ7O44_sAhWAELkGHauZC4wQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Farquitectologicofau.files.wordpress.com%2F2012%2F02%2Fel-ladrillo-2009.pdf&usg=AOvVaw3lhu07CyDo4VBPKXEpmWgN
- BARRANZUELA, Joyce. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región de Piura. Tesis (Ingeniero Civil) Piura. Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, 2014. 95pp.

- Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1755>
- BORJA, Manuel. Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros. Chiclayo. [s.n.].2016.
 - BROTO, Carles. Enciclopedia broto de Patologías de la Construcción. Ed. Links Internacional. Barcelona, España. 2006. 1389pp. ISBN: 9788489861954
 - CABRERA Cristopher. Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de 1.5cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) Fabricados en la ciudad de Tacna. Tesis (Ingeniero Civil) Tacna. Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, 2018. 93 pp
Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPTI_c91bddaf5bbed2f4f14335b4ee6685ca
 - CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A. (2020), Construye Seguro
Obtenido de: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/los-ladrillos>
 - CRUZADO, José. Estudio de las propiedades físico - mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: el Frutillo, la Lúcumá, Agomarca, Mayhuan del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil) Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 169 pp.
Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1025>
 - DE ARKITEKTURA. (febrero de 2012). Obtenido de: <http://dearkitectura.blogspot.com/2012/02/fabricacion-de-ladrillos.html>
 - Del Rio, J. (1975) Materiales de Construcción. 4ta ed. Barcelona: Juan Bruger Editor.
 - GALLEGOS, Héctor y CASABONNE, Carlos. Albañilería Estructural. 3ª ed. Fondo editorial pontificia Universidad católica del Perú. Lima. 2005. 444 pp. ISBN: 9972-42-754-4
 - HACHA, Miriam. Variabilidad de las propiedades físicas y Mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos fabricados en Huachipa. Tesis (Ingeniero Civil)

Lima. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 292 pp.

Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/3142>

- HASSAN Yahaya, MUHAMMAD Nuuruddeen, ALHASSAN Auwal y GARBA lasmar, 2020. Comparative performance analysis of fire clay bricks and Quarry dust sandcrete bricks. IRJET. International Research Journal of Eengineering and technology [en línea]. Nigeria.
ISSN: 2395-0056
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6^{ta}ed. México: Mc Graw- Hill- Interamericana editores, 2014, 634pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- HUSSEIN, Hisham. خصائص الطوب الطيني المشتعل الممزوج بنفايات الزجاج
Properties of Fired Clay Bricks Mixed with Waste Glass thesis (Master of Science in Civil Engineering) Gaza. The Islamic University, Faculty of Engineering, 2016. 92pp.
- LADRILLO PIRAMIDE. Ficha técnica ladrillo King Kong 18 huecos. [en línea] [citado el 04 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.ladrillospiramide.com/producto/ladrillo-king-kong-18/>
- LARA, Guillermo y LEON, Juan. Ladrillos prohibidos por norma sísmica están en 9 de cada 10 viviendas informales. [en línea]. El comercio. 8 de octubre de 2017. [fecha de consulta: 29 de setiembre de 2020].
Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/ladrillos-prohibidos-norma-sismica-9-10-viviendas-informales-noticia-464021-noticia/?ref=ecr>
- MELLA, Stappung. Estudio, caracterización y evaluación de puzolanas locales en la masa cerámica del ladrillo. Tesis (Licenciado en ciencias de la construcción). Concepción. Universidad de Bio Bio. 2004. 174 pp.
Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2399>
- Norma técnica peruana 331.017. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, lima, Perú, diciembre de 2015.
- Norma Itintec 331.017. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, lima, Perú, octubre de 1978.

- Norma Técnica Peruana E.0.70. Albañilería. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo de 2016.
- Norma Itintec 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, Lima, Perú, octubre de 1978.
- Norma Itintec 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, Lima, Perú, octubre de 1982.
- Norma Técnica Peruana 399.613. Unidades de Albañilería, métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería”. INDECOPI-CRT, Lima, Perú, 13 de Julio de 2005.
- Norma Técnica Peruana 399.605. “Unidades de Albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión en prismas de albañilería. Lima, Perú, 2013.
- ONU. “Establecimiento de industrias y ladrillos y tejas en los países en desarrollo” New York: Naciones Unidas, 1970.
- PALACIOS Frank. Estudio comparativo de las propiedades Físico- mecánica del ladrillo artesanal de las ciudades de Sullana-Paita-Piura-Morropon. Tesis (Ingeniero Civil) Piura. Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 135 pp.
Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1792>
- PALIZ, Daniela. Factibilidad del uso de raquis de palma africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos. Tesis (Ingeniera en Biotecnología Ambiental) Riobamba. Escuela Superior Técnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, 2014. 81pp.

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4066>
- PATIÑO, L. Patología del ladrillo en fachadas causada por agente atmosféricos. Tesis (Magister en construcción) Bogotá - Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad Artes, 2012.
- PEREZ, Juan. Mejorar la calidad de ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo. Tesis (Ingeniero Civil) Catamayo. Universidad Técnica Particular de Loja, Área Técnica, 2016. 221pp.
Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14779>

- POQUIOMA, Juan. Propuesta de mejora de la norma de adobe peruana. Tesis (Ingeniero Agrícola) Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina, Ciclo optativo de especialización y profesionalización en gestión de calidad total y productividad, 2016.179pp.
Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2235>
- RIVEROS, Noemí. Estudio de las Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017. Tesis (Ingeniero Civil) Huancayo. Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, 2019. 172pp.
Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5554>
- Rhodes, D. (1990) Arcilla vidriado para el ceramista. España: Ediciones CEAC.
ISBN: 9788432985577
- SAN BARTOLOMÉ, A., QUIUN, D., & Silva, W. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. 2ª. ed. Perú - Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018, 344pp.
ISBN:9786123173661
- SHRESTHA, Shova. A case study of brick properties manufacture in bhaktapur. Journal of science and engineering, (7): 27-33, 2019.
ISSN: 2091-1745
Disponible en: <https://www.nepjol.info/index.php/jsce/article/view/26786>
- SOMAYALI, Shan. Civil Engineering Materials. (2ª). New Jersey: Ed Pearson Education, 2000, 496pp.
ISBN:0130839060
- SOTO, Gabriela y SANCHEZ, Laura. Estudio comparativo de la Resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo Rafón producido en Quimistan, Chamelecón y Florida. Honduras. Innovare ciencia y tecnología, (1): 97-116, 2017.
Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319419891_Estudio_Comparativo

_de_la_Resistencia_a_la_Compresion_Absorcion_y_Dimensionamiento_d
el_Ladrillo_Rafon_Producido_en_Quimistan_Chamelecon_y_Florida_Hond
uras

- SUQUILANDA, Florita. Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según Reglamento E-070 de Albañilería – 2018. Lima. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 118pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41558>
- TAHA, Sana, 2020. A Comparative Study of the Physical Properties of Perforated Clay Bricks Available in the Iraqi Local Market. IOP Conference series, Material science and engineering [en línea]. Irak: IOP publishing. 10 pp. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1067/1/012041>
- VASQUEZ, Pablo. Efecto de la esbeltez en la compresión axial en pilas de albañilería, Trujillo, la Libertad, 2018. (Ingeniero Civil) Trujillo. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 106pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34720>

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Título: "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo - 2021"

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente (X)	Ladrillo industrial es fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa, se caracteriza por su uniformidad. (Barranzuela, 2014. p. 18)	Se realizará de manera visual y se describirá en una ficha si cumple con la NTP 331.017. ITINTEC 331.018, 331.019 y la NTE. E.070.	Ladrillo Industrial	Clasificación del ladrillo Industrial	Nominal
Ladrillo 18 huecos Industrial y artesanal	Se denomina ladrillo artesanal cuando está elaborado con procesos manuales y se caracteriza por sus variaciones en sus longitudes. (Suquilanda, 2019. p. 09)	Se realizará de manera visual y se describirá en una ficha si cumple con la NTP 331.017. ITINTEC 331.018, 331.019 y la NTE. E.070.	Ladrillo Artesanal	Clasificación del ladrillo Artesanal	Nominal
Variable dependiente (Y)	Propiedades Físicas: son aquellas características que se pueden medir para poder influir en los resultados de posibles tratamientos. (Guemes y Martin, 2012, p.32)	Se determinaron las propiedades físicas de los ladrillos industriales y artesanales realizando ensayo de variación dimensional, absorción, alabeo, porcentaje de vacíos, eflorescencia de acuerdo a la Norma NTP 399.613.	Propiedades Físicas	Variación dimensional Absorción Eflorescencia Porcentaje de vacíos Alabeo	Razón
Propiedades físicas y mecánicas	Propiedades Mecánicas: respuestas del mismo material a las cargas externas. (Manlouck y Zanieswski, 2009, p. 03)	Se determinaron las propiedades físicas de los ladrillos industriales y artesanales realizando ensayo de variación dimensional, absorción, alabeo, porcentaje de vacíos, eflorescencia de acuerdo a la Norma NTP 399.613 y 399.605	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión	Razón

Fuente: elaboración propia

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo - 2021"

Autor: Roman Roman, Isaac David

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable Independiente (X) Ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal	Ladrillo Industrial	Clasificación del Ladrillo Industrial	NTP 331.017 , ITINTEC 331.018, ITINTEC 331.019 NTE. E. 070
¿Cuál es el resultado de la comparación de las propiedades física y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo- 2021?	Comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos industriales y artesanal, Carabayllo-2021	Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial son 50% mejor que el ladrillo King Kong 18 huecos artesanal, Carabayllo-2021				
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:		Ladrillo Artesanal	Clasificación del Ladrillo Artesanal	
¿Cuáles son las propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021?	Determinar las propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal: alabeo, absorción, variación dimensional, porcentaje de vacíos, eflorescencia, Carabayllo -2021	Existe diferencia entre las propiedades físicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021	Variable Dependiente (Y) Propiedades Físicas y mecánicas	Propiedades Físicas	Alabeo Absorción Porcentaje de vacíos Eflorescencia Variación dimensional	NTP 399.613
¿Cuál es la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong 18 huecos artesanal: resistencia a la compresión, Carabayllo 2021	Existe diferencia entre la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo 2021		Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión (por unidad y pilas)	NTP 399.613 NTP 399.605

Fuente: elaboración propia

ANEXO 3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Certificado de calibración de Prensa de Concreto



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-1597-2020

PROFORMA : 2543A

Fecha de emisión : 2020 - 07 - 30

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO
Marca : FORNEY
Marca del indicador : ELE Internacional
Modelo del indicador : ADR TOUCH
N° Serie del indicador : 1887-1-00074
Intervalo de indicación : 120000 kgf
Resolución : 0,1 kgf
Procedencia : United States
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2020 - 07 - 28

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,5°C	20,5°C
HUMEDAD RELATIVA	62,0%	65,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este Instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



Certificado : TC-1597-2020
Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión Clase de Exactitud 0,005 DM-INACAL	Manómetro de 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-040-2020

RESULTADOS							
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		INDICACION PROMEDIO DEL PATRON		ERROR		INCERTIDUMBRE	
(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf
0,0	0,0	0	0,0	0,00	0,0	0,01	7,32
0,1	120,0	0,1	126,2	-0,01	-6,2	0,01	7,58
0,2	232,4	0,2	239,8	-0,01	-7,4	0,01	8,20
0,9	1022,9	0,9	1037,6	-0,01	-14,7	0,01	8,98
11,6	13880,6	11,6	13892,5	-0,01	-11,9	0,01	9,78
23,3	28000,6	23,3	28019,2	-0,02	-18,6	0,01	10,56
41,7	50007,2	41,7	50027,5	-0,02	-20,3	0,01	12,65
62,5	75005,0	62,5	75027,8	-0,02	-22,8	0,01	15,89
75,0	90010,0	75,0	90033,8	-0,02	-23,8	0,02	18,78
81,7	98000,1	81,7	98035,2	-0,03	-35,1	0,02	20,25

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar - error

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión Clase de Exactitud 0,005 DM-INACAL	Manómetro de 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-040-2020

RESULTADOS							
INDICACIÓN DEL EQUIPO BAJO CALIBRACIÓN		INDICACION PROMEDIO DEL PATRON		ERROR		INCERTIDUMBRE	
(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf	(%)	kgf
0,0	0,0	0	0,0	0,00	0,0	0,01	7,32
0,1	120,0	0,1	126,2	-0,01	-6,2	0,01	7,58
0,2	232,4	0,2	239,8	-0,01	-7,4	0,01	8,20
0,9	1022,9	0,9	1037,6	-0,01	-14,7	0,01	8,98
11,6	13880,6	11,6	13892,5	-0,01	-11,9	0,01	9,78
23,3	28000,6	23,3	28019,2	-0,02	-18,6	0,01	10,56
41,7	50007,2	41,7	50027,5	-0,02	-20,3	0,01	12,65
62,5	75005,0	62,5	75027,8	-0,02	-22,8	0,01	15,89
75,0	90010,0	75,0	90033,8	-0,02	-23,8	0,02	18,78
81,7	98000,1	81,7	98035,2	-0,03	-35,1	0,02	20,25

Valor Convencionalmente Verdadero = Indicación del Equipo a calibrar - error

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal. La Madrid Nro. 264 Asoc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY
Modelo : YCO-010
N° de Serie : 510847
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMOMETRO DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 016 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0318

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condessa de Lemus N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo:

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUOGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Código N° : 230-2019-INACALDA
Centro N° : Abando al Centro de Acreditación R56416-INACALDA
Registro N° : 5C936

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez en su correspondiente Alcance de Acreditación y validez de calibración de los que se detallan en el alcance de la acreditación otorgada. Asimismo, el usuario y signatario debe consultarse en la página web www.inacal.gob.pe/informacion/informacion el momento de emitir un presente certificado.
La Dirección de Acreditación del INACAL es miembro del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de los Alcances de Acreditación Organismos (OAC) y de los Alcances de Acreditación Organismos (OAC) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la Organización Latinoamericana de Acreditación (OLAC).

23-acr-OSP-2019-05

ANEXO 4. Factura de ensayos y boletas de venta

Factura electrónica de Ensayos de Laboratorio en JJGEOTECNIA S.A.C

20/4/2021

::: Factura Electronica - Impresion :::

<p>JJ GEOTECNIA S.A.C. CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>FACTURA ELECTRONICA RUC: 20605049568 E001-129</p> </div>																						
<p>Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 20/04/2021 Señor(es) : ROMAN ROMAN ISAAC DAVID RUC : 10405876502 Dirección del Cliente : ASC. LOS CEDROS MZA. F LOTE. 26 LIMA-LIMA-CARABAYLLO Tipo de Moneda : SOLES Observación : DETRACCION 12% BANCO DE LA NACION: 00-026-050839</p>																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Cantidad</th> <th style="text-align: left;">Unidad Medida</th> <th style="text-align: left;">Descripción</th> <th style="text-align: right;">Valor Unitario</th> <th style="text-align: right;">ICBPER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td style="text-align: center;">UNIDAD</td> <td>ENSAYOS EN LABORATORIO DE ALBANILERIA - TESIS</td> <td style="text-align: right;">2010.00</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> </tbody> </table>		Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER	1.00	UNIDAD	ENSAYOS EN LABORATORIO DE ALBANILERIA - TESIS	2010.00	0.00												
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER																			
1.00	UNIDAD	ENSAYOS EN LABORATORIO DE ALBANILERIA - TESIS	2010.00	0.00																			
<p>Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : S/ 0.00</p> <p>SON: DOS MIL TRESCIENTOS SETENTA Y UNO Y 80/100 SOLES</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sub Total Ventas :</td><td style="text-align: right;">S/ 2,010.00</td></tr> <tr><td>Anticipos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Descuentos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Valor Venta :</td><td style="text-align: right;">S/ 2,010.00</td></tr> <tr><td>ISC :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>IGV :</td><td style="text-align: right;">S/ 361.80</td></tr> <tr><td>ICBPER :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Cargos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Tributos :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Monto de redondeo :</td><td style="text-align: right;">S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Importe Total :</td><td style="text-align: right;">S/ 2,371.80</td></tr> </table>	Sub Total Ventas :	S/ 2,010.00	Anticipos :	S/ 0.00	Descuentos :	S/ 0.00	Valor Venta :	S/ 2,010.00	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 361.80	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Monto de redondeo :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 2,371.80
Sub Total Ventas :	S/ 2,010.00																						
Anticipos :	S/ 0.00																						
Descuentos :	S/ 0.00																						
Valor Venta :	S/ 2,010.00																						
ISC :	S/ 0.00																						
IGV :	S/ 361.80																						
ICBPER :	S/ 0.00																						
Otros Cargos :	S/ 0.00																						
Otros Tributos :	S/ 0.00																						
Monto de redondeo :	S/ 0.00																						
Importe Total :	S/ 2,371.80																						
<p>Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.</p>																							

Boleta de venta de ladrillo King Kong 18 Huecos Roy



FERRETERIA "FORTALEZA"

De: Luján Maira Jacinto Pablo

Venta de todo tipo de Artículos de Ferrería
Materiales de Construcción en General

Mza. E Lote. 23 A.V. Las Palmeras De La Molina
Carabaylla - Lima - Lima

Cel.: 963 529 663 // 994 573 619

R.U.C. 10065609865

BOLETA DE VENTA

001- Nº 502909

DÍA	MES	AÑO
22	08	21

Señor(es): Roman D.N.I. _____

Dirección: _____

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
50	Lad. 18 H.		450.-
Total			450.-

DE: ALUMINIO PACIFICU WRYVM ELIZABETH
 RUC 10412851842
 Serie 0001 del 02501 al 02590
 Ag. N° 1611238021. F.A. 11-10-2019
 IMPRENTA-968555349

*Gracias por su
Preferencia*

TOTAL S/

USUARIO

Boleta de venta de ladrillo King Kong 18 Huecos Pirámide

MAESTRO

TIEMPOS DEL MEJORAMIENTO DEL HOGAR S.A.
Av. Angamos Este Nro 1805 Int. 2.
(Oficina 2) LIMA LINA SURQUILLO
20112273922
ESTABLECIMIENTO ANEXO: 0049
S/N: 00000000000000
BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
8398 - 00028944

LOCAL : 00063
FECHA EMISION : 18/03/2021
HORA : 10:50:49
CAJA : 0007
CAJERO : 113 ZAYURE ENC

397997 LADRILLO KK H18			
50	CU	1.14	0.97
			57.00

SUBTOTAL S/ 57.00
Numero de Items = 1
OP. GRAVADA S/ 48.31
IGV 18.00% S/ 8.69
Total del valor venta S/ 48.31
Monto Total Tributos S/ 8.69
IMPORTE TOTAL S/ 57.00

FF S/ 100.00
Vuelto en Soles 43.00

Tarj. Fidelizacion: 40587650



Autorizado mediante la resolución Nro.
0180050001074/SUNAT
Representación impresa de la boleta de
venta electrónica, esta puede ser
consultada en www.maestro.com.pe
#18072



Todo cambio o devolución de producto,
accesorios, paquetes y manuales
originales deben estar en buen estado y
sin señales de uso. Presentar ticket or
iginal y documento de identidad

ANEXO 5. Fichas técnicas

Ficha Técnica de Ladrillo Pirámide



FICHA TECNICA

Actualizado el 01 de enero del 2021

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO					
		LADRILLO KING KONG 18 HUECOS			
USO:		<i>Ladrillo para muros portantes.</i>			
MATERIAS PRIMAS: <i>Mezcla de arcillas.</i>		Unidad	Especificación de Producto	Requisitos Normados: NTP 399.613 NTP 331.017 RNE. E. 070.	
PROPIEDADES FÍSICAS:					
PESO: Mínimo - Máximo		Kg	2.610 - 2.800	-	
DIMENSIONES	Largo	cm	23.0	± 5mm	23.5 Máx. 22.5 Mín.
	Ancho	cm	12.5	± 4mm	12.9 Máx. 12.1 Mín.
	Alto	cm	9.0	± 3mm	9.3 Máx. 8.7 Mín.
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 22.0	Máx. 22.0	
ÁREA DE VACÍOS		%	45.0 - 48.0	-	
ALABEO		mm	< 4.0	Máx. 4.0	
DENSIDAD		g/cm ³	1.90 - 2.00	-	
EFLORESCENCIA		-	No presenta	No presenta	
CLASE		-	Tipo IV	Tipo IV	
RENDIMIENTO	Mortero 10 mm	Und/m ²	Soga / Cabeza	42	74
	Mortero 15 mm		Soga / Cabeza	39	68
PROPIEDADES MECÁNICAS:					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		Kg/cm ²	> 130.0	Mín. 130.0	

Nota:

Ladrillo fabricado para ser usado en muros portantes de moderada resistencia a la compresión, de uso en la construcción con recubrimiento (tarrajeo) tanto en interiores como en exteriores de la edificación.


CERAMICOS PERUANOS S.A.
ING. JHONNY PÉREZ R.
PCP

Ficha Técnica realizada con los Resultados obtenidos

FICHA TÉCNICA					
 <p>Ladrillo ROY</p>		LADRILLO KK 18 HUECOS			
		USO: LADRILLO PARA CERCOS, TABIQUES			
MATERIAS PRIMAS: Arcilla y Tierra		unidad	especificaciones del Producto	Requisitos Normales: NTP.399.613, NTP 331.017, NTE. E.070	
PROPIEDADES FÍSICAS					
PESO:		Kg	2.638- 2.784		
DIMENSIONES	Largo	cm	23	2%	22.9 min 23 máx.
	Ancho	cm	12.5	2%	12.1 min 12.5 máx.
	Alto	cm	9	3%	9 min 9.5 máx.
ABSORCIÓN		%	< 20	Max 22 %	
AREA DE VACÍOS		%		48.6	
ALABEO		mm	< 4	máx. 4	
EFLORESCENCIA			No presenta	No presenta	
PROPIEDADES MECÁNICAS					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		Kg/cm ²	< 90	>90	

ANEXO 6. Resultados de ensayos de Laboratorio



Cel: 980703014 / 947280585
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	FECHA DE ENSAYO: 25/03/2021

TIPO: LADRILLO PIRÁMIDE 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
PIRAMIDE 1	22.80	12.30	280.4	29536.8	105.3
PIRAMIDE 2	22.80	12.50	285.0	48393.1	169.8
PIRAMIDE 3	22.80	12.40	282.7	39375.2	139.3
PIRAMIDE 4	22.80	12.50	285.0	35685.1	125.2
PIRAMIDE 5	22.80	12.50	285.0	34862.5	122.3
Promedio:					132.4

CÁLCULO:

$$C = \frac{W}{A}$$

DONDE:

C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm².

W = Máxima carga en kg-f, indicada por la máquina de ensayo.

A = Promedio del área bruta en cm².

Elaborado por:  JJEOTECNIA S.A.C. ENSAYOS DE MATERIALES	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  ELMER MORENO RUAMAN INGENIERO CIVIL REG. OIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	---

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	FECHA DE ENSAYO: 26/03/2021

TIPO: ARTESANAL ROY 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	A (cm ²)	W (kg)	C (kg/cm ²)
ROY 1	22.50	12.40	279.0	26240.3	94.1
ROY 2	22.90	12.10	277.1	19560.7	70.6
ROY 3	22.90	12.10	277.1	28390.5	102.5
ROY 4	22.50	12.40	279.0	27896.1	100.0
ROY 5	22.90	12.40	284.0	26365.2	92.8
Promedio:					92.0

CÁLCULO:

$$C = \frac{W}{A}$$

DONDE:

C = Resistencia compresión del espécimen, kg/cm².

W = Máxima carga en kg-f, indicada por la máquina de ensayo.

A = Promedio del área bruta en cm².

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p>ELMER MOBERO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906</p>	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE
MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.605 / E.070

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Román Román, Isaac David
TESIS : "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo - 2021"
UBICACIÓN : Distrito de Carabayllo. Fecha de ensayo: 19/04/2021

PROCEDENCIA:	LADRILLERA ROY
TIPO:	KING KONG 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	h (cm)	l (cm)	e (cm)	ESBELTEZ h/e	A Pa (cm ²)	P kgf	F _m (kgf/cm ²)	Factor de corrección	F _m corregida (kgf/cm ²)
ROY-1	29.0	22.8	12.3	2.36	280	22822.8	81.4	0.78	63.5
ROY-2	29.0	22.7	12.2	2.38	277	24016.4	85.7	0.78	67.6
ROY-3	29.0	22.8	12.3	2.38	279	23962.5	85.9	0.8	67.0
PROMEDIO									66.0

CÁLCULO:

$$f^*_{m} = \frac{P}{A} \text{ (Kg / cm}^2\text{)}$$

DONDE:

- f_m = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)
- P = Carga aplicada en kg
- A = Área del prisma
- h = Altura del prisma
- l = Longitud de la unidad de albañilería
- e = Ancho de la unidad de albañilería

NOTA ILUSTRATIVA: 1B=4.48N

1 Pa = 1 N/m²

1 Kg/cm² = 98 066 kPa

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

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.
- * Prueba realizada a los 28 días.
- * Número de unidades que conforman cada prisma: 03 unidades.

Elaborado por: 	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por:  INTEGRAL DE CALIDAD
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.605 / E.070

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Román Román, Isaac David
TESIS	: "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo - 2021"
UBICACIÓN	: Distrito de Carabayllo. Fecha de ensayo: 19/04/2021

PROCEDENCIA:	LADRILLERA PIRÁMDE
TIPO:	KING KONG 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	h (mm)	l (mm)	e (mm)	ESBELTEZ Ne	A Fe (cm ²)	P (kg)	f _m (kg/cm ²)	Factor de corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
PRÁMDE - 1	29.0	22.8	12.1	2.40	276	34288.7	124.3	0.79	98.2
PRÁMDE - 2	29.0	22.9	12.2	2.36	279	40001.2	143.2	0.78	111.7
PRÁMDE - 3	29.0	22.9	12.1	2.40	277	36058.2	130.1	0.8	101.5
PROMEDIO									103.8

CÁLCULO:

$$f'_m = \frac{P}{A} \text{ (Kg / cm}^2\text{)}$$

DONDE:

f_m = Resistencia a la compresión de cada prisma (kg/cm²)

P = Carga aplicada en kg

A = Área del prisma

h = Altura del prisma

l = Longitud de la unidad de albañilería

e = Ancho de la unidad de albañilería

NOTA ILUSTRATIVA: 1 h = 4.460 N

1 Pa = 1 Nm²

1 Kg/cm² = 98.066 kPa

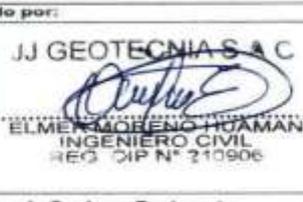
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

* Prueba realizada a los 28 días.

* Número de unidades que conforman cada prisma : 03 unidades.

Elaborado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. LABORATORIO DE MATERIALES JEFE DE LABORATORIO	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MOHENÓ HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. OIP N° 210906 INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	25/03/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTES	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID
TESIS	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021
UBICACIÓN	: LIMA Fecha de ensayo: 27/03/2021

TIPO : PIRAMIDE 18 HUECOS

ESPÉCIMEN	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) 24 hrs	ABSORCIÓN (%)
PIRAMIDE 1	2638	2904	10.1
PIRAMIDE 2	2640	2903	10.0
PIRAMIDE 3	2662	2948	10.7
PIRAMIDE 4	2640	2907	10.1
PIRAMIDE 5	2752	3045	10.6
PROMEDIO			10.3

OBSERVACIONES:

- Muestras identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  "ELMER MORENO HUAMAN" INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	25/03/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTES	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS	: COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	Fecha de ensayo: 27/03/2021
TIPO	: PIRAMIDE 18 HUECOS	

ESPÉCIMEN	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g) 24 hrs	ABSORCIÓN (%)
ROY 1	2798	3166	13.2
ROY 2	2764	3169	14.7
ROY 3	2792	3189	14.2
ROY 4	2778	3180	14.5
ROY 5	2682	2965	10.6
		PROMEDIO	13.4

OBSERVACIONES:

- Muestras identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: <p>JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p>ELMER MOLSENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. OIP N° 210906</p>	Aprobado por: <p>JJ GEOTECNIA S.A.C</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p>
--	---	--

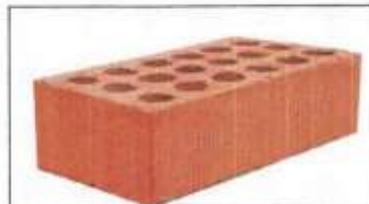
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PORCENTAJE DE VACIOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA	Código	FOR-LTC-AL-056
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613: 2017

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Román Román, Isaac David
TESIS	: "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabaylo - 2021"
UBICACIÓN	: Distrito de Carabaylo.
	Fecha de ensayo: 19/04/2021

PROCEDENCIA:	LADRILLERA PIRÁMIDE
TIPO:	KING KONG 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	PORCENTAJE DE VACIOS %
PIRÁMIDE-1	48.1
PIRÁMIDE-2	48.0
PIRÁMIDE-3	48.3
PIRÁMIDE-4	48.4
PIRÁMIDE-5	48.3



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  "ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906"	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

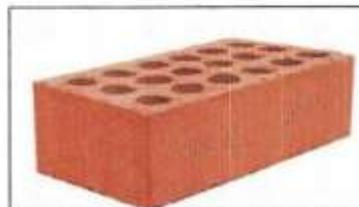
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PORCENTAJE DE VACIOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA	Código	FOR-LTC-AL-056
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.813: 2017

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Román Román, Isaac David
TESIS	: "Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo - 2021"
UBICACIÓN	: Distrito de Carabayllo. Fecha de ensayo: 19/04/2021

PROCEDENCIA:	LADRILLERA ROY
TIPO:	KING KONG 18 HUECOS

IDENTIFICACIÓN	PORCENTAJE DE VACIOS %
ROY-1	47.4
ROY-2	48.8
ROY-3	47.0
ROY-4	47.1
ROY-5	46.8



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  JJEOTECNIA S.A.C. INSTITUTO DE MATERIALES	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER LORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO EFLORESCENCIA	Código	FOR-LAB-CO-012
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/04/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613 / NTP 399.604

REFERENCIA	Datos de laboratorio	
SOLICITANTES	ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
PROYECTO	COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	LIMA	Fecha de emisión: 28/04/2021

LADRILLERA : PIRÁMIDE

IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
PIRÁMIDE - M-1	"NO EFLORESCENTE"
PIRÁMIDE - M-2	"NO EFLORESCENTE"
PIRÁMIDE - M-3	"NO EFLORESCENTE"
PIRÁMIDE - M-4	"NO EFLORESCENTE"
PIRÁMIDE - M-5	"NO EFLORESCENTE"

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p>ELMER MOSES HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906</p>	<p>JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO EFLORESCENCIA	Código	FOR-LAB-CO-012
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	1/04/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613 / NTP 399.604

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTES	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
PROYECTO	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	Fecha de emisión: 27/04/2021

LADRILLERA : ARTESANAL ROY

IDENTIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN
ROY - M-1	"NO EFLORESCENTE"
ROY - M-2	"NO EFLORESCENTE"
ROY - M-3	"NO EFLORESCENTE"
ROY - M-4	"NO EFLORESCENTE"
ROY - M-5	"NO EFLORESCENTE"

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	JJ GEOTECNIA S A C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. OIP N° 210906	JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ALABEO	Código	FOR-LAB-CO-010
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	15/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de emisión: 25/03/2020
SOLICITANTE	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	

TIPO : LADRILLO PIRAMIDE 18 HUECOS

ESPECIMEN	CARA SUPERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA SUPERIOR CONVEXIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONVEXIDAD (mm)	ALABEO MÁXIMO (mm)
PIRAMIDE 1	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 2	0	1	2	0	2
PIRAMIDE 3	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 4	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 5	0	2	1	0	2
PIRAMIDE 6	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 7	1	0	0	1	1
PIRAMIDE 8	0	1	2	0	2
PIRAMIDE 9	0	1	1	0	1
PIRAMIDE 10	1	0	0	1	1
PROMEDIO ALABEO (mm)	0	1	1	0	1

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ALABEO	Código	FOR-LAB-CO-010
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	18/03/2020

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de emisión: 25/03/2021
SOLICITANTE	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS	: COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN	: LIMA	

TIPO : LADRILLO ARTESANAL ROY 18 HUECOS

ESPECIMEN	CARA SUPERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA SUPERIOR CONVEXIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONCAVIDAD (mm)	CARA INFERIOR CONVEXIDAD (mm)	ALABEO MÁXIMO (mm)
ROY 1	0	1	3	0	3
ROY 2	0	2	3	0	3
ROY 3	0	5	5	0	5
ROY 4	0	2	2	0	2
ROY 5	0	2	3	0	3
ROY 6	0	2	3	0	3
ROY 7	0	3	3	0	3
ROY 8	0	2	5	0	5
ROY 9	0	2	4	0	4
ROY 10	0	4	4	0	4
PROMEDIO ALABEO (mm)	0	3	4	0	4

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p>ELMER MOBERO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906</p>	<p>JJ GEOTECNIA S.A.C.</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL (VD)	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	25/03/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.013

REFERENCIA : Datos de laboratorio	Fecha de emisión: 25/03/2021
SOLICITANTES : ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID	
TESIS : COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021	
UBICACIÓN : LIMA	

DIMENSIONES ESPECÍFICAS:

TIPO: LADRILLO PIRAMIDE 18 HUECOS

LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
23	12.5	9

ESPECÍMEN	LARGO (cm)	%VD	ANCHO (cm)	%VD	ALTO (cm)	%VD
PIRAMIDE 1	22.8	0.87	12.30	1.60	8.9	1.11
PIRAMIDE 2	22.8	0.87	12.40	0.80	8.9	1.11
PIRAMIDE 3	22.8	0.87	12.50	0.00	9	0.00
PIRAMIDE 4	22.8	0.87	12.40	0.80	9	0.00
PIRAMIDE 5	22.8	0.87	12.50	0.00	8.9	1.11
PATRÓN-6	22.8	0.87	12.40	0.80	9	0.00
PATRÓN-7	22.9	0.43	12.45	0.40	8.9	1.11
PATRÓN-8	22.8	0.87	12.50	0.00	8.9	1.11
PATRÓN-9	22.9	0.43	12.45	0.40	9	0.00
PATRÓN-10	22.9	0.43	12.50	0.00	8.9	1.11

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p style="text-align: center;">ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906</p>	<p>Aprobado por:</p> <p style="text-align: center;">JJ GEOTECNIA S A C</p>  <p style="text-align: center;">CONTROL DE CALIDAD</p>
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL (VD)	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	25/03/2021

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	Fecha de emisión:	25/03/2021
SOLICITANTES	: ROMAN ROMAN, ISAAC DAVID		
TESIS	: COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL LADRILLO KING KONG 18 HUECOS INDUSTRIAL Y ARTESANAL, CARABAYLLO-2021		
UBICACIÓN	: LIMA		

DIMENSIONES ESPECÍFICAS:

TIPO: ARTESANAL ROY

LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
23	12.5	9

ESPECÍMEN	LARGO (cm)	%VD	ANCHO (cm)	%VD	ALTO (cm)	%VD
ROY 1	22.9	0.43	12.40	0.80	9	0.00
ROY 2	22.9	0.43	12.10	3.20	9.2	-2.22
ROY 3	22.9	0.43	12.50	0.00	9.2	-2.22
ROY 4	22.9	0.43	12.40	0.80	9.5	-5.56
ROY 5	22.5	2.17	12.40	0.80	9.2	-2.22
ROY 6	22.9	0.43	12.50	0.00	9.1	-1.11
ROY 7	22.9	0.43	12.50	0.00	9.2	-2.22
ROY 8	23	0.00	12.45	0.40	9	0.00
ROY 9	22.9	0.43	12.50	0.00	9	0.00
ROY 10	22.9	0.43	12.43	0.56	9.1	-1.11

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. OIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
--	--	--

NORMA E.070**ALBAÑILERÍA****INDICE DE FÓRMULAS Y VALORES DE DISEÑO**

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo
Resistencia característica de la albañilería (f_{m, y_m})	13.7
Espesor efectivo mínimo de los muros portantes (t)	19.1a
Esfuerzo axial máximo permitido en los muros portantes	19.1b
Resistencia admisible en la albañilería por carga concentrada coplanar o resistencia al aplastamiento	19.1c
Densidad mínima de muros reforzados	19.2b
Módulo de elasticidad de la albañilería (E_m)	24.7
Fuerza cortante admisible en los muros ante el sismo moderado	26.2
Fuerza cortante de agrietamiento diagonal o resistencia al corte (V_m)	26.3
Resistencia al corte mínima del edificio ante sismos severos	26.4
Reforzo horizontal mínimo en muros confinados	27.1
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	29.8
Momento flector por carga sísmica ortogonal al plano de los muros	29.7
Esfuerzo admisible de la albañilería por flexocompresión	30.7
Esfuerzo admisible de la albañilería en tracción por flexión	30.7
Factores de seguridad contra el volteo y desplazamiento de los cercos	31.8
Resistencia de un tabique ante acciones sísmicas coplanares	33.4

**CAPÍTULO 1
ASPECTOS GENERALES****Artículo 1.- ALCANCE**

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.

1.2. 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.

1.3. 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.

Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES

2.1. Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios es-

tabecidos 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 Sísmorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

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.

2.3. Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no exigen 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.

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.

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.

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.

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.

2.8. Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cantidades 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 obras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por $412/f_y$ (en MPa) ó $4200/f_y$ (en kg/cm^2).

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

Artículo 3. DEFINICIONES

3.1. **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.

3.2. **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.

3.3. **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.

3.4. **Albañilería No Reforzada.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

3.5. **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

3.6. **Altura Efectiva.** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arrioste. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

3.7. **Arrioste.** 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.

3.8. **Borde Libre.** Extremo horizontal o vertical no arriostado de un muro.

3.9. **Concreto Líquido o Grout.** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

3.10. **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 arrioste o como confinamiento.

3.11. **Confinamiento.** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

3.12. **Construcciones de Albañilería.** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

3.13. **Espesor Efectivo.** Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de brufas 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.

3.14. **Muro Arriostado.** Muro provisto de elementos de arrioste.

3.15. **Muro de Arrioste.** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

3.16. **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.

3.17. **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.

3.18. **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

3.19. **Placa.** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

3.20. **Plancha.** Elemento perforado de acero colocado en las hileras de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.

3.21. **Tabique.** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

3.22. **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

3.23. **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.

3.24. **Unidad de Albañilería Apilable.** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

3.25. **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.

3.26. **Unidad de Albañilería Sólida (o Maoza).** 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.

3.27. **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.28. **Viga Solera.** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arrioste y confinamiento.

Artículo 4.- NOMENCLATURA

- A - área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- A_b - área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
- A_{vf} - área de una columna de confinamiento por corte fricción.
- A_n - área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- A_v - área del acero vertical u horizontal.
- A_{vf} - área del acero vertical por corte fricción en una columna de confinamiento.
- A_{vt} - área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
- A_s - área de estribos cerrados.
- d - peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- D_s - diámetro de una barra de acero.
- e - espesor bruto de un muro.
- E_c - módulo de elasticidad del concreto.
- E_s - módulo de elasticidad de la albañilería.
- f_c - resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- f_{cg} - resistencia a compresión axial del concreto o del «grout» a los 28 días de edad.
- f_{ca} - 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_c - 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 (si 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_s - 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_s - carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- P_v - carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
- P_{se} - carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- P_{sm} - carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
- P_{sa} - carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
- P_g - 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_e - fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
- V_s - fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- V_{se} - fuerza cortante en el entrepiso «i» del edificio producida por el sismo severo.
- V_{sm} - fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.
- V_{sc} - resistencia al corte en el entrepiso «i» de uno de los muros.

- V_{sc} - 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.
- α - factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.
- α_1 - 1, para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
- α_2 - 0,8, para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
- β - coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
- β_f - 0,9 (flexión o tracción pura).
- β_c - 0,85 (corte fricción o tracción combinada con corte-fricción).
- β_c - 0,7 (compresión, cuando se use estribos cerrados).
- β_c - 0,75 (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
- C_s - cuantía del acero de refuerzo = $A_s / (sL)$.
- C - esfuerzo axial de servicio actuante en un muro = $\frac{P}{A}$.
- P - $P_{sm} / (sL)$ - 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 β para los muros armados se proporciona en el Artículo 28 (28.3).

**CAPÍTULO 3
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA**

Artículo 5.- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

- a) 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 manejo.
- b) 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.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- d) 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.

6.2. 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 DIMENSIÓN (máxima en porcentajes)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_c (mínimo en MPa (kg/cm^2)) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 6	± 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	17,8 (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

6.3. 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 Sísmorresistente.

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos o más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal*	No	Si, hasta dos pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, 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.

6.4. PRUEBAS

a) **Muestreo.**- El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 milares 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_c) 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 399.613.

6.5. 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 silico cálcicas 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.

Artículo 8.- MORTERO

8.1. 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.

8.2. 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.

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.

8.3. 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).

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

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

a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (emboisado 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.

b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2ª), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

Artículo 7.- CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

7.1. 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.

7.2. 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.

7.3. 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.

MALLA ASTM	% QUE PASA
% puzada	100
3/8 puzada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,38 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.

7.4. 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.

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

7.5. RESISTENCIA. El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión $f_c = 13,72 \text{ MPa}$ (40 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.

Artículo 8.- ACERO DE REFUERZO

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

8.2. 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).

Artículo 9.- CONCRETO

9.1. El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a $17,15 \text{ MPa}$ (75 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**

Artículo 10.- ESPECIFICACIONES GENERALES

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

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

10.2. 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.

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

10.4. 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:

- a) Para concreto y silico-calcareo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociárlas.
- b) 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 asentárselas. Se recomienda que la succión al instante de asentárselas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm^2 -min (*).

(* Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V_1 , en cm^3) 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 (V_2 , en cm^3) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm^2 , se obtiene como: $\text{SUCCION} = 200 \left(\frac{V_1 - V_2}{A} \right) A$, expresada en gr/200 cm^2 -min, donde «A» es el área bruta (en cm^2) de la superficie de asiento de la unidad.

10.5. Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (sola 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.

10.6. 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.

10.7. Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.

10.8. El tipo de aparejo a utilizar será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.

10.9. 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 cangrejeras. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.

10.10. Las vigas peraltadas serán vaciadas de una sola vez en conjunto con la losa de techo.

10.11. Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en los Artículos 2 (2.6 y 2.7).

Artículo 11.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

11.1. Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

11.2. La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:

a) 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.

b) 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 el Artículo 2 (2.8)).

11.3. 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.

11.4. Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con ¼ 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.

11.5. 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.

11.6. El concreto deberá tener una resistencia a compresión (f_c) mayor o igual a 17,15 MPa (175 kg/cm²). 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 (½ pulgada).

11.7. 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 cimbrado, no del sobrecimiento.

11.8. Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.

11.9. 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.

11.10. El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista.

Artículo 12.- ALBAÑILERÍA ARMADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

12.1. Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslape, por soldadura o por medios mecánicos.

a) Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

12.2. El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.

12.3. Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.

12.4. 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.

12.5. 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.

12.6. 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.

12.7. 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.

12.8. 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.

12.9. 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.

12.10. El espesor del grout que rodea las armaduras será 1½ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 1 cm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.

12.11. 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.

12.12. 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 protegidos 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
Artículo 13.- ESPECIFICACIONES GENERALES**

13.1. 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 6 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 6 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	B
(v_m)	A	A	A	B	A	A	B	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

13.2. Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería f y v 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.

13.3. 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.

13.4. 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.

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

13.6. 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

13.7. La resistencia característica f_m en pilas y v_m en muretes (ver Artículo 13 (13.2)) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

13.8. El valor de v_m para diseño no será mayor de 0,319

$$\sqrt{f_m \text{ MPa}} \left(\frac{f_m \text{ Kg/cm}^2}{f} \right)$$

13.9. En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: 1/2 : 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 / cm²)**

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_m	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)	0,6 (6,1)
	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 mecánico (*)	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_m se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f_c = 13,72 \text{ MPa (140 kg/cm}^2)$.

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 EBELTEZ**

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 8
ESTRUCTURACIÓN**

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

Artículo 14.- ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO

14.1. 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.

14.2. 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.

14.3. 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.

14.4. Los diafragmas deben distribuir la carga de gravedad sobre todos los muros que componen a la edificación, con los objetivos principales de incrementar 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 el Artículo 19 (19.1.b).

14.5. Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en los Artículos 14 (14.1 y 14.2).

14.6. 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.

Artículo 16.- 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 el Artículo 14 y arriostrados según se indica en el Artículo 18.

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

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

15.2. 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.

15.3. Proporciones entre las dimensiones mayor y menor, que en planta estén comprendidas entre 1 a 4, y en elevación sea menor que 4.

15.4. 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.

15.5. 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 del Artículo 19 (19.2b), se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.

15.6. 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.

15.7. Cercos y alfézares de ventanas aislados de la estructura principal, debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano, según se indica en el Capítulo 10.

Artículo 18.- OTRAS CONFIGURACIONES

Si el edificio no cumple con lo estipulado en el Artículo 15, se deberá contemplar lo siguiente:

16.1. Las edificaciones sin diafragmas rígidos horizontales deben limitarse a un piso; asimismo, es aceptable omitir 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 amarré o muros ortogonales y mediante vigas soleras continuas.

16.2. 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.

16.3. De no aislarse adecuadamente los alfézares y tabiques de la estructura principal, se deberán contemplar sus efectos en el análisis y en el diseño estructural.

Artículo 17.- MUROS PORTANTES

Los muros portantes deberán tener:

a) Una sección transversal preferentemente simétrica.
 b) Continuidad vertical hasta la cimentación.
 c) Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.

d) Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.

e) Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en los siguientes sitios:

«En cambios de espesor en la longitud del muro, para el caso de Albañilería Armada

«En donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.

«En alfézar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso.

f) 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.

g) Arriostré según se especifica en el Artículo 18

Artículo 18.- ARRIOSTRES

18.1. 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.

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

18.3. Un muro se considerará arriostrado cuando:

a) El amarré o anclaje entre el muro y sus arriostrés garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.

b) Los arriostrés 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

Artículo 18.- REQUISITOS GENERALES

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

18.1. MURO PORTANTE

a) **Espesor Efectivo «t».** El espesor efectivo (ver Artículo 3 (3.13)) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3 (19.1a)}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde «h» es la altura libre entre los elementos de arriostré horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver Artículo 3 (3.6)).

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

$$\sigma = \frac{P_u}{L_t} \leq 0,2 f_c \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f_c \quad (19.1b)$$

Donde «L_t» 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_c), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial «P_u» (*).

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

o) 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 $0,375 f_c$. 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.

18.2. 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 Artículo 17) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzará como mínimo los muros perimetrales de cierre.

b) Densidad Mínima de Muros Reforzados. La densidad mínima de muros portantes (ver Artículo 17) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} \geq \frac{L_1 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot N}{A_p \cdot 56} \quad (19.2b)$$

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, si existiesen); y,

«t» es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (Artículo 19 (19.2b)), 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 λ , donde λ son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

Artículo 20.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

Adicionalmente a los requisitos especificados en Artículo 19, deberá cumplirse lo siguiente:

20.1. 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 el Artículo 19.1.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 el Artículo 5 (5.3).

d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. Ver NTE E.060 Concreto Armado y Artículo 11 (11.5).

e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver Artículo 11 (11.2 y 11.7).

f) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con $f_c \geq 17,13 \text{ MPa}$ (175 kg/cm^2).

20.2. Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver Artículo 29 (29.2).

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

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

20.5. 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 Artículo 11.10).

20.6. 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.

Artículo 21.- ALBAÑILERÍA ARMADA

Adicionalmente a los requisitos indicados en el Artículo 19, se cumplirá lo siguiente:

21.1. Para dar cumplimiento al requisito en el Artículo 19.2.b, los muros reforzados deberán ser rellenados con grout total o parcialmente en sus alvéolos, de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3). 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 el Artículo 7 (7.5) y Artículo 12 (12.6).

21.2. Los muros portantes no comprendidos en el Artículo 21 (21.1) 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 el Artículo 12 (12.5).

21.3. Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollarán plena capacidad a la tracción. Ver el Artículo 12 (12.1 y 12.2).

21.4. 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

Artículo 22.- DEFINICIONES

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

a) **SISMO SEVERO.** Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, empleando un coeficiente de reducción de la sollicitación sísmica $R = 3$.

b) **SISMO MODERADO.** Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el «sismo severo».

Artículo 23.- CONSIDERACIONES GENERALES

23.1. 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, proviendo 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.

23.2. 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 el Artículo 28 tienden a orientar el comportamiento de los muros hacia una falla por flexión, con la formación de rótulas plásticas en su parte baja.

Artículo 24.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL

24.1. 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.

24.2. La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

24.3. 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.

24.4. 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.

24.5. 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 acopiado cuando existan vigas de acoplamiento diseñadas para comportarse dúctilmente.

24.6. 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 concurre 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.

24.7. El módulo de elasticidad (E_m) y el módulo de corte (G_m) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla: $E_m = 500 f_c$
- Unidades Silico-calcáreas: $E_m = 600 f_c$
- Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f_c$
- Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0,4 E_m$

Opcionalmente, los valores de « E_m » y « G_m » podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el Artículo 13.

24.8. 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.

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

Artículo 25.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

25.1. Requisitos Generales

a) 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.

b) Los elementos de confinamiento serán diseñados de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 27 (27.2) de esta Norma.

Artículo 26.- DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

26.1. Requisitos Generales

a) 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.

b) 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.

26.2. Control de Fisuración

a) 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.

b) 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:

$$V_u \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible} \quad (26.2)$$

donde: « V_u » 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 Artículo 26 (26.3)).

26.3. Resistencia al Agrietamiento Diagonal

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

Unidades de Arcilla y de Concreto:

$$V_m = 0,5 v_m \cdot c_k \cdot t \cdot l + 0,23 P_g$$

Unidades Silico-calcáreas:

$$V_m = 0,35 v_m \cdot a \cdot t \cdot l + 0,23 P_g$$

donde:

v_m = resistencia característica a corte de la albañilería (ver Artículos 13 (13.8 y 13.9)).

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

t = espesor efectivo del muro (ver Artículo 3 (3.13))

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

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

$$\frac{1}{3} \leq c_k = \frac{V_u l}{M_u} \leq 3 \quad (26.3)$$

donde: « V_u » es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y,
« M_u » es el momento flexor del muro obtenido del análisis elástico.

26.4. Verificación de la resistencia al corte del edificio

a) 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:

$$\sum R_{mi} \geq V_{si} \quad (26.4)$$

b) La sumatoria de resistencias al corte ($\sum R_{mi}$) 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.

c) El valor « V_{ei} » corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso «i» del edificio, producida por el «sismo severo».

d) Cumplida la expresión $\sum P_{ei} \geq V_{ei}$ por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

e) Cuando $\sum P_{ei}$ 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 armadores 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.

28.5. Diseño para cargas ortogonales al plano del muro

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

28.8. Diseño para fuerzas coplanares de flexo compresión

a) El diseño para fuerzas en el plano del muro se hará de acuerdo al Artículo 27 para muros de albañilería confinada y al artículo 28 para muros de albañilería armada.

Artículo 27.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

a) Las previsiones contenidas en este acápite aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.

b) 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:

- la verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en el muro;
- la verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores; y,
- el diseño de los confinamientos para la combinación de fuerzas de corte, compresión o tracción y corte fricción.

c) Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso «i» serán las del «sismo severo» (V_{ei}, M_{ei}), 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_{ei}) entre cortante producido por el «sismo moderado» (V_{ei}), ambos en el primer piso. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres: $2 \leq V_{ei}/V_{ei} \leq 3$.

$$V_{ei} = V_{ei} \frac{V_{ei}}{V_{ei}} \quad M_{ei} = M_{ei} \frac{V_{ei}}{V_{ei}} \quad (27c)$$

27.1. Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

a) Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_{ei} \geq V_{cr}$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $P_e = P_e / (L_e I_e)$ mayor o igual que $0,05 f_{cm}$, deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

b) En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.

c) La cuantía del acero de refuerzo horizontal será: $\rho = A_s / (s f) \geq 0,001$. 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.

27.2. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

a) En cada entrepiso superior al primero, deberá verificarse para cada muro confinado que: $V_{ei} \leq V_{cr}$

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

27.3. 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_c (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{ei} L_w}{L(N_c - 1)}$	$V_{ei} \frac{h}{L} - P_e$	$P_e - \frac{V_{ei} h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{ei} L_w}{L(N_c - 1)}$	$F - P_e$	$P_e - F$

Donde:

$M = M_{ei} - \sqrt{2} V_{ei} h$ («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_w = longitud del paño mayor a $0,6 L$, lo que sea mayor (en muros de un paño $L_w = L$)

P_e = 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 el Artículo 24 (24.6).

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:

$$A_n = A_g \frac{C - A_s f_s}{0,85 f_c} \quad (27.3-a.1)$$

donde:

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

$\phi = 0,6$, para columnas sin muros transversales

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

Para calcular la sección transversal de la columna (A_g), deberá agregarse los recubrimientos (ver Artículo 11 (11.10)) al área del núcleo « A_n »; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción « A_{cr} ». 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_g) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte fricción, con la expresión siguiente:

$$A_v \frac{V}{0.2f_c \phi} \geq A_s \geq 33(\text{cm}^2) \quad (27.3.3\text{-a.1})$$

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_v) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción y el refuerzo requerido por tracción (A_{st}):

$$A_v = \frac{V}{f_c \phi} + A_{st} \quad A_{st} = \frac{T}{f_s \phi} \quad (27.3.3\text{-a.2})$$

$$A_v = A_v + A_{st} \geq 0.1f_c A_c \text{ (mínimo } 4 \phi 8\text{mm)}$$

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 1/4 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:

$$s_1 = \frac{A_c f_s}{0.3r_s f_c (A_c / A_s - 1)} \quad s_2 = \frac{A_c f_s}{0.12r_s f_c} \quad (27.3.3\text{-a.3})$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5\text{cm} \quad s_4 = 10\text{cm}$$

Donde «d» es el peralte de la columna, « s_1 » es el espesor del núcleo confinado y « A_s » es la suma de las ramas paralelas del estribo.

El confinamiento mínimo con estribos será $\square 6\text{mm}$, 1 $\otimes 5$, 4 $\otimes 10$, r $\otimes 25$ cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos $\otimes 10$ 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_1 :

$$T_1 = V_{c1} \frac{l_{c1}}{2l}$$

$$A_s = \frac{T_1}{\phi f_s} \geq 0.1f_c \frac{A_c}{f_s} \text{ (mínimo } 4 \phi 8\text{mm)} \quad (27.3.3\text{-b})$$

donde: $\phi = 0.9$

A_c = área de la sección transversal de la solera

El área de la sección transversal de la solera (A_c) 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: $\square 6\text{mm}$, 1 $\otimes 5$, 4 $\otimes 10$, r $\otimes 25$ cm.

27.4. Diseño de los pisos superiores no agrietados

a. Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical (A_v) capaz de absorber la tracción « T » producida por el momento flector ($M_{ext} = M(V_{ext}/V)$) actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_{ext}}{L} \quad T = F - P_c > 0 \quad (27.4.3\text{-a})$$

$$A_v = \frac{T}{\phi f_s} \geq 0.1f_c \frac{A_c}{f_s} \text{ (mínimo } 4 \phi 8\text{mm)}$$

donde $\phi = 0.9$

b. El área del núcleo (A_c) 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_{cn} »:

$$C = P_c + F$$

$$A_c = A_{cn} + \frac{C}{0.85\phi f_c} \quad (27.4.3\text{-b})$$

donde: $\phi = 0.7$ o 0.75 , según se emplee estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

$\phi = 0.8$ para columnas sin muros transversales

$\phi = 1$ 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_1 »:

$$T_1 = V_c \frac{l_{c1}}{2l}$$

$$A_s = \frac{T_1}{\phi f_s} \geq 0.1f_c \frac{A_c}{f_s} \text{ (mínimo } 4 \phi 8\text{mm)} \quad (27.4.3\text{-d})$$

donde $\phi = 0.9$

e. Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos: $\square 6\text{mm}$, 1 $\otimes 5$, 4 $\otimes 10$, r $\otimes 25$ cm.

Artículo 28.- ALBAÑILERÍA ARMADA

28.1. 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 sollicitaciones. Para alcanzar este objetivo la resistencia de los muros debe satisfacer las verificaciones dadas en el Artículo 28 (28.2a y 28.5) y deberá cumplirse los siguientes requisitos:

a) 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 co-mugadas.

b) 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.

c) 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 el Artículo 20 (20.2).

d) 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.

e) 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. f)

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 o 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 el Artículo 28 (28.1h).

g) Cuando el esfuerzo último por compresión, resultante de la acción de las cargas de gravedad y de las fuerzas de sismo coplanares, exceda de $0,3 f_{cm}$, 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.

h) Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante ante sismos severos no exceda de $0,5 \frac{V_u}{A_s}$, donde A_s es el área neta del muro, podrán ser construidos 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.

i) Los muros secundarios (tabiques, parapetos y muros portantes no estabilizados 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%.

j) 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 el Artículo 12 (12.1).

k) 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.

28.2. Resistencia a compresión y flexo compresión en el plano del muro

a) 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_{cm} , 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 el Artículo 28 (28.1g).

- Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuer-

zo de fluencia especificado, f_{sy} , 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_{sy} , los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a f_{sy} .

- La resistencia a la tracción de la albañilería será despreciada.

- El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería, $0,85 f_{cm}$, 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.

- El momento flector M_u actuante en un nivel determinado se determinará del análisis estructural ante sismo moderado.

- El momento flector y la fuerza cortante factorizado serán $M_u = 1,25 M_u$ y $V_u = 1,25 V_u$, 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.

28.3. Evaluación de la Capacidad Resistente « M_u »

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

$$\phi M_u \geq M_u$$

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

$$0,65 \leq \phi \leq 0,85 - 0,2 P_u/P_n \leq 0,85 \quad (28.3a)$$

Donde $P_u = 0,1 f_{cm} l$.

b) Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión M_u podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_u = A_s f_y D + P_u l/2 \quad (28.3b)$$

donde: $D = 0,8l$

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: $P_u = 0,9 P_u$.

Cuando al extremo traccionado concurre un muro perpendicular, el momento flector M_u podrá ser reducido en $0,9 P_u l/2$, donde P_u es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

c) 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_u vs. M_u).

d) Por lo menos se colocará 2 ϕ 3/8", o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.

e) En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en el Artículo 28 (28.1k).

f) El valor « M_u » se calculará sólo para el primer piso (M_{u1}), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso: $P_u = 1,25 P_u$, contemplando el 100% de sobrecarga.

28.4. Verificación de la necesidad de confinamiento de los extremos libres del muro

a) Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales) comprimidos, evaluando el esfuerzo de compresión último (ϵ_{cy}) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_c = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u \cdot y}{I} \quad (28.4)$$

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

b) Toda la longitud del muro donde se tenga $\epsilon_{cy} \geq 0,3 \epsilon_{cm}$ deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con Artículo 28 (28.4), sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.

c) Cuando se utilice confinamiento, el refuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro $D_s \geq l/13$, donde « l » es el espaciamiento entre elementos de confinamiento.

28.5. Resistencia a corte

a) El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante « V_u » 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_u » considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.

b) El valor « V_w » se calculará con las siguientes fórmulas:

Primer Piso:
 $V_w = 1,25 V_{w1} (M_{w1}/M_{w2})$, no menor que V_{w1}

Pisos Superiores:
 $V_w = 1,25 V_{w1} (M_{w1}/M_{w2})$, no mayor que V_{w1}

El esfuerzo de corte $v_w = V_w / l$, no excederá de $0,10 f_{cs}$ en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de $0,20 f_{cs}$ en cualquier otra zona.

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

$$A_{wh} = \frac{V_w s}{f_y D} \quad (28.5)$$

donde:

D = espaciamiento del refuerzo horizontal
 $D = 0,8 L$ para muros esbeltos, donde: $M_w / (V_w L) \geq 1$
 $D = L$ para muros no esbeltos, donde: $M_w / (V_w L) < 1$

CAPÍTULO 8 DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO

Artículo 28.- ESPECIFICACIONES GENERALES

28.1. Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior.

28.2. Para el caso de fuerzas concentradas perpendiculares al plano de muros de albañilería simple, los muros deberán reforzarse con elementos de concreto armado que sean capaces de resistir el total de las cargas y transmitir a la cimentación. Tal es el caso, por ejemplo, de una escalera, el empuje causado por una escalera cuyo descanso apoya directamente sobre la albañilería, deberá ser tomado por columnas.

Para el caso de muros confinados o muros arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arrioste o confinamiento por medio de elementos horizontales, vigas o losa.

28.3. Para el caso de los muros armados, los esfuerzos que generen las acciones concentradas actuantes contra el plano de la albañilería deberán ser absorbidos por el refuerzo vertical y horizontal.

28.4. Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo de tracción considerando la sección bruta no exceda del valor dado en el Artículo 29 (29.8).

28.5. Los muros o tabiques desconectados de la estructura principal serán diseñados para resistir una fuerza sísmica asociada a su peso, de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente de la NTE E.030. Diseño Sismorresistente.

28.6. El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga (w , en kg/m^2) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0,8 Z U C_1 \gamma e \quad (29.6)$$

donde:

Z = factor de zona especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

U = factor de importancia especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

C_1 = coeficiente sísmico especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

e = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajes), en metros

γ = peso volumétrico de la albañilería

28.7. El momento flector distribuido por unidad de longitud (M_w , en kg-m/m), producido por la carga sísmica « w » (ver Artículo 29 (29.6)), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_w = m W a^2 \quad (29.7)$$

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 CRÍTICA « a »

CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS a = Menor dimensión	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞	
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	0,116	0,125	
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS a = Longitud del borde libre	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
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 = Altas del muro									
m =	0,125								
CASO 4. MURO EN VOLADIZO a = Altas del muro									
m =	0,5								

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

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

29.9. 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.

29.10 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.

Artículo 30.- MUROS PORTANTES

30.1. Los muros portantes de estructuras diafragmadas con esfuerzo de compresión no mayor que $0,01 f_{cs}$ se diseñarán de acuerdo al Artículo 31.

30.2. 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 el Artículo 29 (29.7).

Los pisos críticos por analizar son:

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

30.3. Los muros portantes confinados, así como los muros portantes armados, arriostrados en sus cuatro bordes, que cumplan con las especificaciones indicadas en Artículo 19 (19.1.a) y Artículo 19 (19.1.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.

30.4. 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_w » (ver Artículo 29 (29.6)), para de esta manera obtener el momento total de diseño $M_d = M_g + M_w$, repartido por unidad de longitud.

30.5. El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional (P_f), se obtendrá como: $f_c = P_f / l$

30.6. El esfuerzo normal producido por el momento flector « M_d », se obtendrá como: $f_n = 6 M_d / l^2$

30.7. Se deberá cumplir que:

- En el primer piso: $f_c - f_c' \leq 0,25 f_{cm}$
- En el último piso: $f_c - f_c' \leq f_c$
- En cualquier piso: La compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_c}{f_c'} - \frac{f_c}{f_c'} \leq 3,33 \quad (30.7c1)$$

en la que:

f_c = es el esfuerzo resultante de la carga axial

f_c' = es el esfuerzo admisible para carga axial

$$f_c' = 0,20 f_{cm} \left[1 - \left(\frac{35t}{h} \right) \right] \quad (30.7c2)$$

f_c = es el esfuerzo resultante del momento flector

f_c' = es el esfuerzo admisible para compresión por flexión = $0,40 f_{cm}$

Artículo 31.- MUROS NO PORTANTES Y MUROS PORTANTES DE ESTRUCTURAS NO DIAFRAGMADAS
Adicionalmente a las especificaciones indicadas en el Artículo 29, se cumplirá lo siguiente:

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

31.2. El momento flector en la albañilería (M_w) producido por la carga sísmica «w» (ver Artículo 29 (29.6)), podrá ser obtenido utilizando la Tabla 12 o empleando otros métodos como el de líneas de rotura.

31.3. En la albañilería simple el esfuerzo normal producido por el momento flector « M_w », se obtendrá como: $f_n = 6M_w / t^2$ y no será mayor que $f_n = 0,147 MPa$ ($15 Kg/cm^2$).

31.4. 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_w »; no admitiéndose tracciones mayores de $8 kg/cm^2$ ($0,754 MPa$) en la albañilería. La cuantía mínima de refuerzo horizontal y vertical a emplear en estos muros será 0,0007 (ver Artículo 2 (2.8)).

31.5. Los arriostramientos serán diseñados por métodos racionales de cálculo, de modo que puedan soportar la carga sísmica «w» (especificada en el Artículo 29 (29.6)) actuante contra el plano del muro.

31.6. 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.

31.7. Están exonerados de las exigencias de arriostramiento los parapetos de menos de 1,00 m de altura, que estén retrados del plano exterior de fachadas, ductos en los techos o patios interiores una distancia no menor de una vez y media su altura.

**CAPÍTULO 10
INTERACCIÓN TABIQUE DE ALBAÑILERÍA-
ESTRUCTURA APORTICADA**

Artículo 32.- ALCANCE

32.1. 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 el Artículo 32 (32.2).

32.2. 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:

- torsión en el edificio.
- concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
- 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 o alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas.

6) Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

Artículo 33.- DISPOSICIONES

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

33.2. 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_j .

donde:

t = espesor efectivo del tabique

b = ancho equivalente del puntal de albañilería = $3/4 D$

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

33.3. 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.

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

f_c' = resistencia última a cizalle de la albañilería = $4 kg/cm^2$

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

$$R_a = 0,12 f_c' D t \quad (33.4a)$$

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

$$R_d = 0,85 \sqrt{f_c'} D t \quad (33.4b)$$

c.- Cizalle (R_c). 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:

$$R_c = \frac{f_c' L D}{1 - 0,4 h/L} \quad (33.4c)$$

33.5. La fuerza de compresión actuante en el puntal, proveniente del análisis sísmico elástico ante el sismo severo, especificado en la NTE E.030 Diseño Sísmorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del tabique (contemplando los tres tipos de falla indicados en el Artículo 33 (33.4)).

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos

MASONRY UNITS. Clay bricks. Specifications

**2015-12-11
2ª Edición**

© INACAL 2015

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 815, San Isidro
Lima - Perú
Tel: +51 1 640-8820
administracion@inacal.gob.pe
www.inacal.gob.pe

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PRÓLOGO (de revisión 2015)	iii
PREFACIO	v
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	2
5. CLASIFICACIÓN	4
6. REQUISITOS	5
7. ACABADO Y APARIENCIA	7
8. MUESTREO Y MÉTODO DE ENSAYO	8
9. CONFORMIDAD	8
10. ANTECEDENTES	9
ANEXO A (INFORMATIVO)	10

PRÓLOGO (de revisión 2015)

A.1 La Norma Técnica Peruana (NTP) NTP 331.017:2003 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, 2ª Edición, se encuentra incluida en el Plan de revisión y actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 12 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0110-2003/INDECOPI-CRT, por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT), fue sometida a consulta en el 2015 al Comité Técnico de Normalización (CTN) de Unidades de albañilería, a fin de ratificar su vigencia.

A.3 El CTN de Unidades de albañilería recomendó mantener la vigencia de la NTP sin modificaciones y la Dirección de Normalización - DN aprobó la versión revisada, el 11 de diciembre de 2015.

NOTA: Cabe resaltar que la revisión de la presente NTP se ha realizado con el objetivo de determinar su vigencia, mas no su actualización.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del INACAL, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo en esta NTP.

B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL CTN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Secretaria Universidad Nacional de Ingeniería –
Facultad de Ingeniería Civil

Presidente Isabel Moroni

Secretario Ana Torre

ENTIDAD	REPRESENTANTE
ASOCEM	Juan Avalo
Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería	Gladys Villa García
SENCICO	Vanna Guffanti
UNICON S.A.	Miguel Atauje
Colegio de Ingenieros del Perú	Ana Biondi
Universidad Ricardo Palma Facultad de Ingeniería	Enriqueta Pereyra

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a junio del 2003, utilizando como antecedente a la ASTM C 62:2001 Standard specification for building brick.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT-, con fecha 2003-07-14 el PNTP 331.017:2003, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2003-09-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 331.017:2003 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, 2ª Edición, el 11 de diciembre del 2003.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 331.017:1978 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 62:2001. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO

Presidente Carlos Pérez Bardales

Secretaría Gabriela Esparza Requejo

ENTIDAD REPRESENTANTE

ASOCEM Manuel Gonzales de la Cotera

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. Rosaura Vásquez

CIP	Ana Biondi
CÍA. MINERA LUREN S.A.	Gerardo Jauregui
COMPAÑÍA REX S.A.	Humberto Rosales
GRUPO HUACHIPA	Javier Vargas
LADRILLOS LARK	Ruben Aspilcueta
LADRILLOS PIRÁMIDE	Gisela Silva Roberto Benites
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	Carlos Carbajal
PUCP	Francisco Ginocchio Gladys Villagarcía
UNI	Javier Moreno Rafael Cachay
UNICON	Maria Siemund Miguel Atauje
Universidad Ricardo Palma	Victor Venero Liliana Chavarria
SENCICO	Carmen Kuroiwa

—oooOooo—

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos

1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso en albañilería estructural y no estructural donde la apariencia externa no es un requerimiento.

NOTA 1: Esta Norma Técnica Peruana no cubre los ladrillos destinados para uso como unidades de enchape (revestimiento) o donde la apariencia superficial sea un requerimiento. Esta Norma Técnica Peruana tampoco abarca a los ladrillos destinados para uso como adoquines.

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

NTP 400.005:1979¹

COORDINACIÓN MODULAR DE LA
CONSTRUCCIÓN. Unidad de
mampostería modular

¹ La NTP 400.005:1979 fue dejada sin efecto. La versión vigente a la fecha es la NTP 400.005:1979 (Revisada el 2011) COORDINACIÓN MODULAR DE LA CONSTRUCCIÓN. Unidad de mampostería modular.

2.2 Normas Técnicas de Asociación

- | | | |
|-------|-------------------------------|---|
| 2.2.1 | ASTM C 67:2003 ² | Métodos de ensayo para el muestreo y ensayos de ladrillos y bloques de arcilla |
| 2.2.2 | ASTM C 216:2003a ³ | Especificación estándar para ladrillo cara vista (Unidades de mampostería sólida hecha de arcilla o esquisto) |

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los ladrillos de arcilla, sólidos o con perforaciones, utilizados como unidades de albañilería estructural, o no estructural, es decir, que deben o no soportar cargas, conformar albañilería confinada, muros de cierre y tabiques.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

4.1 arcilla: Agregado mineral terroso o pétreo que consiste esencialmente de silicatos de aluminio hidratados, plástica cuando está suficientemente pulverizada y humedecida, rígida cuando está seca, y vítrea cuando se quema a una temperatura suficientemente alta (del orden de 1 000 °C).

4.2 arcilla refractaria: Arcilla sedimentaria de bajo contenido fundente.

² La ASTM C67:2003 fue dejada sin efecto. La versión vigente a la fecha es la ASTM C67:2014 Métodos de ensayo para el muestreo y ensayos de ladrillos y bloques de arcilla.

³ La ASTM C216:2003a fue dejada sin efecto. La versión vigente a la fecha es la ASTM C216:2015 Especificación estándar para ladrillo cara vista (Unidades de mampostería sólida hecha de arcilla o esquisto).

4.3 **esquisto arcilloso:** Arcilla sedimentaria, consolidada, estratificada finamente con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

4.4 **dimensiones de fabricación:** Son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante.

4.5 **dimensiones efectivas:** Son aquellas que se obtienen por medición directa efectuada sobre el ladrillo.

4.6 **dimensiones nominales:** Son las dimensiones establecidas en esta Norma Técnica Peruana para designar el tamaño del ladrillo.

4.7 **ladrillo de arcilla:** Unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado, o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema). El tratamiento calorífico debe desarrollar suficientes enlaces de origen térmico entre las partículas constituyentes para proveer los requisitos de resistencia y durabilidad de esta Norma Técnica Peruana.

4.8 **ladrillo sólido (macizo):** Ladrillo que tiene una sección neta, en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, equivalente al 75 % o más de la sección bruta medida en el mismo plano.

4.9 **ladrillo perforado:** Ladrillo que tiene una sección neta, en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, equivalente a menos del 75 % de la sección bruta medida en el mismo plano.

4.10 **ladrillo tubular:** Ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

4.11 **resistencia a la compresión:** Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta.

4.12 **resistencia a la compresión nominal:** Es aquel valor de referencia establecido en esta Norma Técnica Peruana como resistencia a la compresión referido a la sección bruta y utilizado en la designación del ladrillo.

4.13 **sección bruta:** Es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento.

4.14 **sección neta:** Es la sección bruta menos el área de los vacíos.

5. CLASIFICACIÓN

5.1 **Tipos:** Los ladrillos de arcilla elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los cuatro tipos, tal como sigue:

5.1.1 **Tipo 21:** Para su uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

5.1.2 **Tipo 17:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

5.1.3 **Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

5.1.4 **Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

6. REQUISITOS

6.1 Formas, tamaño y dimensiones

6.1.1 **Tamaño:** El tamaño del ladrillo debe ser especificado por el comprador. Es de aplicación lo establecido por la NTP 400.005.

6.1.2 Las máximas variaciones permisibles en las dimensiones de las unidades individuales no deben exceder las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1 - Variaciones permisibles en las dimensiones

Dimensión especificada, mm	Máximas variaciones permisibles respecto a la dimensión especificada, más o menos, mm
Hasta 60 , incluido	2,0
Superior a 60 hasta 100 , incluido	3,0
Superior a 100 hasta 140 , incluido	5,0
Superior a 140 hasta 240 , incluido	6,0
Superior a 240 hasta 400 , incluido	8,0

6.1.3 El ladrillo puede ser sólido o perforado, a opción del vendedor. El área neta de la sección transversal del ladrillo en cada plano paralelo a la superficie que contiene las perforaciones, debe ser por lo menos el 75 % del área de la sección transversal bruta medida en el mismo plano. Ningún borde de las perforaciones debe estar a menos de 20 mm de cualquier borde del ladrillo.

6.2 Requisitos físicos

6.2.1 **Resistencia:** El ladrillo cumplirá los requisitos de resistencia a la compresión para el tipo especificado tal como se prescribe en la Tabla 2. Para determinar la resistencia a la compresión, ensayar la unidad con la fuerza de compresión perpendicular a la superficie de asiento de la unidad.

TABLA 2 - Requisitos de resistencia

Tipo	Resistencia a la compresión, mínimo, respecto al área bruta promedio, MPa	
	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual
21	21	17
17	17	15
14	14	10
10	10	8

NOTA 2: Cuando se requieren ladrillos con resistencias mayores que las prescritas por esta Norma Técnica Peruana, el comprador especificará la resistencia mínima.

6.3 Requisitos físicos complementarios

6.3.1 Para los ladrillos destinados para uso expuesto a la intemperie, en lugares con ocurrencias de heladas y fuertes lluvias, donde el índice de intemperismo es mayor de 50 , se aplicarán los requisitos dados en la Tabla 2 para absorción de agua en ebullición durante 5 h y para coeficiente de saturación, a menos que sea especificado de otra manera. Véase Anexo A.

6.3.2 Durabilidad: El ladrillo cumplirá los requisitos complementarios para el tipo especificado tal como se describe en la Tabla 3 . Cuando el tipo no se especifica, regirán los requisitos del Tipo 21.

TABLA 3 - Requisitos complementarios

Tipo	Absorción de agua, mediante 5 h de ebullición, máx., %		Coeficiente de saturación, máx. ^A	
	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual	Promedio de 5 ladrillos	Unidad individual
21	17,0	20,0	0,78	0,80
17	22,0	25,0	0,88	0,90
14 y 10	Sin límite	Sin límite	Sin límite	Sin límite

^A El coeficiente de saturación es la relación de absorción mediante inmersión en agua fría durante 24 h a la absorción después de 5 h de inmersión en agua en ebullición.

6.3.2.1 **Absorción alternativa:** El requisito del coeficiente de saturación no se aplica siempre que la absorción de agua fría durante 24 horas de cada unidad de una muestra aleatoria de cinco ladrillos no exceda de 8 % .

6.3.2.2 **Congelamiento y deshielo alternativos:** Los requisitos de absorción de agua en ebullición durante 5 h y el coeficiente de saturación no se aplican, siempre que una muestra de cinco ladrillos, que cumple con los requisitos de resistencia de la Tabla 2, pase el ensayo de congelamiento y deshielo tal como se describe en la ASTM C 67.

a) **Tipo 21 - Requisito de pérdida de peso:** No mayor del 0,5 % de pérdida en peso seco de una unidad individual.

NOTA 3: El ensayo de 50 ciclos de congelamiento y deshielo se utiliza sólo como una alternativa cuando el ladrillo no cumple con los requisitos de absorción de agua y coeficiente de saturación máximos de la Tabla 3 , o con los requisitos de absorción alternativa del apartado 6.3.2.1 .

b) **Tipo 21 - Requisito de fractura:** Ninguna unidad individual se debe romper en dos o más piezas significantes.

c) **Tipo 21 - Requisito de agrietamiento:** Ninguna unidad individual debe desarrollar grietas que excedan, en longitud, la dimensión de menos de una unidad.

6.3.3 **Velocidad inicial de absorción (IRA):** Los resultados del ensayo de la velocidad inicial de absorción (IRA) se deben determinar de acuerdo con el ensayo de laboratorio del IRA (succión) de la ASTM C 67 y se deben proporcionar a solicitud del comprador. El IRA no es una condición calificativa o una propiedad de las unidades en esta NTP. Esta propiedad es medida con el fin de ayudar en la selección del mortero y en la manipulación del material en el proceso de construcción. Véase Anexo A .

7. ACABADO Y APARIENCIA

7.1 Los ladrillos, cuando son despachados, deben, mediante inspección visual, estar conformes a los requisitos especificados por el vendedor o a la muestra o muestras aprobadas como el estándar de comparación y a las muestras que pasan los ensayos de los

requisitos físicos. Identaciones menores o grietas superficiales inherentes al método usual de fabricación, o los astillamientos resultantes de los métodos habituales de manipulación en el envío y despacho, no serán consideradas causa de rechazo.

7.2 Los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias, y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

7.3 Si se requiere que los ladrillos tengan un color particular, textura, acabado, uniformidad, o límites de grietas, alabeo u otra imperfección en desmedro de la apariencia estos son adquiridos bajo la ASTM C 216 .

7.4 A menos que sea especificado de otro modo por acuerdo entre el comprador y el vendedor, se permite que un despacho de ladrillos contenga no más de 5 % de ladrillos rotos.

8. MUESTREO Y MÉTODO DE ENSAYO

8.1 El comprador o representante autorizado debe estar conforme con las facilidades adecuadas para inspeccionar y muestrear los ladrillos en el lugar de fabricación de los lotes listos para el reparto. El fabricante o el vendedor proporcionará especímenes para los ensayos sin cargo.

8.2 Muestrear y ensayar los ladrillos de arcilla de acuerdo con la ASTM C 67 .

9. CONFORMIDAD

Si la muestra ensayada de un envío falla conforme a los requisitos especificados, se debe permitir que el fabricante separe las unidades de la muestra, y una nueva muestra debe ser seleccionada por el comprador del lote retenido según la ASTM C 67 y ensayada a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos de la especificación,

entonces la porción remanente del envío representado por dicha muestra también cumple con las especificaciones. Si la segunda muestra falla conforme a los requisitos especificados, el lote completo no debe ser aceptado.

10. ANTECEDENTES

- | | | |
|------|------------------|---|
| 10.1 | ASTM C 62:2001 | Standard Specification for Building brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale) |
| 10.2 | NTP 331.017:1978 | ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA. Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería. Requisitos |

ANEXO A (INFORMATIVO)

A.1 INFORMACIÓN GENERAL

A1.1 **Índice de intemperismo:** El efecto de la intemperie sobre el ladrillo está relacionado con el índice de intemperismo, el cual para algunas localidades es el producto del número promedio anual de *días con ciclo de congelamiento* y la *cantidad de lluvia que cae durante el invierno* promedio anual en pulgadas definidos como sigue:

A1.1.1 Un *día con ciclo de congelamiento* es un día durante el cual la temperatura del aire pasa por encima o por debajo de 0 °C. El número promedio de días de ciclo de congelamiento en un año puede ser considerado igual a la diferencia entre el número promedio de días durante los cuales la temperatura mínima fue 0 °C o menos y el número promedio de días durante los cuales la temperatura máxima fue 0 °C o menos.

A1.1.2 *Cantidad de lluvia que cae durante el invierno* es la suma, en pulgadas, del promedio mensual corregido de lluvias que ocurren durante el periodo entre e incluyendo la fecha normal de la primera helada en la lluvia otoñal y la fecha normal de la última helada en la primavera. La cantidad de lluvia que cae durante el invierno por algún periodo es igual a la precipitación total menos un décimo del total otoñal de nieve, agua nieve y granizo. La cantidad de lluvia que cae para una parte de un mes es prorrateada.

A1.2 El uso del ladrillo Tipo 17 en una área por encima del tipo es estructuralmente adecuado en las regiones de intemperismo severo (causado por ciclos de congelamiento y donde el ladrillo se puede congelar cuando está saturado con agua), pero el Tipo 21 proporcionaría un mayor y más uniforme grado de resistencia a la acción del frío. El grado de durabilidad denominado Tipo 21 no es necesario que se utilice en áreas por encima del tipo en la región de intemperismo moderado (causado por ciclos de congelamiento o donde el ladrillo se moja pero no se satura con agua cuando ocurre el congelamiento). Los ladrillos de Tipo 17 se comportan satisfactoriamente en áreas por encima del tipo en la región sin intemperismo (protegidas de la absorción de agua y el congelamiento), donde la resistencia a la compresión promedio de las unidades es por lo menos 17 MPa. Los ladrillos de Tipo 21 deben ser utilizados en algunas regiones cuando las unidades están en contacto con el suelo, en superficies horizontales, o en alguna posición donde sea fácil que sean penetrados por el agua.

A1.3 La correlación recomendada entre el tipo del ladrillo de construcción, índice de intemperismo, y la exposición se encuentra en la Tabla A1. El especificador puede utilizar estas recomendaciones o utilizar las descripciones del tipo y los requisitos físicos junto con la exposición del uso y las condiciones climatológicas para seleccionar el tipo de ladrillo.

TABLA A1 - Recomendaciones del tipo de ladrillo para exposiciones de la superficie

Exposición	Índice de intemperismo	
	Menos de 50	50 a más
En superficies verticales:		
. en contacto con el suelo	Tipo 17	Tipo 21
. sin contacto con el suelo	Tipo 17	Tipo 21
Diferentes a superficies verticales		
. en contacto con el suelo	Tipo 21	Tipo 21
. sin contacto con el suelo	Tipo 17	Tipo 21

A1.4 **Velocidad inicial de absorción (succión):** En el laboratorio y en el campo de la investigación se ha demostrado que mediante los métodos de construcción ordinaria no se logran juntas fuertes e impermeables entre el mortero y las unidades de albañilería cuando las unidades son asentadas teniendo excesivas velocidades iniciales de absorción. El mortero que ha endurecido un poco debido a la pérdida de la excesiva agua de mezcla por una unidad no puede realizar un contacto íntimo y completo con la segunda unidad, dando como resultado una adhesión pobre, un enlace incompleto, y juntas permeables al agua de baja resistencia. El IRA de las unidades se determina mediante el procedimiento de secado en horno descrito en el ensayo de laboratorio del IRA (succión) de la ASTM C 67. El IRA en el campo depende del contenido de humedad de la unidad de albañilería y se determina de acuerdo con el ensayo de campo del IRA (succión) de la ASTM C 67. Las unidades que tienen un IRA de campo promedio superior a 30 g/min por 194 cm² deberían tener su IRA reducido por debajo de 30 g/min por 194 cm² previo a su asentado. Las unidades se pueden humedecer inmediatamente antes de ser asentadas, pero es preferible humedecerlas completamente de 3 a 24 horas previas a su uso para dejar tiempo a que la humedad se distribuya en toda la unidad.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 399.613
2005**

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

Lima, Perú

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

**2005-06-14
1ª Edición**

R.0055-2005/INDECOPI-CRT Publicada el 2005-07-13

Precio basado en 36 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, Resistencia a la compresión, eflorescencia, congelamiento y descongelamiento, cambio inicial de absorción, cambio de longitud, módulo de rotura, descuadre, muestreo, tamaño, área de vacíos, distorsión

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	iii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	2
5. MUESTREO	2
6. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES	3
7. MÓDULO DE ROTURA	4
8. RESISTENCIA A LA COMPRESION	5
9. ABSORCIÓN	9
10. CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO	12
11. PERÍODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)	15
12. EFLORESCENCIA	19
13. PESO POR UNIDAD DE ÁREA	21
14. MEDIDA DEL TAMAÑO	21
15. MEDIDA DEL ALABEO	22
16. MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD	24
17. CAMBIO INICIAL DE ABSORCIÓN	25
18. MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS	29
19. MEDIDA DE DESCUADRES	32

20.	MÓDULO DE ROTURA	33
21.	ANTECEDENTES	35
	ANEXO A	36

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio del 2002 a noviembre del 2004, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 67:2003 a Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2004-12-06, el PNTP 399.613:2004 para su revisión y aprobación siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2005-04-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 399.613:2005 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, 1ª Edición. El 13 de julio del 2005

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 331.018 y NTP 331.019 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 67:2003 La Presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardález
Secretaria	Gabriela Esparza Requejo

ENTIDAD	REPRESENTANTE
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
CIP	ANA BIONDI
CÍA. MINERA LUREN S.A. LA CASA	GERARDO JAUREGUI
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	CARLOS CARBAJAL
PUCP	FRANCISCO GINOCCHIO GLADYS VILLAGARCÍA
UNI	RAFAEL CACHAY
SENCICO	CARMEN KUROIWA

—oooOooo—

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.

Normas Técnicas Peruanas

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

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, resistencia a la abrasión y la absorción, se ensayarán como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos; para lotes mayores se tomarán 5 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(s) cara(s) del espécimen.

6. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

6.1 Determinación del peso

6.1.1 **Secado:** Secar los especímenes en un horno ventilado de 110 °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 2,8 °C de la temperatura de cámara de enfriamiento. No se deberá usar especímenes muy calientes; para cualquier prueba se requiere unidades secas.

Los especímenes permanecerán en la cámara de secado, con las condiciones de humedad y temperatura indicados, hasta el momento de las pruebas.

6.1.2.1 Método alternativo para enfriamiento de los especímenes puede ser 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 2,8 °C de la temperatura del ambiente, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Los especímenes deben permanecer en el ambiente ventilado, con las condiciones de temperatura y humedad indicadas.

6.1.3 Determinación del peso e informe

6.1.3.1 Se determinará el peso de 5 especímenes, como mínimo, enteros y secos. La balanza a utilizar tendrá una capacidad no menor de 3 000 g y una aproximación de 0,5 g.

6.1.3.2 En el reporte de los resultados se indicará separadamente el peso de cada unidad y el promedio de todas las 5 unidades ensayadas o más con aproximación a 0,1 g.

6.2 Eliminación de la silicona de las unidades de ladrillo: Cualquiera de los polímeros orgánicos de silicona compuesta que se colocan sobre la superficie de los ladrillos, pueden ser eliminados por este proceso: caliente el ladrillo a $510\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un ambiente ventilado, por un periodo no menor de 3 horas. La diferencia de temperatura de calentamiento y enfriamiento no excederá los $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTA 1: Donde se indique las especificaciones individuales de las pruebas, adicionalmente se indicará el detalle de la preparación de los especímenes.

7. MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO DE FLEXIÓN)

7.1 Especímenes de prueba: Se ensayarán 5 unidades enteras completamente secas (véase 6.1.1).

7.2 Procedimiento

7.2.1 Apoye el espécimen de prueba en su mayor dimensión, salvo que se indique de otra manera (de manera tal que la carga se aplique en la dirección del espesor de la unidad), sobre un tramo no 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), colóquelo de tal manera que éstas estén de lado de la compresión. Aplique 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 prueba: La velocidad de aplicación de la carga no deberá exceder de 8896 N/m, pero este requerimiento se considera satisfecho si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayo, no es mayor que 1,27 mm / min, inmediatamente antes de aplicar la carga.

7.3 Cálculo e informe

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

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

Donde:

- S = Módulo de rotura del espécimen en el plano de falla, (Pa)
- W = Máxima carga aplicada con la máquina de prueba, (N)
- l = Distancia entre apoyos (mm)
- b = Ancho neto (cara a cara menos 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 hacia el plano de falla, medido en la dirección del paño a lo largo de la línea central de la superficie sometida a tensión, (mm).

7.3.2 El módulo de rotura del lote se determinará como 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 (véase 6.1.1), de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud igual a media unidad \pm 25 mm. Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de 90 cm².

El espécimen de prueba se obtendrá por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras. Se deberá ensayar como mínimo cinco especímenes.

Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras, en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio. Estos coeficientes se detallan en el anexo A.

8.2 Refrentado del espécimen

8.2.1 Todos los especímenes deberán estar preparados según lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2, 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, incorpore un aditivo o cloruro de calcio en porcentaje no mayor de 2 %. 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.

Para refrentar los especímenes se aplicarán los procedimientos indicados 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. Una vez completamente secos, cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado (yeso hemihidrato), que ha sido distribuida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana con margen de 0,08 mm en 400 mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.

Cúbrase ligeramente con una capa de aceite u otro material apropiado. Repítase esta operación con la otra superficie de contacto de los especímenes. 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: El yeso calcinado tendrá una resistencia a la compresión a las dos horas de 10 MPa, determinada en cubos de 50 mm.

8.2.4 Refrentado con azufre: Usar una mezcla que contenga 40 % a 60 % de azufre y el resto arcilla refractaria de suelo u otro material inerte apropiado, que pase el tamiz normalizado N°100 (150 µm) con o sin plastificante. Los requerimientos para las placas de la superficie del refrentado serán las descritas en 8.2.3. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa de superficie para formar un molde rectangular 13 mm más grande en cada dimensión interior del espécimen. Calentar la mezcla de azufre en un recipiente termostáticamente controlado, hasta una temperatura suficiente para mantener la mezcla fluida por un periodo de tiempo razonable después del contacto con la superficie del espécimen a ser cubierto. Cuidar de prevenir sobrecalentamiento justo antes de usarse. Llenar el molde hasta la profundidad de 6 mm con el material de azufre derretido.

8.2.4.1 Colocar la superficie de la unidad a ser cubierta, rápidamente en el líquido, y sostener el espécimen de manera tal que el eje vertical esté en ángulo recto con la superficie de cobertura. El espesor de las cubiertas serán aproximadamente las mismas. La unidad debe permanecer sin perturbar hasta que se complete la solidificación; permítase que la cubierta se enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes.

8.3 Procedimiento

8.3.1 Ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (esto es la carga será aplicada en la dirección de la profundidad del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2 mm.

8.3.2 La máquina de ensayo debe satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifican en la norma ASTM E 4.

8.3.3 El apoyo superior será un bloque metálico endurecido, asentado esféricamente y firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la máquina (rótula). El centro de la rótula se alineará con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. La rótula tendrá libertad de girar en cualquier dirección y su perímetro tendrá,

por lo menos 6 mm libres del cabezal para permitir su uso con especímenes cuyas superficies de contacto no sean exactamente paralelos a la placa. El diámetro de la superficie de contacto será al menos de 130 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 contactar los especímenes tendrán una dureza no menor de 60 HRC (HB620). 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 superficie aplanada con tolerancia de 0,03 mm y con espesor igual a 1/3 de la distancia del extremo del apoyo esférico a la esquina más distante entre el bloque apoyado esféricamente y el espécimen con cobertura. Estas planchas serán de la misma calidad 60 HCR, y tendrán una longitud y ancho que por lo menos exceda 15 mm que la longitud y ancho del espécimen y serán de una dureza similar a los planos de apoyo.

8.3.4 Velocidad de ensayo

Aplicar la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada, después de lo cual 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

8.4.1 Calcúlese la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,01 MPa:

$$C = W/A$$

Donde:

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

9. ABSORCIÓN

9.1 Determinación del peso

9.1.1 La balanza a utilizar tendrá una capacidad no menor a 2 000 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 ventilar los especímenes de prueba en concordancia con lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2 y pesar cada uno de ellos.

9.3.1.2 **Saturación:** Sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura entre 15,5 °C a 30 °C) por el tiempo especificado. Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. Pesar 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:

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

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 el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,1 %.

9.4 Ensayo en caliente de 1, 2 y 5 horas

9.4.1 **Espécimen de prueba:** los especímenes serán los mismos que los utilizados en la prueba de 5 horas y 24 horas de sumersión en agua fría, y se utilizarán en el estado de saturación que tengan luego de esa prueba.

9.4.2 Procedimiento

9.4.2.1 Utilizar el espécimen que ha sido sometido a la prueba de sumersión en agua fría y proceder al ensayo de sumersión en agua caliente, según lo indicado en 9.4.2.2.

9.4.2.2 Sumergir el espécimen en agua limpia (potable, agua destilada o agua de lluvia), a temperatura entre 15 °C a 30 °C, de tal manera que el agua circule libremente en todo el espécimen.

Calentar hasta el punto de ebullición en una hora, hervir por el tiempo especificado y luego dejar enfriar a una temperatura entre 16 °C a 30 °C. Secar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. 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 de 16 °C a 30 °C, de tal manera que una circulación completa del agua no toma más de 2 minutos, pesar los especímenes después de una hora.

9.4.3 Cálculo e informe

9.4.3.1 Calcular la absorción de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, debiendo darse el resultado 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 El resultado de la prueba de absorción de cada espécimen en agua caliente se dará con una aproximación de 0,1 %.

9.4.3.3 Calcular el promedio de la absorción en agua caliente de todos los especímenes ensayados e informar con una aproximación de 0,1 %.

9.5 Coeficiente de saturación

9.5.1 Calcular el coeficiente de saturación de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,01:

$$\text{Coeficiente de Saturación} = \frac{W_s^2 - W_d}{W_s^5 - W_d}$$

Donde:

W_d = peso seco del espécimen,

W_s^2 = peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría, y

W_s^5 = peso del espécimen saturado después de 5 horas de sumersión en agua caliente.

9.5.2 El informe del coeficiente de saturación de cada espécimen se dará con una aproximación de 0,01 %.

9.5.3 Calcular el promedio del coeficiente de saturación de todos los especímenes ensayados, e informar con una aproximación de 0,01 %.

10. CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO

Este ensayo será aplicable en las regiones del país donde la albañilería esté sometida a ciclos de congelamiento y descongelamiento.

10.1 Equipo

10.1.1 Compresora y cámara congeladora de tal diseño y capacidad que la temperatura del aire en la cámara de congelamiento no excederá de $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, una hora después de haber introducido la muestra de ladrillos, inicialmente a una temperatura no mayor de $32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.1.2 Bandejas y recipientes de metal, poco profundos, con una profundidad de $38\text{ mm} \pm 13\text{ mm}$ y una adecuada resistencia, de tal modo que conteniendo los especímenes, puedan ser transportadas por un operador.

10.1.3 Balanza: con una capacidad no menor a $2\ 000\text{ g}$ y una aproximación de $0,5\text{ g}$.

10.1.4 Horno de secado: provisto de libre circulación de aire, capaz de mantener una temperatura entre $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $115\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.1.5 Tanque de descongelamiento: de dimensiones tales que permitan la inmersión completa de los especímenes en su bandeja. Contará con un dispositivo para mantener el agua en el tanque 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 $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa entre 30% y 70% y libre de corrientes de aire.

10.2 Especímenes de prueba: los especímenes de prueba serán medios ladrillos con caras en lo posible planas y paralelas. Si es necesario las caras de los especímenes pueden ser pulidas con una sierra de albañilería; los especímenes estarán libres de astillas. Podrá usarse para este ensayo medio ladrillo remanente del ensayo de flexión o de absorción, sin embargo deberán estar en buen estado sin presentar astillados. Se removerán

las partículas libres adheridas en la superficie, como arena u otro material. Se ensayarán 5 especímenes.

10.3 Procedimiento

10.3.1 Secar y enfriar los especímenes como se describe en los apartados 6.1.1 y 6.1.2. Pesar y registrar el peso seco de cada uno.

10.3.2 Examinar cuidadosamente cada espécimen para determinar si hay presencia de rajaduras. Una rajadura se define como una fisura o separación visible por una persona con visión normal a una distancia de 30 cm bajo una iluminación 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 por lo menos 25 mm deberá separar los especímenes en la bandeja. Poner suficiente agua en la bandeja de manera tal que cada espécimen tenga por lo menos 13 mm de altura de agua, luego colocar las bandejas con los especímenes en la cámara de congelamiento por $20 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$.

10.3.5 Remover las bandejas del congelador después del tiempo indicado en el apartado anterior y sumergirlo 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 (05 ciclos consecutivos, 01 ciclo por día). Remover los especímenes de las bandejas y almacenarlos en el cuarto de secado durante $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$. Los especímenes no se apilarán, debiéndose prever entre ellos un espaciamiento de 25 mm. 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 por 05 ciclos, de acuerdo al procedimiento indicado en 10.3.4 y 10.3.5.

Si el laboratorio cuenta con personal disponible los 07 días de la semana, el almacenamiento durante $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ en la cámara de secado seguido por las $44 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$ de deshelado después del último ciclo de congelamiento, puede ser omitido. Los especímenes pueden ser sometidos a 50 ciclos de helado y deshelado en 50 días consecutivos. Cuando la semana normal de trabajo de 5 días es interrumpida, poner los especímenes dentro del ciclo de secado pudiendo extenderse el tiempo de secado fuera de lo establecido en esta sección.

10.3.7 Continuar alternadamente el secado e inmersión en agua por $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$, luego de los 5 ciclos de congelamiento y deshielo, o el número de ciclos necesarios para completar una semana normal de trabajo, hasta completar 50 ciclos de helado y deshelado. 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 seco original del espécimen.

10.4.2 **Análisis:** Examinar el espécimen para detectar las rajaduras (véase 10.3.2) y registrar la presencia de nuevas grietas desarrolladas durante la prueba de helado y deshelado. Medir y registrar la longitud de las nuevas grietas.

10.4.3 **Apreciación:** Se considera que un espécimen ha fallado en el ensayo de congelamiento y deshielo, si:

10.4.3.1 **Pérdida de peso:** Una pérdida de peso mayor que 0,5 %.

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

10.4.3.3 **Agrietamiento:** Cuando durante el ensayo se presentan grietas de longitud mayor a la menor dimensión del espécimen.

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. Cualquier falla será incluida en el informe para su clasificación, así como el número de ciclo en que ésta se produjo.

11. PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

11.1 Aparatos

11.1.1 **Bandejas y recipientes:** Bandejas y recipientes para agua, con una profundidad no menor de 25 mm, y de largo y ancho tales que la superficie de agua no sea menor de 2 000 cm². La base de la bandeja deberá ser plana cuando está apoyada convenientemente. Las dimensiones no serán menores a 200 mm de largo y 150 mm de ancho.

11.1.2 **Soportes para ladrillos:** Se usarán dos barras de acero no corrosible, de 120 mm a 150 mm de longitud, de sección transversal triangular, semicircular o rectangular, de espesor aproximado de 6 mm. El espesor de las dos barras estará entre 0,03 mm y si las barras tienen sección transversal rectangular su ancho no excederá 2 mm.

11.1.3 **Dispositivos para mantener el nivel de agua constante:** Se deberá incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua por encima de los soportes del ladrillo (véase Nota 5), incluyendo los dispositivos para agregar el agua a la bandeja en el momento de retirar los ladrillos. Un método adecuado para controlar el agua que se agrega en la bandeja consiste en: controlar que un ladrillo o medio ladrillo proporcionen un desplazamiento de 3 mm de agua que corresponde a $\pm 2,5$ %. Sumergir completamente el ladrillo referencial no más de tres horas.

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 los puntos

(3 mm - 0,25 mm) y (3 mm + 0,25 mm) sobre la superficie superior o el borde de la barra. La precisión es posible con el uso de placas de fondo o microscopio micrómetro. Cuando el nivel de agua con respecto de la superficie superior del borde de la barra se ajusta de modo que el punto más bajo de las burbujas de la superficie del agua, sea visto con reflectores de luz y el punto más alto no esté en contacto con el agua, el nivel de agua está dentro de los límites especificados. Cualquier otro método adecuado para mantener una profundidad constante de inmersión puede ser usado si se obtiene 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 desde un sifón o una alimentación por gravedad, y cerrado por un clip de resorte, proporcionará un control manual adecuado.

11.1.4 **Balanza:** Con una capacidad no menor a 3 000 g y una aproximación de 0,5 g.

11.1.5 **Horno de secado:** Conforme a los requerimientos indicados en el apartado 8.1.4.

11.1.6 **Cámara de temperatura constante:** Mantiene una temperatura de 21 °C ± 2 °C.

11.1.7 **Dispositivo de sincronización:** Para la sincronización se puede usar un reloj o un cronómetro, que indicará un tiempo de un minuto con una aproximación a 1 s.

11.2 **Espécimen de prueba:** Se ensayarán 5 ladrillos enteros.

11.3 **Procedimiento**

11.3.1 El período inicial de absorción deberá determinarse mediante el ensayo especificado, secado al horno o secado al aire. Si no se especifica, el tiempo inicial de absorción podrá ser determinado por una prueba de secado al horno. Secar y enfriar los especímenes de prueba en concordancia con los procedimientos indicados en los apartados 11.3.1.1 o 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 **Secado al horno.** Procedimiento: Secar y enfriar los especímenes de prueba según lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2.

11.3.1.2 **Secado en ambiente aireado:** Almacenar las unidades no apiladas, con separación entre ellas, en un cuarto ventilado, a temperatura entre $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa entre 30 % y 70 % por un periodo de 4 horas, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Continúe hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor de 0,2 % desde la última pesada del espécimen.

11.3.2 Medir con una aproximación de 1,27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba, para unidades rectangulares, o 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 de 0,5 g.

11.3.3 Ajuste la posición de la bandeja de la prueba de absorción, de manera tal que el fondo de la misma esté nivelado, debiéndose comprobar con un nivel de burbuja y fije el ladrillo referencial saturado encima de los soportes. Agregar agua hasta que el nivel de la misma sea de $3\text{ mm} \pm 0,25\text{ mm}$ sobre los soportes.

Cuando el espécimen de prueba sea retirado, la profundidad del agua deberá ser de $3\text{ mm} \pm 0,25\text{ mm}$ más la profundidad de los soportes. Después de retirar el ladrillo referencial, sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el periodo de contacto, $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$, se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos agregando agua si se requiere. Al final del tiempo de $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$, retirar el espécimen y secar el agua superficial con un paño húmedo y volver a pesar el espécimen con aproximación de 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 pruebe el ladrillo con las depresiones en contacto con la superficie del agua. Pruebe el ladrillo moldeado con la cara superficial 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) no difiere más de $\pm 2,5\%$ de 200 cm^2 , reportar el incremento de peso de cada espécimen con una aproximación a 0,1 g, 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 , se corregirá el peso mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0,1 g:

$$X = 200W/LB$$

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 Informar como la absorción inicial en 1 minuto el resultado de la succión corregida del espécimen (X), con aproximación a 0,1 g.

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.

11.4.5 Si el espécimen no es prismático, calcular el área neta mediante un 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 10 ladrillos enteros.

12.2.2 Los 10 especímenes se distribuirán en 5 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 los apartados 6.1.1 y 6.1.2.

12.4 Procedimiento

12.4.1 Colocar un espécimen de cada uno de los 5 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.

12.6 Precisión y desviación

No existe ninguna información sobre precisión o desviación sobre el método de ensayo por eflorescencia, debido a que el resultado no es cuantitativo.

13. PESO POR UNIDAD DE ÁREA

13.1 **Aparatos:** Una balanza sensible, del rango del 0,2 % del peso del espécimen más pequeño.

13.2 **Especimen de prueba:** Pesar 5 tejas de arcilla estructural enteras y secas (véase 5.4.1).

13.3 Cálculo e informe

13.3.1 Calcular el peso por unidad de área de un espécimen dividiendo su peso total en kg, entre el área promedio en m² de las dos caras de la unidad según se coloca normalmente en una pared.

13.3.2 Reportar los resultados de manera separada para cada unidad, así como el promedio de todas las unidades ensayadas, con aproximación a 1 g.

14. MEDIDA DEL TAMAÑO

14.1 **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.

14.2 **Especímenes de ensayo:** Medir 10 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).

14.3 **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.

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

15. MEDIDA DEL ALABEO

15.1 Aparatos

15.1.1 Varilla de acero con borde recto.

15.1.2 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 por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm. Véase Figura 1.

Dimensiones en mm

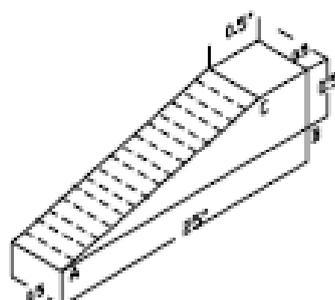


FIGURA 1 – Cuña para medir el alabeo

15.1.3 Superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y plana en el rango de 0,025 mm.

15.2 Especímenes: Usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño.

15.3 Preparación de los especímenes: Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una brocha el polvo adherido a las superficies.

15.4 Procedimiento

15.4.1 Superficies cóncavas: En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie.

15.4.2 Bordes cóncavos: Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde y es cóncava, colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Seleccionar la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla con borde recto. Usando la regla de acero o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava del borde.

15.4.2 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 de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.

15.4.4 **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 distancia más grande del borde del espécimen a la varilla. Usando la regla de acero o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión convexa del borde.

16. MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD

16.1 **Aparatos:** Para medir la longitud del espécimen se usará un micrómetro o un dispositivo de medida apropiado, graduado para leer con incrementos de 0,001 mm, fijado sobre un apoyo adecuado para sostener el espécimen de tal manera que se pueda obtener resultados reproducibles. Deben tomarse provisiones 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.

16.2 **Preparación del espécimen:** Remover los extremos de especímenes con texturas profundas, hasta el nivel de ellas, cortando perpendicularmente a la longitud del espécimen. Perforar en cada extremo del espécimen con un perforador carbonado de 6,35mm. Perforar en la intersección de las 2 diagonales de la respectiva cara. Colocar la bola 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.

16.3 **Procedimiento:** Marcar el espécimen para su identificación y medir con aproximación de 0,001 mm en un ambiente controlado y hacer medidas subsecuentes en el mismo ambiente controlado, a $\pm 0,5$ °C y ± 5 % de humedad relativa. Registrar la temperatura y humedad relativa. Colocar una marca referencial al espécimen para su orientación en el dispositivo de medida. Verificar el dispositivo de medida con el instrumento de referencia antes de cada serie de medidas.

16.4 **Informe:** Cuando se ha 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 los registros individuales así como el registro de la temperatura y humedad relativa del laboratorio.

17. CAMBIO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) – PRUEBA DE CAMPO

17.1 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 NTP, no es viable.

Este método de ensayo se aplica para evaluar la necesidad de humedecer el ladrillo. Este método de ensayo 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 según el capítulo 11, el cual requiere secar los especímenes.

17.2 Aparatos

17.2.1 Bandeja de ensayo de absorción: Una bandeja rectangular, impermeable, construida de material no corrosible, con una base rígida y chata con una profundidad interna del orden de 38 mm el largo y el ancho interior de la bandeja deberá exceder al largo y al ancho del ladrillo ensayado por un mínimo de 72 mm pero no más de 127 mm.

17.2.2 Soportes para el ladrillo: Dos barras rectangulares no corrosibles, con 6,4 mm en altura y ancho y con una longitud igual al ancho interno de la bandeja menos 25 mm. Los soportes para el ladrillo pueden ser colocados en la base de la bandeja, justo antes del ensayo puede fijarse permanentemente en dicha base. El espacio entre los soportes debe ser del orden de 100 mm menor que la longitud del ladrillo ensayado. Un dispositivo que indique el nivel de agua requerido puede adjuntarse permanentemente en el extremo de los apoyos para el ladrillo, o suspenderse desde la parte superior de la bandeja Figura 2 (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. 2.

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

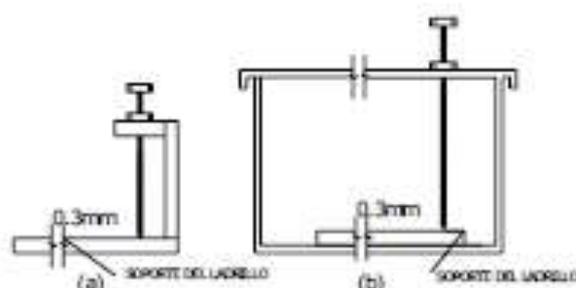


FIGURA 2 – Indicadores del nivel de agua

17.2.4 **Botella deformable:** Una botella de plástico deformable, con una capacidad de 100 ml (botella de lavado tipo Guth).

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

17.3 **Especímenes de ensayo**

Seleccionar 6 ladrillos enteros, de conformidad con lo indicado en 5.1.

17.4 **Procedimiento**

17.4.1 Sumergir completamente un espécimen de ladrillo en un contenedor, por dos horas.

17.4.2 Medir con aproximación de 2 mm, el largo y el ancho de 5 especímenes remanentes, en la superficie que estará en contacto con el agua. Si los especímenes de ensayo están perforados, determinar el área de las perforaciones en el medio de la superficie.

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

17.4.4 Retirar el espécimen prehumedecido del contenedor, removiendo el agua de la superficie y colocar el espécimen sobre los apoyos para ladrillo de la bandeja. Agregar el agua en la bandeja hasta que el agua alcance un nivel de 3 mm sobre los apoyos para ladrillo. (En el caso de estar usándose un indicador de punta de nivel de agua, poner agua en la bandeja hasta que el agua haga un contacto mínimo). Remover el ladrillo prehumedecido e inclinar suficientemente el ladrillo de manera que una de las esquinas sirva como punto de goteo del agua que escurre de su superficie para retornar a la bandeja. Una sacudida ligera puede ser necesaria para hacer que caiga la última gota. Colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en el contenedor de agua.

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

17.4.6 Colocar el primer espécimen de ensayo cuadrándolo sobre los apoyos para ladrillo, contando como tiempo cero el momento 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. Una sacudida ligera puede ser necesaria para hacer que caiga la última gota.

17.4.6.1 Continuar colocando los especímenes remanentes de ensayo dentro de la bandeja, de la misma manera hasta que los 5 especímenes sean ensayados. Durante el ensayo agregar agua a la bandeja, utilizando la botella deformable para mantener el nivel de agua aproximadamente constante a 3mm de profundidad. Volver a llenar la botella deformable con 100 ml de agua cuando esté vacía registrando cada llenada.

17.4.6.2 Después que el último espécimen es ensayado colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en la bandeja, restaurando el nivel original de agua 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 atrapado de aire bajo su superficie.

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

17.5 Cálculo e informe

17.5.1 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 5 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

17.5.2 Cuando el promedio del área de la superficie neta en contacto con el agua (suma de áreas de superficie neta dividida entre el número de especímenes) difiera para muestra dada 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 5, el número de especímenes de ensayo.

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

17.5.3 Si el promedio de la superficie neta en contacto con el agua difiere 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:

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

Donde:

- V_c : Volumen promedio de agua absorbida por un espécimen, corregido sobre la base de 195 cm^2 de superficie, ml
 A_n : Suma de las áreas de superficie netas en contacto con el agua de todos los especímenes ensayados cm^2

17.5.4 Informe: Informar el volumen corregido (V_c) como el IRA (campo) en $\text{g}/\text{min}/195\text{cm}^2$.

17.6 Precisión y desviación: A la fecha no se dispone de datos suficientes para una declaración de precisión y sesgo.

18. MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS

18.1 Aparatos

- 18.1.1 Regla de acero o calibradores: según dispuesto en el apartado 14.1.
- 18.1.2 Cilindro graduado: un cilindro de vidrio con capacidad de 500 ml.
- 18.1.3 Papel: una hoja de papel con superficie dura no menor de 610 mm x 610 mm.
- 18.1.4 Arena: 500 ml de arena limpia y seca.
- 18.1.5 Varilla de acero con borde recto.
- 18.1.6 Superficie chata: una superficie limpia, seca, chata, lisa y nivelada.
- 18.1.7 Escobilla: de cerda suave.

18.1.8 Felpudo de neopreno: una esponja de neopreno celulada de 610 mm x 610 mm y 6 mm de espesor.

18.1.9 Balanza: véase 11.1.4.

18.2 **Especímenes de prueba:** Se usará una muestra de 10 unidades seleccionada según lo descrito para la determinación del tamaño (pueden ser utilizadas las muestras tomadas para la determinación del tamaño).

18.3 **Preparación de las muestras:** Ensayar los especímenes tal cual se reciben, únicamente se eliminará con la escobilla las partículas de polvo u otras adheridas a las superficies.

18.4 Procedimiento

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

18.4.2 Sobre la superficie chata apoyar la esponja de neopreno y sobre ella extender la hoja de papel. Sobre el papel colocar el espécimen a ser ensayado (perforaciones verticales).

18.4.3 Rellenar las perforaciones con arena, permitiendo que la arena caiga libremente. Utilizando la vanilla de acero con borde recto nivelar la arena en las perforaciones. Con la escobilla, remover todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.

18.4.4 Levantar el espécimen posibilitando que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel.

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

18.4.6 Con una porción separada de arena, llenar un cilindro de 500 ml hasta la graduación de 500 ml, posibilitando 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.

18.5 Cálculo e informe

18.5.1 Determinar el volumen de arena contenido en el espécimen de ensayo como sigue:

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

Donde:

- V_s : Volumen de arena contenida en el espécimen de ensayo.
- S_c : Peso, en g de 500 ml de arena contenida en el cilindro graduado.
- S_u : Peso en g de la arena contenido en el espécimen de ensayo.

18.5.2 Determinar el porcentaje de vacíos como sigue:

$$\% \text{Área vacíos} = \frac{V_s}{V_v} \times \frac{1}{16,4} \times 100$$

Donde:

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

18.5.3 Informar, como el porcentaje de área de vacíos, el resultado de la ecuación dada en 18.5.2, para cada espécimen, con una aproximación a 1 %.

19. MEDIDA DE LA DEFORMACIÓN DEL ENCUADRE EN ESQUINAS

19.1 Aparatos

19.1.1 Regla de acero o calibrador: según se describe en el apartado 14.1.

19.1.2 Escuadra de carpintero de acero.

19.2 Procedimiento

19.2.1 Colocar un brazo de la escuadra de carpintero adyacente a lo largo del espécimen ubicado de soga. 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 Figura 4.

19.2.2 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 Figura 3.

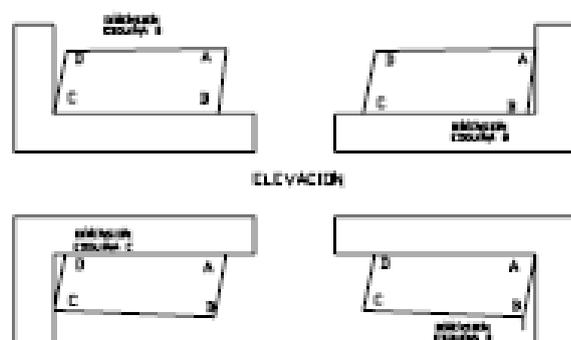


FIGURA 3 – Medida de descuadres



FIGURA 4 - Ubicación de la escuadra

20. MÓDULO DE ROTURA

20.1 Especímenes de prueba: Los especímenes de ensayo consistirán de unidades enteras (véase 6.1.1). Se ensayarán cinco de tales especímenes.

20.2 Procedimiento

20.2.1 Ensayar unidades que han sido secadas de conformidad con lo prescrito en el apartado 6.1.1.

20.2.2 A menos que se especifique y se informe de otra manera, apoyar el espécimen de ensayo sobre su base (esto es, aplicar la carga en la dirección de la altura del espécimen. La carga debe aplicarse en el centro del tramo, con aproximación de 2 mm de dicho centro. Si el espécimen tiene cavidades o depresiones, colocar el espécimen de manera tal que las cavidades o depresiones estén en sus caras inferiores. Los apoyos para los especímenes serán barras de acero sólido de $12,7 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ de diámetro, colocadas a $13 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ de cada extremo. La longitud de cada apoyo será por lo menos igual al ancho del espécimen. Véase Figura 5.

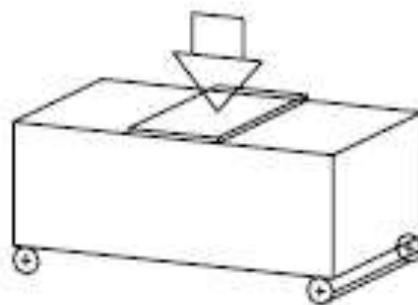


FIGURA 5 - Aplicación de la carga

20.2.3 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.

20.2.4 **Velocidad de ensayo:** La velocidad de carga no excederá las 8 896 N minuto, este requerimiento puede considerarse como satisfecho si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayos inmediatamente antes de aplicarse la carga, no es mayor que 1,3 mm minuto.

20.3 Informe

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

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

20.3.3 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.

22. ANTECEDENTE

ASTM C 67:2003a Standard test methods for sampling and testing
brick and structural clay tile

ANEXO 8. Fotografías



Rotulado de ladrillos para ensayo de resistencia a la compresión



Tomando el peso de los ladrillos Pirámide y Roy



Refrentado del Ladrillo Roy



Refrentado de Ladrillo Pirámide



Elaboración de pilas para Ensayos de Compresión axial por Pilas



Muestras de Ladrillos Roy para Ensayos compresión axial por pilas



Muestras de Ladrillos Pirámide para Ensayos compresión axial por pilas



Falla ideal de pilas



Falla por trituración



Preparación de la muestra para ensayo de porcentaje de vacíos



Procedimiento ensayo de Alabeo ladrillo Pirámide



Procedimiento ensayo de Alabeo Ladrillo Roy



Ensayo de resistencia a la compresión Ladrillo Pirámide



Ensayo de resistencia a la compresión Ladrillo Roy



Ensayo de Compresión axial por pilas Ladrillo Pirámide y Roy