

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Efecto de la sustitución del 15% del cemento por una combinación de ceniza de tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5% en la resistencia de un ladrillo de concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>”**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor:**

Ninaquispe Arias, Luis Enrique

**Asesor:**

Flores Reyes, Gumercindo  
Código Orcid: 0000-0002-2305-7339

**Chimbote – Perú**  
**2021**

**Palabras clave:**

---

<b>Tema</b>	Resistencia del Ladrillo
-------------	--------------------------

---

<b>Especialidad</b>	Tecnología del concreto
---------------------	-------------------------

---

**Keywords:**

---

<b>Theme</b>	Brick Strength
--------------	----------------

---

<b>Specialty</b>	Concrete Technology
------------------	---------------------

---

**Línea de Investigación**

---

<b>Línea de Investigación</b>	Construcción y gestión de la construcción
-------------------------------	---

---

<b>Área</b>	Ingeniería y Tecnología
-------------	-------------------------

---

<b>Sub-Área</b>	Ingeniería Civil
-----------------	------------------

---

<b>Disciplina</b>	Ingeniería civil Ingeniería de la construcción
-------------------	---

---

**“Efecto de la sustitución del 15% del cemento por una combinación de ceniza de tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5% en la resistencia de un ladrillo de concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>”**

## **Resumen**

El Centro Poblado Santa Clemencia situado a 40 min de la ciudad de Chimbote presenta un déficit con múltiples riesgos por la condición de las viviendas que habitan los pobladores del pueblo mencionado, aproximadamente el 70% de casas son de material rustico (adobe y quinchas); el 30% son de estructuras de material noble por tal situación socioeconómica que sufren los pobladores que habitan en la mencionada zona rural.

Por tal motivo, surge el presente trabajo de investigación con el objetivo de implementar un nuevo diseño en la elaboración del ladrillo de concreto, donde se dispone a sustituir en 15% de cemento por la combinación del 10% de ceniza de la tuza de maíz y en un 5% el vidrio molido, por lo cual se espera que en la prueba de la resistencia a la compresión del ladrillo obtengamos una óptima resistencia, la que será realizado según la norma E-070.

La finalidad de este trabajo de investigación es mostrar a la población del centro poblado Santa Clemencia que utilizando nuevos materiales de bajo costo en la preparación del ladrillo de concreto puede llegar a tener la misma resistencia que un ladrillo convencional, así permita la construcción de sus hogares con un menor costo y protegerlos de un eventual sismo.

### **Abstract**

The Santa Clemencia Town Center located 40 minutes from the city of Chimbote presents a deficit with multiple risks due to the condition of the houses inhabited by the inhabitants of the mentioned town, approximately 70% of houses are made of rustic material (adobe and quinchas); 30% are made of noble material structures due to the socioeconomic situation suffered by the residents of the aforementioned rural area.

For this reason, the present research work arises with the objective of implementing a new design in the elaboration of concrete brick, where it is arranged to substitute 15% of cement for the combination of 10% of ash from the corn gopher and ground glass is 5%, which is why it is expected that in the test of the compressive strength of the brick we will obtain an optimal resistance, which will be carried out according to the E-070 standard.

The purpose of this research work is to show the population of the Santa Clemencia population center that using new low-cost materials in the preparation of concrete brick can have the same resistance as a conventional brick, thus allowing the construction of their homes. with a lower cost and protect them from an eventual earthquake.

## **Indice General**

<b>Palabras clave:</b> .....	i
<b>Título</b> .....	ii
<b>Resumen</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	iv
<b>Indice General</b> .....	v
<b>I. Introducción</b> .....	1
<b>Antecedentes</b> .....	1
<b>Justificación de la investigación</b> .....	25
<b>Formulación del problema</b> .....	26
<b>Hipótesis Principal</b> .....	31
<b>Objetivos</b> .....	31
<b>II. Metodología</b> .....	32
<b>III. Resultados</b> .....	48
<b>IV. Análisis y Discusión</b> .....	52
<b>V. Conclusiones</b> .....	53
<b>VI. Recomendaciones</b> .....	54
<b>VII. Agradecimientos</b> .....	55
<b>VIII. Referencia Bibliográfica</b> .....	59
<b>IX. Anexos</b> .....	61

## Índice de Tablas

<b>Tabla1</b>	Las propiedades químicas y físicas del cemento portland y algunos materiales cementantes.	1
<b>Tabla2</b>	Requisitos Granulométricos	14
<b>Tabla3</b>	Las propiedades químicas y físicas de cemento portland y algunos materiales cementantes.	23
<b>Tabla4</b>	Datos Generales Poblacionales.	28
<b>Tabla5</b>	Datos de Construcción de viviendas.	29
<b>Tabla6</b>	Total de viviendas en Chimbote	30
<b>Tabla7</b>	Pesos según dosificación por (Pie3), PATRÓN	41
<b>Tabla8</b>	Unidades de ladrillo patrón	41
<b>Tabla9</b>	Pesos según dosificación por (Pie3), EXPERIMENTAL	43
<b>Tabla10</b>	Pesos según dosificación por 01 unidad de ladrillo en (Kg) - EXPERIMENTAL	43
<b>Tabla11</b>	Cantidad de ladrillo por m <sup>2</sup> de muro	45
<b>Tabla12</b>	Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos de concreto (patrón)	48
<b>Tabla13</b>	Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos de concreto (experimental)	50

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Cono de Abrams	21
<b>Figura 2</b>	Inspección de Materia Prima (Tusa de Maíz).	22
<b>Figura 3</b>	Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) frente a la sílice amorfa (b)	24
<b>Figura 4</b>	Módulos de triplay y quincha.	30
<b>Figura 5</b>	Construcción de arcilla (adobe)	30
<b>Figura 6</b>	Módulos de triplay	31
<b>Figura 7</b>	Módulos de Arcilla	31
<b>Figura 8</b>	Peso específico de la arena	36
<b>Figura 9</b>	Peso específico de la piedra	36
<b>Figura 10</b>	Localización de la materia prima	36
<b>Figura 11</b>	Proceso casero de quemado	37
<b>Figura 12</b>	Empaquetadura de la ceniza de tusa de maíz.	37
<b>Figura 13</b>	Calcinación de ceniza a 200°C	37
<b>Figura 14</b>	Pulverizado con mortero.	38
<b>Figura 15</b>	Pasar la malla 200.	38
<b>Figura 16</b>	Selección de vidrio blanco	38
<b>Figura 17</b>	Proceso de vidrio molido	39
<b>Figura 18</b>	Medidas de seguridad	39
<b>Figura 19</b>	Materia prima obtenida	39
<b>Figura 20</b>	Peso de los materiales	39
<b>Figura 21</b>	Proceso de mezclado	39

<b>Figura 22</b>	Moldeado del ladrillo	40
<b>Figura 23</b>	Achurado de la mezcla	40
<b>Figura 24</b>	Compactado de la mezcla	40
<b>Figura 25</b>	Desencofrado de la unidad de ladrillo	40
<b>Figura 26</b>	Unidades de ladrillo patrón	41
<b>Figura 27</b>	Materias primas: Vidrio molido y ceniza de tusa	42
<b>Figura 28</b>	Mezcladora en actividad	42
<b>Figura 29</b>	Recepción de la mezcla	42
<b>Figura 30</b>	Moldeado del ladrillo	42
<b>Figura 31</b>	Unidades de ladrillos experimentales	43
<b>Figura 32</b>	Acondicionamiento para curado del ladrillo	44
<b>Figura 33</b>	Impermeabilizando poza	44
<b>Figura 34</b>	Ladrillos sumergidos por 28 días	44
<b>Figura 35</b>	Cálculo de (n) ladrillos.	45
<b>Figura 36</b>	Preparación de mezcla - capping	46
<b>Figura 37</b>	Nivelación de caravistas	46
<b>Figura 38</b>	Unidades de ladrillos patrón en secado, después del capping	47
<b>Figura 39</b>	Unidades de ladrillos patrón sometidos a ensayo a la compresión	47
<b>Figura 40</b>	Unidades de ladrillos experimentales en secado, después del capping	47
<b>Figura 41</b>	Unidades de ladrillos experimentales sometidos a ensayo de resistencia a la compresión	47
<b>Figura 42</b>	Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (patrón)	49
<b>Figura 43</b>	Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (experimental)	51
<b>Figura 44</b>	Comparación de resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (patrón y experimental)	52

### **Índice de Esquema**

<b>Esquema 1</b>	Grupo de Ladrillos al Azar	36
------------------	----------------------------	----

## I. Introducción

### Antecedentes

**Javad (2014)**. Complementary cement materials origin from agricultural waste (Tesis de Pregrado). Universidad de Malaya, Malasia. Las Cenizas de tusa de maíz (CCA) es una pérdida muy bien derivada de la combustión de maíz. Para el año 2000, la producción mundial fue de unos 589 millones de toneladas de maíz de alrededor de 139 millones de hectáreas. En África, África del Sur tuvo la mayor producción, con 8,04 millones de toneladas en 2001, mientras que Nigeria fue el segundo mayor productor, con 4,62 millones de toneladas. Estudios previos determinaron que la ceniza mazorca de maíz calcinada a 600 °c por un tiempo de 2 h puede llegar al contenido del 65% de SiO<sub>2</sub>. Mostrando que la ceniza de la mazorca de maíz contiene propiedades pulsolánicas que se puede emplear como cemento en la elaboración del hormigón.

Estas propiedades químicas y físicas de CCA se describen en la Tabla 01. Adesanya y Raheem obtuvo la composición química de la ceniza de la mazorca de maíz (CCA) por inter molienda de la ceniza con el clinker de cemento Portland en el 0%, 2%, 4 %, 6%, 8%, 10%, 15%, 20% y 25% de reemplazo durante el proceso de fabri-Turing. La muestra de referencia de control fue servido por el reemplazo de 0%. Los resultados mostraron que el contenido de SiO<sub>2</sub> del cemento mezclado aumentó de 21,53% a 23,69% para 2% a 25% de reemplazo CCA.

**Tabla 01:**

*Las propiedades químicas y físicas del cemento portland y algunos materiales cementantes.*

Chemical composition (%)	Ordinary Portland Cement I	Corn cob ash (CCA)
SiO <sub>2</sub>	20.4-22.0	65.4-67.3
AlO <sub>3</sub>	3.7-5.3	6.0-9.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.3-4.2	3.8-5.6
CaO	61.5-65.4	10.3-12.9
MgO	1.2-4.8	1.8-2.3
SO <sub>3</sub>	2.2-3.0	1.0-1.1
Na <sub>2</sub> O	0.1-0.2	0.4-0.5
K <sub>2</sub> O	0.3-1.1	4.2-5.7
LOI	0.4-2.3	0.9-1.5
Physical propietes		
Median particle size (um)	-	29.0-45.0
Specific gravity	3.0-3.3	2.5-3.6
Blaine fineness(m <sup>2</sup> /kg)	336.5-399.0	270.0-385.0

*Fuente: ADESANYA Y RAHEEM – Chemical composition Ordinary Portland Cement I*

**Adesanya (1996).** Development of corn cob ash mixed in cement (Tesis Posgrado). Universidad de San Diego, San Diego, California, United States, En un intento de convertir producto de desecho en el material útil para la industria de la construcción, esta investigación consideró el uso de la ceniza de la mazorca de maíz (CCA) como una puzolana en la producción de cemento. El estudio investigó la composición química de la CCA. Producción de la fábrica de la CCA - cemento mezclado se llevó a cabo mediante la sustitución de 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso de clinker de cemento Portland ordinario con CCA. La sustitución 0% sirve como el control.

Los resultados mostraron que CCA es un material puzolánico que satisface los requisitos de la mezcla de SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de más de 70%. Los cementos mezclados producen también satisfechos tanto NIS 439: 2000 y ASTM C 150 requisitos, especialmente en los niveles más bajos (<15%) de la sustitución porcentaje CCA. Con base en los resultados de la prueba, se concluyó que CCA podría utilizarse adecuadamente en la producción de cemento mezclado.

**Sevillano & Ninaquispe (2015).** Compressive strength 175 kg / cm<sup>2</sup> of a concrete brick in the cement has been replaced by 10% by corncob ash in the C.P. Santa Clemencia (Tesis de Pregrado). Universidad Privada San Pedro, Chimbote, Perú.

- Los ladrillos elaborados con ceniza de tusa de maíz en sustitución al 10% del cemento, llegan con una Resistencia a la Compresión de 177.68 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado; resistencia a la que se quiso llegar según la NTP para Ladrillos.
- La ceniza de tusa de maíz tiene la similitud de las propiedades químicas de un cemento portland; concluyendo así que reacciona como un material cementante después de la calcinación a 600 °C por 2 horas.
- Se pudo observar la diferencia en el secado y curado bajo sombra y expuesto al sol, que se produce un cambio brusco de un estado fresco a un estado seco,

afectando así a la resistencia del ladrillo; y favoreciendo al proceso de secado en sombra ya que su tiempo de fragua es lento.

- La resistencia de los ladrillos (Convencional y Experimental) no tienen variación significativa para los 07 días de ensayo en los que se comprobó la efectividad del uso de la ceniza al 10% de tusa de maíz como cemento.

**Roz, Nassar & Parviz (2012).** Replace a percentage of the cement of the concrete, with a sample of pulverized glass, the average size of 13  $\mu\text{m}$  (Tesis de Posgrado). Universidad Estatal de Michigan, EE. UU. El vidrio tiene una buena resistencia a la compresión, aproximadamente en el orden de 10.000 Kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la tracción para el vidrio templado 1.000 Kg/cm<sup>2</sup>. Durabilidad del concreto con agregado reciclado que contiene vidrio molido reemplazando parcialmente el cemento. Durante la revisión de la investigación, se detalla a continuación: El ensayo consistió en reemplazar un mínimo porcentaje del cemento con una muestra de vidrio blanco, del cual el tamaño promedio obtenido es de 13  $\mu\text{m}$ . Los ensayos se realizaron siguiendo las normas ASTM, para cada una de las fases de la investigación.

### **Fundamentación Científica**

#### **Del Rio, J. (1975), define que:**

Los ladrillos de concreto son elementos que tienen una forma rectangular, cuyo material usado para su fabricación es el conftillo, arena y cemento que son realizados con moldes individuales o dobles, estas son sometidas a presión mediante golpes con molde especial que junto a una comba se realiza la ejecución de la actividad, para el desmoldado de los ladrillo se realiza en un terreno firme mayormente se colocan planchas de triplay para que el acabado inferior sea liso y sin brumos, el curado de los ladrillos se concreto es con el sistema de regado manual con un tiempo de 28 días antes de ser utilizado en la construcción. Estos deberán de tener una sola dosificación de la cantidad de agregados por ladrillo por la cantidad de bolsas de concreto que se

emplearas para la elaboración en grandes cantidades, la elaboración de estos elementos se realiza artesanal como industrial en la actualidad. (p,18)

### **Características del ladrillo:**

El uso de estos elementos de concreto es en albañilería, como, construcción de muros entre otros, del cual se tiene que realizar un buen diseño ya que estos están constantemente a efectos de la naturaleza.

El ladrillo es considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras. (p,20)

Un ladrillo que no tuvo un proceso constructivo adecuado puede llegar a ser muy duro, pero sin llegar a la resistencia óptima del cual queda anulada por presentar fisuras, o también puede llegar a estar blando esto llevaría a que se deteriore con facilidad a cambio de temperatura, como desmoronarse fácilmente quedando inservible.

En conclusión, las características físicas de un buen ladrillo son las que tienen un proceso construcción adecuado y un óptimo curado con la cantidad de agua requerida. (p,21)

### **Propiedades de los ladrillos:**

**Según Del Rio, J. (1975), define que:**

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. Se pueden dividir en dos categorías mayores:

### **Propiedades físicas del óptimo acabado del elemento:**

**Color:** Conlleva a la óptima composición en la mezcla de las materias primas y de la cuidadosa forma de curado.

**Textura:** La apariencia de la superficie y el acabado de cada elemento es el resultado de un buen proceso constructivo.

### **Propiedades en la ingeniería:**

Se presenta las siguientes propiedades (físicas y mecánicas) de cada elemento de concreto:

#### **En resistencia estructural:**

**Resistencia a la compresión ( $F^c$ ):** Ensayos del cual permite que el elemento de concreto llegue soportar a compresión.

Variabilidad dimensional, Cada elemento de concreto tiene una dimensión, y una variabilidad de la altura del elemento.

**Alabeos:** poseen en su medición concavidades.

**Absorción:** Posee la capacidad de absorber agua, este en el inicio ayuda en llegar a su mayor resistencia. (p,23)

### **Clasificación de los ladrillos**

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070 (RNE,2020), clasifica al ladrillo en cinco tipos:

Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas. (p,270)

La Norma Técnica Peruana 331.017 (NTP,2003), clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

- **Tipo 21:** Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- **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.
- **Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- **Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión. (p,354)

### **Materia Prima**

#### **Materiales Componentes del Concreto:**

##### **Cemento Portland:**

**La Norma Técnica Peruana 331.017 (NTP,2003), define que:**

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. (p,198)

### **Elaboración del Cemento Portland:**

**Según Somayaji, S. (2009). Indica que:**

La mezcla de los materiales primos previamente molidas (Caliza y arcilla), están pasan un proceso de cocción a una temperatura de 1400 – 1450 °C en hornos giratorios. Una vez enfriado el Clinker molido en polvo fino posteriormente se pasa a envasar en losas de material papel de varias capas, es lo que constituye el cemento portland de venta comercial. Durante el molido de agrega un porcentaje de yeso de 3% a 4% para permitir la trabajabilidad de la fragua del cemento. (p,95)

### **Composición química del Cemento Portland:**

Ya que el cemento es la mezcla de varias componentes, del cual se presentan 4 compuestos que tienen más del 90% del peso del cemento y son:

- Silicato Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) C3S
- Silicato Dicálcico ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) C2S
- Aluminio Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) C3A
- Aluminio Ferrita Tricalcica ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) C4AF

Estos 4 compuestos principales que tiene el cemento contribuyen al comportamiento del mismo, por ejemplo; estado plástico - endurecido – hidratación.

- **Silicato Tricálcico:**  
Define la resistencia en el periodo inicial y su incidencia es directa al calor de hidratación (S3S).
- **Silicato Dicálcico:**  
Define la resistencia en el periodo de largo plazo y su incidencia es menor al calor de hidratación (C2S).
- **Aluminio Tricálcico:**

Se define como catalizador en la combinación con los silicatos con el fraguado violento, es necesario completar con yeso en la mezcla de 3 a 6% para su respectivo control (C3A).

- **Aluminio Ferrita Tricalcica:**

Este compuesto trasciende en la velocidad de hidratación y su incidencia es menor al calor de hidratación (C4AF).

- **Oxido de Magnesio:**

Se define como el componente que genera expansión en la pasta hidratada y endurecidas en contenidos del 5% (MgO).

- **Oxido de Potación y Sodio:**

Se definen como elementos que producen reacciones químicas que generan expansiones en los cementos (K<sub>2</sub>O5NaO). (p,98)

### **Características del Cemento Portland:**

Es la mezcla de arcilla y caliza, que se procesa y como resultado es un polvo que tiene apariencia de color gris. Se embolsa en bolsa de papel con varias capas con un peso de 42.5 kg por bolsa con 1 pie<sup>3</sup> de capacidad, del cual tiene un peso específico de 3.12. (p,99)

### **Tipos de cemento Portland y sus aplicaciones:**

La ASTM C-150 (ASTM,2003), define que:

Existen 5 tipos de cemento portland con propiedades que se han normalizado del cual tenemos:

- Cemento tipo I
- Cemento tipo II
- Cemento tipo III
- Cemento tipo IV
- Cemento tipo V. (p,248)

### **Agua:**

#### **La ASTM C-150 (ASTM,2003), define que:**

El agua es un elemento fundamental para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto. El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacios para desarrollarse.

También deberá hacerse un ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por, medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua acida tomara un color rojizo. Así mismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 50 grs) y se le hecha algunas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible.

Deberá entenderse que estos ensayos rápidos no pueden reemplazar a los de laboratorio, y solo se utilizan para tener indicios que posteriormente se comprobara en un laboratorio competente. (p,250)

### **Agua recomendable:**

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas “aguas potables” cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere a los contenidos de sulfatos y carbonatos, sin embargo, sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto. (p,251)

### **Agregados:**

Se define como agregados al conjunto de partículas inorgánicas obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. (p,253)

### **El Agregado en el Concreto:**

El concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneas como son el cemento, el agua y los agregados y a veces algunos aditivos; de estos materiales el que en mayor proporción interviene en la formación del concreto son los agregados, material que no se puede considerar como un simple relleno sino que su selección y empleo debe de estar de acuerdo con las normas establecidas, ya que las proporciones del concreto dependen de las propiedades de los agregados también. Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto cuando este es recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. (p,255)

### **Función del agregado en el concreto:**

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.
- Proporcionar un relleno natural de bajo costo adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y por lo tanto, tener un costo por unidad de volumen de concreto no elevado. (p,257)

### **Función del agregado en el concreto:**

Además de la consideración de la composición mineral y las características superficiales de las partículas de agregado, la buena gradación granulométrica de estos agregados es de vital importancia en el diseño e interacción de la mezcla ya que esta propiedad así como la superficie específica, módulo de fineza y tamaño máximo influyen fundamentalmente sobre las propiedades de concreto en su estado no endurecido y maximiza la densidad logrando una reducción de vacíos con la que se estaría optimizando el concreto. (p,258)

### **Materiales perjudiciales al concreto contenido en los agregados:**

Los límites permisibles son:

Arcilla 0.25%

Partículas blandas 5%

Materias más finas que la malla N ° 200.

Carbón y lignito 1%. (p,258)

### **Agregados para concreto de diversos pesos unitarios:**

Una característica importante del concreto es su peso unitario, porque es el indicador de las propiedades que a su vez influyen decisivamente en el ejemplo que se le da. Como es evidente, dicha característica del concreto depende principalmente del peso específico de los agregados que lo integran.

Las clases de concreto según su peso unitario son:

**Baja Densidad:** Son concretos de baja densidad cuyo peso varía entre 300 - 800 Kg/m<sup>3</sup>, dicho concreto es usado para aislamiento termino y acústico de muy baja resistencia (menos de 70Kg/cm<sup>2</sup>).

**Ligero Intermedio:** Son concretos de peso ligero intermedio que varía entre 800-1400 kg/m<sup>3</sup>, dicho concreto no es de uso estructural, de baja resistencia (de 70 a 175 kg/cm<sup>2</sup>).

**Ligero Estructural:** Son concretos ligeros cuyo peso varía entre 1400-1900 Kg/m<sup>3</sup>, dicho concreto es de uno estructural de mediana y alta resistencia (de 175-500 Kg/cm<sup>2</sup>).

**Peso Normal:** son concretos normales, cuyo peso varía desde 2200-2500Kg/m<sup>3</sup>, el cual puede ser de uso no estructural, desde muy baja hasta alta resistencia (de 500 hasta 1200 Kg/cm<sup>2</sup> e inclusive mas).

**Pesado:** son concretos cuyo peso varía entre 2600-5500 Kg/m<sup>3</sup> y es usado frecuentemente para blindaje contra radiaciones, contrapesos de puentes levadizos y otras aplicaciones especiales, con diversos requisitos de resistencia. (p,262)

### **Tipo de Agregados**

#### **Agregado Fino:**

**La ASTM C-128 (ASTM,2003), define que:**

El agregado fino es un material que es obtiene de la desintegración natural o artificial de otros agregados de mayor tamaño. Esta comprendido por todos tamaños que pasan por la malla 3/8'' y quedan retenidas en la malla N°

200. Para ser utilizado en la proporción de concreto deberá cumplir con ciertas propiedades físicas controladas por normas de calidad. (p,354)

### **Propiedades Físicas del Agregados Fino:**

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas NTP. (p,356)

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirán obtener valor que serán utilizadas para los diseños de mezclas de concretos a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa la malla N°200, contenido de humedad y absorción. A continuación, presentamos las propiedades físicas estudiadas. (p,357)

- Peso Específico (N.T.P 400.022 / A.S.T.M C-128)

Peso específico de masa; es la relación del peso al aire de un volumen unitario de un agregado incluyendo los vacíos al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada, se puede emplear agua potable libre de gas a la temperatura establecida. Se usa en los diseños de mezclas y en la determinación del peso sólido y volumen absoluto. La norma ASTM C-128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino.

Teniendo comúnmente el siguiente rango para concretos normales: peso unitario de 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2550 Kg/m<sup>3</sup> y un peso específico de los agregados de 2.4 gr/cm<sup>3</sup> a 2.8 gr/cm<sup>3</sup>. Peso específico aparente; es la relación del peso en aire de volumen unitario de un agregado al peso en aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada o agua potable libre de gas a la temperatura establecida.

Es necesario para la dosificación de la mezcla de la mezcla, para el cálculo de los volúmenes absolutos del material. (p,358)

- **Peso Unitario** (N.T.P 400.0172 / A.S.T.M C-29)

Se define como peso unitario al peso que alcanza un determinado volumen unitario, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; su expresión es en kg/cm<sup>3</sup>.

- **Peso Unitario Suelto:**

El proceso se basa en llenar el agregado continuamente hasta completar el volumen del molde sin compactación.

- **Peso Unitario Compactado:**

El proceso de base en llenar en 3 capas iguales en este caso se aplicará compactación por medio de una varilla en cada capa.

- Granulometría.
- Perfil y Textura superficial.
- Condición de Humedad.
- Grado de compactación de masa.
- Granulometría (N.T.P 400.012 / A.S.T.M C-33)

Este ensayo se caracteriza en separar los agregados en distintos tamaños, colocando una serie de mallas desde la malla 3/8" hasta la malla N° 100. Todo procedimiento esta dado por la norma indicada. (p,360)

**Tabla N° 02**

*Requisitos Granulométricos*

Malla		% que pasa
3/8"	9.5 mm	100
N° 4	4.75 mm	95-100
N° 8	2.36 mm	80-100
N° 16	1.18 mm	50-100
N° 30	600 um	25-60
N° 50	300 um	10-30
N° 100	150 um	0

*Fuente: Norma ASTM C-33. Granulometría*

- **Superficie Especifica:**

Se define como la suma total de las áreas superficial por unidad de peso del agregado fino. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación. (p,362)

- **Módulo de Fineza**

**Según la Norma Técnica Peruana (N.T.P 400.011, 2008) define que:**

Siendo igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar, el valor del módulo de fineza para la fabricación del concreto debe estar comprendido entre  $2.30 \leq m.f. \leq 3.10$ . Las arenas que presentan un m.f. inferior a 2.30 se consideran demasiadas finas e inconvenientes para el concepto porque suelen requerir mayor consumo de cemento, lo cual repercute en el aspecto económico y en los cambios volumétricos. Si son mayores a 3.10 resultan demasiados gruesos y también se les juzga inadecuada ya que producen mezclas ásperas y segregables. El módulo de finura del agregado fino se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: N°4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividiendo entre 100; del ensayo granulométrico. (p,195)

De la forma siguiente:

$$M.F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

- **Contenido de humedad** (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-12)

Según la Norma Técnica Peruana (N.T.P 400.011, 2008) define que:

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno a 110°C, entre el peso de la materia; y a este coincide se multiplica por 100. Los agregados usualmente son considerados en un estado saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos y llenos de agua y libre de humedad superficial, siendo una condición ideal para fines prácticos de diseño y dosificación ya que se supone que los agregados no añaden ni quitan agua a la mezcla. (p,230)

- **Porcentaje de absorción** (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-125)

Según la Norma Técnica Peruana (N.T.P 400.011, 2008) define que:

La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición del equilibrio Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción en el agregado fino no suele exceder del 5%. (p,232)

**Requisitos de uso:**

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones partículas escamosas o blandas, requisitos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría. (p,233)

### **Agrega Grueso:**

La ASTM C-127 (ASTM,2003), define que:

Son materiales obtenidos por la desintegración natural o mecánicas de rocas de mayor tamaño. Se trata del material que es retenido en la malla N°4, y para que pueda ser utilizado en la proporción de concreto, sus propiedades deben cumplir los controles de calidad que especifica la norma. (p,356)

### **Propiedades Físicas del Agregado Grueso:**

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación de concreto, deben cumplir con los requerimientos mínimos que especifican las normas de control, siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites preestablecidos en dichas normas de calidad. Las propiedades físicas a estudiar: peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, contenido de humedad y porcentaje de absorción. (p,356)

- **Peso específico** (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; el peso específico no será menor de 2.6, correspondientes a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc). La norma ASTM C-127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso. (p,357)

- **Peso unitario** (N.T.P. 400.017 / A.S.T.M. C-29)

El peso unitario de un agregado es el peso de un volumen establecido, considerando los vacíos que se encuentran en su interior; se expresa como el peso de material por cubo. El peso unitario se expresa en dos formas: el suelto y el compactado, generalmente se expresa en kilos por metro cubico. Su cálculo tanto para suelto como para compactado lo determina la norma en mención. (p,357)

- **Peso unitario suelto**

El proceso se basa en llenar el agregado continuamente hasta completar el volumen del molde sin compactación. (p,358)

- **Peso unitario compactado.**

El proceso de base en llenar en 3 capas iguales en este caso se aplicará compactación por medio de una varilla en cada capa. (p,358)

- **Granulometría** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-33)

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma, la granulometría seleccionada deberá ser perfectamente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. (p,359)

- **Superficie específica.**

Se define como la suma total de las áreas superficiales por unidad de peso del agregado grueso. Se asume generalmente para fines de cálculo y simplificación que todas las partículas son de forma esférica, y además que el diámetro es el promedio entre los 2 tamices: el inferior y el superior inmediato, lo cual ya introduce error, además que no tiene el sustento experimental del módulo de fineza, por lo que no se usa mucho salvo a nivel de investigación. (p,360)

- **Módulo de fineza** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-136)

Es un Índice Aproximado el tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los sismos. El

módulo de Fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas Standard:

3'', 1 1/2'', 3/4'', 3/8'', N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100, de la siguiente manera. (p,360)

$$M.F = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

- **Contenido de humedad** (N.T.P. 400.012 / A.S.T.M. C-136)

Este valor indica el porcentaje de agua que posee el agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua de una muestra húmeda secada al horno en 110°C, entre el peso de la materia; y a este cociente se multiplica por 100. (p,361)

- **Porcentaje de absorción** (N.T.P. 400.021 / A.S.T.M. C-127)

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado grueso después de ser secado a peso constante y luego sumergido 24 horas en agua. La absorción de un agregado se indica por el porcentaje total de agua interna que le es necesario tomar a un agregado para llegar a la condición de saturado con superficie seca; condición de equilibrio. Es una medida de la porosidad del agregado y su valor máximo permite saber cuánto de agua tomara el agregado en la mezcla del concreto. La absorción no suele exceder de 3% para el agregado grueso.

#### **Requisitos de uso:**

- El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deben estar de tierra, polvo limo, humos, escamas materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (p,362)

## **Propiedades del Concreto**

### **Trabajabilidad del concreto:**

La ASTM C-142 (ASTM,2003), define que:

La trabajabilidad es una propiedad del concreto difícil de definir, pero puede interpretarse como el trabajo interno útil o la cantidad de energía necesaria para lograr una consolidación completa; siempre y cuando se evite la segregación. La Trabajabilidad del concreto será adecuada cuando se obtenga que las partículas de agregado grueso puedan moverse con relativa facilidad durante el proceso de mezclado y colocación.

Esto se consigue con una proporción de arena concordante con las características del agregado grueso como son el tamaño máximo, la granulometría, textura superficial, forma del agregado, etc. Así como de sus propias características y del equipo utilizado para los trabajos de manipulación y acomodo. (p,388)

### **Consistencia del Concreto:**

La ASTM C-143 (ASTM,2003), define que:

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua.

### **Ensayo de consistencia del Concreto:**

#### **Método:**

El ensayo de consistencia del concreto, o “slump test”, sirve para evaluar su capacidad para adaptarse con facilidad al encofrado que lo va a contener. El procedimiento se explica ampliamente en la norma ASTM C143-78 “Slump of Portland Cement Concrete”. El ensayo es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978. El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde tronconico, midiendo el asentamiento de la mezcla luego de

desmoldado. El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua de mezcla. (p,403)

**Equipos:**

- Cono de Abrams de medidas estándar. Generalmente de 20cm y 10cm de diámetro y de altura de 30cm.
- Varilla para apisonado de fierro de fierro liso de diámetro 5/8” y punta redondeada L=60cm.
- Wincha metálica.
- Plancha metálica (badilejo).



*Figura 1.* Cono de Abrams, Fuente: ASTM

**Tusa de Maíz**

**Según Adesanya, D. (1996). define que:**

El cultivo de maíz genera una gran cantidad de biomasa aérea, de la cual el 50,0 % es cosechada en forma de grano, correspondiendo el resto a diversas estructuras de la planta. Estos residuos pueden ser procesados para obtener fibra altamente digerible para alimentación animal, carbohidratos para la producción de bioetanol o alimentos y proteínas para consumo humano. Sin

embargo, en este proyecto se utilizó la coronta del maíz que es un recurso renovable potencial para la obtención de azúcares reductores destinados a procesos fermentativos. Pero lo más importante es encontrar el método más adecuado a utilizar para lograr la hidrólisis de la celulosa. (p,72)



*Figura 2.* Inspección de Materia Prima (Tusa de Maíz).

### **Propiedades Químicas de la Cenizas de tusa de maíz.**

Cenizas de tusa de maíz (CCA: Corn cob ash) es una pérdida muy bien derivada de la combustión de maíz. Para el año 2000, la producción mundial fue de unos 589 millones de toneladas de maíz de alrededor de 139 millones de hectáreas. En África, África del Sur tuvo la mayor producción, con 8,04 millones de toneladas en 2001, mientras que Nigeria fue el segundo mayor productor, con 4,62 millones de toneladas. Estudios previos determinaron que la ceniza de tusa de maíz tiene un contenido de SiO<sub>2</sub> de más de 65% y una combinación óxidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> en el rango de 70-75%. Esto muestra que la ceniza de la mazorca de maíz calcinada a 600 °c por un tiempo de 2 h se puede utilizar como un material cementoso suplementario en el hormigón. Las propiedades químicas y físicas de CCA se describen en la Tabla 2. (p,76)

**Tabla 3:***Las propiedades químicas y físicas de cemento portland y algunos materiales cementantes.*

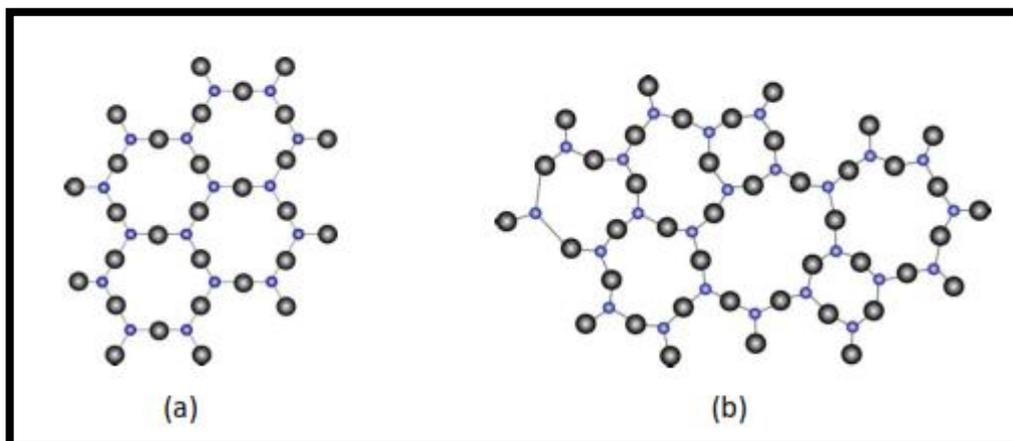
Chemical composition (%)	Ordinary Portland Cement I	Corn cob ash (CCA)
SiO <sub>2</sub>	20.4-22.0	65.4-67.3
AlO <sub>3</sub>	3.7-5.3	6.0-9.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.3-4.2	3.8-5.6
CaO	61.5-65.4	10.3-12.9
MgO	1.2-4.8	1.8-2.3
SO <sub>3</sub>	2.2-3.0	1.0-1.1
Na <sub>2</sub> O	0.1-0.2	0.4-0.5
K <sub>2</sub> O	0.3-1.1	4.2-5.7
LOI	0.4-2.3	0.9-1.5
Physical propietes		
Median particle size (um)	-	29.0-45.0
Specific gravity	3.0-3.3	2.5-3.6
Blaine fineness(m <sup>2</sup> /kg)	336.5-399.0	270.0-385.0

Fuente: ADESANYA Y RAHEEM; la composición química de la ceniza de la mazorca de maíz (CCA)

### **Vidrio Molido**

**Según Roz-Ud-Din, N. (2012). indica que:**

El vidrio es un material de apariencia dura, frágil y generalmente transparente, aunque se comporta como un sólido, es un fluido de muy alta viscosidad. Está compuesto por una mezcla de óxidos metálicos, siendo su componente principal el óxido de sílice, conocido como silicio (SiO). Si bien a simple vista pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, donde los enlaces Si -O están distribuidos de manera irregular, sin un patrón determinado, siendo por definición, un material amorfo. Esta diferencia se muestra en la figura 3. (p,28)



**Figura 3.** Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) frente a la sílice amorfa (b)  
Fuente: *ADESANYA Y RAHEEM.*

La estructura del silicio cristalino es un tetraedro, compuesto por un átomo de sílice rodeado de cuatro átomos de oxígeno, dispuestos a distancias regulares, conformando una red cristalina con una distribución ordenada. (p,28)

### **Composición**

Como ya se mencionó, el componente principal del vidrio es la sílice, obtenida a partir de arena, pedernal o cuarzo. Desde el punto de vista estructural el vidrio está constituido por:

a) Óxidos formadores de la red vítrea, vitrificantes, tales como  $\text{SiO}_2$ , para los tipos de productos vítreos más generales o tradicionales;  $\text{B}_2\text{O}_3$  o  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

b) óxidos modificadores de la red vítrea, fundentes, que aportan enlaces por los denominados "oxígenos no-puente", tales como óxidos alcalinos:  $\text{NaO}$ , u óxidos alcalinotérreos como  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ .

c) óxidos estabilizantes que tienen un carácter intermedio o anfótero, aportando los denominados "oxígenos puente", tales como:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Cortés, 1987).

Además de estos componentes básicos los productos vítreos incorporan otros óxidos que cumplen diversas funciones secundarias: afinantes, colorantes, decolorantes, opacificantes, fluidificantes, catalizadores, o

nucleantes de la cristalización (Rincón, 2008). Si bien el silicio es el principal componente de vidrio, dependiendo de la finalidad de éste, se le añaden distintas proporciones de otros componentes, el anexo B contiene una tabla con la composición de algunos vidrios comúnmente comercializados. (p,30)

### **Propiedades Físicas del Vidrio**

Dependiendo de la composición, algunos vidrios funden a temperaturas muy bajas, como 500°C, mientras que otros necesitan 1650°C, aunque por lo general, al presentar un elevado contenido de sílice, la temperatura final de fusión es más cercana a este último valor. En cuanto a resistencia mecánica, presenta normalmente una resistencia a la tracción entre 3.000 y 5.500N/cm<sup>2</sup>, aunque puede llegar a sobrepasar los 70.000 N/cm si el vidrio ha recibido un tratamiento especial. El vidrio es un mal conductor de calor y electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico. (p,30)

### **Justificación de la investigación**

Mediante la investigación, se quiere determinar la resistencia de elementos (ladrillo de concreto) sustituyendo cemento por la combinación de ceniza de la mazorca o tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5%, el que beneficiaran casi en su totalidad al Centro Poblado Santa Clemencia, asimismo implementar en esta zona rural un nuevo proceso constructivo; y analizar su resistencia a la compresión producto de un fenómeno sísmico que pueda afectar a las viviendas del Centro Poblado Santa Clemencia y en qué medida se podría aplicar a fin de atenuar los desastres. La finalidad de esta investigación es que, con el uso de este método, se pueda obtener una vivienda de ladrillos de concreto con mejor comportamiento que el tradicional, frente a un sismo severo. Debido a la sustitución de cemento por la combinación de ceniza de la mazorca o tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5% para la fabricación de ladrillos de concreto que hará que este tipo de vivienda tenga mejor resistencia y que a pesar ante un posible colapso de la misma, la vida humana quede a salvo. En el ámbito económico la importancia de esta investigación, es que contribuirá a la reducción de pérdidas materiales, y así sea menor los costos de reparación de las viviendas en caso de ocurrir un desastre sísmico, por otro lado, en el ámbito social contribuir a la orientación de los

pobladores a la prevención y el análisis de riesgos y prevención de las misma implementando un mecanismo de medicas adecuadas; con conclusiones valiosas y aportes que podrán ser tomadas en consideración por investigaciones futuras.

En el ámbito ambiental al instigar las problemáticas ambientales generales existentes en nuestra región, en la búsqueda de posibles soluciones mediante investigaciones, del cual una de las investigaciones se verificó que la mazorca o tusa de maíz es desechada de manera improductiva, desperdiciando una materia prima que puede ayudar a miles de personas en la construcción de sus viviendas.

### **Formulación del problema**

La posibilidad de ocurrir un desastre natural a nivel nacional es bastante frecuente y sus terribles daños que pueda causar a la sociedad a corto y largo plazo es muy alta y en muchas ocasiones estos daños son irreversibles tanto que puede causar la muerte de muchas personas y dejando una estructura económica, ambiental y social muy pobre. Por ello año tras año se implementan nuevas mejoras en el sistema de elementos sísmicos, así mismo también se implementan simulacros para que los pobladores lleven una mejor orientación ante un posible movimiento telúrico. También como la mejora en la planificación del desarrollo urbano

Con tal motivo que se presenta un planteamiento o la solución de mitigar los desastres con nuevos materiales reciclables como el vidrio molido y la ceniza de la mazorca o tusa de maíz reemplazando con un porcentaje al cemento.

Tanto el vidrio como la ceniza de tusa de maíz son productos que mayormente no son reutilizados y que se encuentra con facilidad; para el caso de la tusa de maíz se encuentra en el campo de la agricultura; así mismo el vidrio un material que son desechados en grandes cantidades por las industrias.

- **Población Rural:**

El Perú constituye un país con alta exposición a fenómenos naturales entre ellos los sismos con un alto potencial destructivo; en ese sentido, el número de muertes suele ser elevado por cuanto afecta en mayor medida a grupos de población más pobres y vulnerables. Y sin duda uno de los impactos más comprometedores es el deterioro de las condiciones de vida de la población. En nuestro País el uso de ladrillo de concreto es muy común en zonas rurales, donde la autoconstrucción con ladrillo de concreto ha demostrado ser la respuesta apropiada y quizás, la única vía posible mediante la cual las personas de muy escasos recursos económicos puedan adquirir una casa digna; y según datos estadísticos obtenidos por la Encuesta Nacional de Hogares (Fuente, ENAHO 2007).

En el año 2013, el Perú tenía una población total de 29.124.335 personas, cifra que lo coloca como el quinto país con mayor población en América Latina. De esta población total, un 34.7% vive en áreas rurales, lo que nos indica, que Perú es un país predominantemente urbano. El país se distribuye geográficamente en tres regiones naturales: la costa, que constituye el 11.6% del total del territorio peruano; la sierra, que representa el 28.1% del territorio y la selva, que llega a ocupar el 60.3% del territorio. De estas tres regiones, es la costa la que concentra la mayor parte de la población, en tanto un 52% de la población del país vive en esta región (29% en la capital, Lima Metropolitana y 23% en el resto de la costa), un 35% de la población vive en la sierra y un 13% en la selva, que se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla N°04***Datos Generales Poblacionales.*

	Población	%
Población	29,124,335	100
Población Urbana	19,000,716	65.2
Población Rural	10,123,619	34.8
<b>Distribución de la población por región geográfica</b>		
Lima Metropolitana	8,480,006	29.1
Costa (Sin Lima)	6,540,215	22.5
Sierra	10,234,090	35.1
Selva	3,870,024	13.3
<b>Distribución por grupos etarios</b>		
Menores de 5 años	2,743,512	9.4
Entre 5 y 14 años	6,215,133	21.3
Entre 15 y 29 años	7,575,240	26.0
Entre 30 y 44 años	5,708,370	19.6
Entre 45 y 59 años	3,803,638	13.1
Mayores de 59	3,078,442	10.6

*Fuente: ENCUESTA NACIONAL DE HOGARES (ENAH) 2007.*

### **Realidad problemática en Chimbote**

En la actualidad las viviendas rurales en nuestro distrito de Chimbote tienen un estado de mucha preocupación por las condiciones de que muchos de los Centros poblados no cuentan con los servicios básicos (agua, desagüe, luz), del cual es consecuencia de las malas gestiones de los gobernantes que no consideran las zonas rurales en sus planes de mejoras de salud y de vida. Con ello también lleva a la propagación de muchas enfermedades que podría causar una grave situación en la vida de muchas personas. Además, se necesita concientizar a la población con nuevos hábitos de higiene y de vida mediante los distintos proyectos que se puedan dar a futuro.

Concientizando a la población de mejorar los espacios urbanos en un mejor orden y una construcción a conciencia y evaluando también el lugar donde es factible una buena construcción y también motiven a incorporar una nueva técnica de albañilería para las personas que no cuentan con una buena economía.

Según el cuadro obtenido del INEI en 1993 en la Distrito de Chimbote, se detalla que 3969 viviendas está construido con adobe o carricillo, 33818 viviendas está construido con paredes de ladrillo y 102 viviendas tienen paredes de quincha en la zona Urbana.

También observamos en la zona Rural que 1099 viviendas está construido con adobe o carricillo, 416 viviendas está construido con paredes de ladrillo y 33 viviendas tienen paredes de quincha.

**Tabla N° 05:**

*Datos de Construcción de viviendas.*

Departamento, Provincia, Distrito, Área Urbana y Rural, Tipo de Vivienda y Numero de Ocupantes	Total	Material predominante de las paredes exteriores de la vivienda							
		Ladrillo o bloque de Cemento	Adobe o Tapia	Madera	Quincha	Estera	Piedra con Barro	Piedra con Cal o Cemento	Otros
<i>Distrito Chimbote</i>									
Urbana									
Viviendas Particulares	43273	33818	3969	1149	102	3816	18	38	363
Ocupantes Presentes	204031	162097	18047	5045	415	16459	103	188	1549
Casa Independiente									
Viviendas Particulares	41184	32422	3938	1055	99	3287	18	38	327
Ocupantes Presentes	196312	157103	17938	4724	407	14300	103	188	1549
Departamento en									
Edificio									
Viviendas Particulares	730	714	2	14					
Ocupantes Presentes	2593	2548	8	37					
Vivienda en Quinta									
Viviendas Particulares	410	371	12	27					
Ocupantes Presentes	1454	1312	47	95					
Vivienda Vecindad									
Viviendas Particulares	291	244	12	17	2	11			5
Ocupantes Presentes	1146	964	37	65	7	65			8
Choza o Cabaña									
Vivienda Improvisada									
Viviendas Particulares	567			29		516			22
Ocupantes Presentes	2289			116		2088			85
Local no dest.									
Viviendas Particulares	82	67	5	7	1	2			
Ocupantes Presentes	202	170	17	8	1	6			
Otro tipo									
Viviendas Particulares	9								9
Ocupantes Presentes	35								35
RURAL									
Viviendas Particulares	1984	416	1099	31	33	396	1	3	5
Ocupantes Presentes	8335	1748	4679	112	119	1640	10	10	17
Casa Independiente									
Viviendas Particulares	1854	415	1059	31	33	309	1	2	3
Ocupantes Presentes	7871	1748	4534	112	119	1333	10	6	9
Choza o Cabaña									
Viviendas Particulares	129		39			87		1	2
Ocupantes Presentes	450		141			307		4	8
Local no dest.									
Viviendas Particulares	1		1						
Ocupantes Presentes	4		4						

Fuente: (INEI).

**Tabla N° 06:**

*Total de viviendas en Chimbote*

Departamento, Provincia y Tipo de Vivienda	Total	Área	
		Urbana	Rural
Distrito Chimbote	47747	45051	2696
Casa independiente	45221	42761	2460
Departamento en Edificio	787	787	
Vivienda en Quinta	466	466	
Vivienda en casa de vecindad	328	328	
Choza o cabaña	235		235
Vivienda improvisada	618	618	
Local no dest. Para hab. Humana	83	82	1
Otro tipo	9	9	

*Fuente: (INEI).*

**Realidad problemática en centro poblado Santa Clemencia.**

El Centro Poblado de Santa Clemencia tiene el 80% de sus construcciones a base de arcilla o módulos de triplay, el cual origina riesgos en la comunidad, sin sumar a esto una catástrofe por algún fenómeno natural que se presente en esta zona, esto provocaría una inestabilidad a este tipo de material de construcción.

**PANEL FOTOGRAFICO:**



**Figura 04.** Módulos de triplay y quincha.  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 05.** Construcción de arcilla (adobe)  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 06.** Módulos de triplay  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 07.** Módulos de Arcilla  
Fuente: Elaboración Propia

A partir de ello surge el problema de investigación:

***¿Cuál es el efecto de la sustitución del 15% del cemento por una combinación de ceniza de tusa de maíz al 10% y el vidrio molido al 5% en la resistencia de un ladrillo de concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>?***

### **Hipótesis Principal**

Las cenizas de tusa de maíz que posee altos contenidos de sílice y potasio, mediante tratamientos térmicos y encapsulamientos se podrán convertir en puzolánicos, con el riesgo de afectar la resistencia por el contenido de potasio y junto al vidrio molido que tiene un alto contenido de óxido de silicio, en la cual, a través del curado sumergido en agua potable, el ladrillo de concreto no permitirá obtener una óptima resistencia. La que se realizaran según los estándares establecidos en la norma E-070.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

- Determinar el efecto de la Sustitución del 15% del Cemento por una Combinación de Ceniza de Tusa de Maíz al 10% y Vidrio Molido al 5% en la Resistencia de un Ladrillo de Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Objetivos Específicos**

- Obtener la ceniza de tusa de maíz mediante la calcinación a temperatura de 600 °C por 2 horas y vidrio molido que pase la malla N° 200.
- Realizar el ensayo de fluorescencia de rayos x de la combinación de la ceniza de tusa de maíz y del vidrio molido.
- Determinar la Relación Agua / Cemento de mezcla para la elaboración de los ladrillos Patrón y Experimental.
- Determinar la resistencia de ladrillos de concreto a los 7, 14 y 28 días de curado sumergido en agua tanto del ladrillo de concreto Patrón como el Experimental y comparar resultados.

## **II. Metodología**

### **Tipo y diseño de investigación**

#### **Nivel de Investigación: EXPLICATIVA**

Porque los resultados obtenidos a este nuevo diseño de ladrillo de concreto sustituyendo cemento por la combinación de la ceniza de tuza de maíz al 10% y vidrio molido al 5%, mejorando así las propiedades del ladrillo de concreto tales como: Resistencia a la Compresión, y que sea posible cambiar el tradicional método constructivo por un diseño de mayor resistencia; así mismo mediante los medios que se va a utilizar para obtener nuestros datos, serán métodos experimentales.

#### **Diseño de Investigación: EXPERIMENTAL**

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual estudiaremos la resistencia del ladrillo de concreto  $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo cemento por la combinación de la ceniza de tuza de maíz al 10% y vidrio molido al 5%. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

A esta investigación según alcance y naturaleza le corresponde un diseño grupo al azar de ladrillos, porque se buscará explicar la dosificación exacta para elevar la resistencia

a la compresión del ladrillo de concreto elaborado en base a cenizas de tuza de maíz y vidrio molido sin generar costos elevados, para ello utilizaremos como materiales (ceniza calcinada a 600°C por 2 horas y vidrio molido).

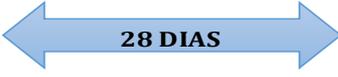
Por lo tanto se formara dos grupos de estudios, un grupo experimental constituido de ladrillo de concreto sustituyendo el cemento por la combinación de cenizas de tusa de maíz y vidrio molido, y otro grupo de control de ladrillos convencionales. Tal que se pueda obtener resultados favorables mejorando la resistencia, el cual pueda beneficiar a la sociedad con la reducción de costos, viviendas más seguras ante un sismo (los daños serian mínimos ante un sismo) y su aporte al estudio de la ingeniería civil.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleará el diseño GRUPO DE LADRILLOS COMPLETO AL AZAR:

#### Esquema 1

*Grupo de Ladrillos al Azar*

RESISTENCIA A LA COMPRESION		
PATRON	DIAS DE CURADO	EXPERIMENTAL VIDRIO: 5% CENIZA: 10%
 <b>X1</b>	 <b>7 DIAS</b>	 <b>X2</b>
 <b>X1</b>	 <b>14 DIAS</b>	 <b>X2</b>
 <b>X1</b>	 <b>28 DIAS</b>	 <b>X2</b>
<b>X1</b>	<b>PROMEDIO FINAL</b>	<b>X2</b>

*Fuente: Sevillano, O. Ninaquispe, A. (2016) Tesis, Programación de ensayo de Resistencia a la compresión por e periodo de 28 días tanto Experimental como patrón de Unidades de Ladrillo.*

## **Población y Muestra**

### **Población**

Conformada por ladrillos de concreto,  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , que serán elaborados con una mezcladora de concreto de 11 hp.

### **Muestra**

Se realizarán 30 ladrillos de concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ :

- 15 ladrillos de concreto (patrón) que serán curados mediante riego con agua potable y realizar ensayos de resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días.
- 15 ladrillos de concreto experimental (combinación de ceniza de tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5%), que serán curados mediante riego con agua potable y realizar ensayos de resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días.

## **Técnicas e instrumentos de investigación**

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Observación</b>	Guía de observación Resumen. Formatos técnicos del laboratorio de los ensayos a realizar.

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

### **Procesamiento y análisis de la información**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel.

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

- Cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla del ladrillo de concreto
- Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios y prueba de hipótesis.

### **Proceso**

- Coordinar con el ingeniero encargado de laboratorio de Mecánica de Suelos para facilitar el acceso a dicho establecimiento.
- Obtener nuestros agregados que se utilizaran en la fabricación de nuestras unidades de albañilería (Ladrillo de concreto)
- Aplicaremos un registro de apuntes, mediante fotografía, y fichas de registro para ver el desarrollo de nuestros ladrillos en sus diferentes días de análisis.
- Realizaremos un diseño de mezcla  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> con su respectiva desviación estándar.
- Elaboraremos ladrillos con sustitución de cemento por una combinación de ceniza de tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5%; y de forma convencional.
- Ejecutaremos el Curado de nuestras unidades y finalmente el ensayo a la resistencia a la compresión.
- Con los datos obtenidos realizaremos cuadros que nos ayudaran a ver nuestros resultados.



**Figura 08.** Peso específico de la arena  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 09.** Peso específico de la piedra  
Fuente: Elaboración Propia

### **Ceniza de tusa de maíz**

**Primero:** Se realiza el carguío de la tusa de maíz que en los campos agrícolas después de la cosecha queda acarreado.



**Figura 10.** Localización de la materia prima  
Fuente: Elaboración Propia

**Segundo:**

Obtener la ceniza de la tusa de maíz utilizando maceteros para su quemado



*Figura 11.* Proceso casero de quemado.

Fuente: Elaboración Propia

**Tercero:**

Luego de enfriar la ceniza, embolsar en bolsa de preferencia papel sin dejarlo mucho tiempo expuesto al ambiente.



*Figura 12.* Empaquetadura de la ceniza de tusa de maíz.

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 13.* Calcinación de ceniza a 200°C

Fuente: Elaboración Propia

**Cuarto:**

En la Mufla calcinar la ceniza por 2 horas a 600 ° C

**Quinto:**

La ceniza se deberá pasar por la malla N°200 para ser empleado.



**Figura 15.** Pasar la malla 200.  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 14.** Pulverizado con mortero.  
Fuente: Elaboración Propia

**Vidrio Molido**

**Primero:** Se obtuvo el vidrio blanco para luego ser molido en un mortero



**Figura 16.** Selección de vidrio blanco  
Fuente: Elaboración Propia

**Segundo:**

Vidrio en proceso de trituración con la seguridad del personal.



**Figura 17.** Proceso de vidrio molido  
Fuente: Elaboración Propia

**Tercero:**

Luego de ser molido pasamos por la malla N° 200 para luego ser usado en los ladrillos de concreto.



**Figura 18.** Medidas de seguridad  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 19.** Materia prima obtenida  
Fuente: Elaboración Propia

**8.2. Fabricación de los ladrillos (Patrones)**

1. Se utilizó una mezcladora de concreto para que la mezcla sea más homogénea.  
Se procede a pesar los agregados



**Figura 20.** Peso de los materiales  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 21.** Proceso de mezclado  
Fuente: Elaboración Propia

2. Realizada la mezcla se procede a realizar los ladrillos, antes el molde será recubierto con petróleo para q no pegue la mezcla con el molde, rellenamos, compactamos y desmoldamos.



**Figura 22.** Moldeado del ladrillo  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 23.** Achurado de la mezcla  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 24.** Compactado de la mezcla  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 25.** Desencofrado de la unidad de ladrillo  
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 07**

*Pesos según dosificación por (Pie3), PATRÓN:*

<i>Mezcla de concreto (Pie3)-Patrón</i>	
<i>1.00 : 5.48 : 2.74 + 29.43 lt/bol</i>	
<i>Cemento</i>	<i>1.00</i>
<i>Arena Gruesa</i>	<i>5.48</i>
<i>Confitillo</i>	<i>2.74</i>
<i>Agua</i>	<i>29.43 lt/bol</i>

Fuente: Sevillano, O., Ninaquispe, L. Diseño de mezcla por Pie3, para Ladrillo de Concreto Patrón.

**Tabla N° 08**

*Pesos según dosificación por 01 unidad de ladrillo en (Kg) - PATRÓN:*

<i>Mezcla de concreto (kg)-Patrón</i>	
<i>0.62 : 3.85 : 1.70 + 0.52 lt</i>	
<i>Cemento</i>	<i>0.62 kg</i>
<i>Arena Gruesa</i>	<i>3.85 kg</i>
<i>Confitillo</i>	<i>1.70 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>0.52 lt</i>

Fuente: Sevillano, O., Ninaquispe, L. Diseño de mezcla por unidad de Ladrillo, Patrón.



**Figura 26.** Unidades de ladrillo patrón  
Fuente: Elaboración Propia

### 8.3. Fabricación de los ladrillos (combinación de la ceniza de tusa de maíz al 10% y vidrio molido al 5%)

1. Realizado el tamizaje de los agregados se procede a la combinación de la ceniza de tusa y vidrio molido.



**Figura 27.** Materias primas: Vidrio molido y ceniza de tusa  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 28.** Mezcladora en actividad  
Fuente: Elaboración Propia

2. Luego utilizamos una mezcladora de concreto para que la mezcla sea más homogénea.

3. Obtenida la mezcla de concreto, se procede a sumergir el molde en agua para evitar que la mezcla se adhiera al molde, luego rellenamos, compactamos y desmoldamos.



**Figura 29.** Recepción de la mezcla  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 30.** Moldeado del ladrillo  
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla N° 09**

*Pesos según dosificación por (Pie3), EXPERIMENTAL:*

<i>Mezcla de concreto (Pie3)-Patrón</i>	
<i>1.00 : 5.49 : 2.74 + 29.44 lt/bol</i>	
<i>Cemento</i>	<i>1.00</i>
<i>Arena Gruesa</i>	<i>5.49</i>
<i>Confitillo</i>	<i>2.74</i>
<i>Agua</i>	<i>29.44 lt/bolsa</i>

Fuente: Sevillano, O., Ninaquispe, L. Diseño de mezcla por Pie3, para Ladrillo de Concreto Experimental.

**Tabla N° 10**

*Pesos según dosificación por 01 unidad de ladrillo en (Kg) - EXPERIMENTAL:*

<i>Mezcla de concreto (kg)-Experimental</i>	
<i>0.62 : 3.86 : 1.70 + 0.54 lt</i>	
<i>Cemento</i>	<i>0.53 kg</i>
<i>Ceniza</i>	<i>0.062 kg</i>
<i>Vidrio Molido</i>	<i>0.031 kg</i>
<i>Arena Gruesa</i>	<i>3.86 kg</i>
<i>Confitillo</i>	<i>1.70 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>0.54 lt</i>

Fuente: Sevillano, O., Ninaquispe, L. Diseño de mezcla por unidad de Ladrillo Experimental.



**Figura 31.** Unidades de ladrillos experimentales  
Fuente: Elaboración Propia

#### 8.4. Curado de los ladrillos de concreto

Consiste en hidratar el ladrillo con agua para mantener la humedad óptima, en este caso se realiza mediante regado por determinadas horas según la temperatura natural, esto lleva a que desarrolle la resistencia adecuada.



**Figura 32.** Acondicionamiento para curado del ladrillo

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 33.** Impermeabilizando poza  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 34.** Ladrillo sumergidos por 28 días  
Fuente: Elaboración Propia

## 8.5. Aporte de materiales

En lo siguiente se presenta la forma correcta de realizar el cálculo para las cantidades de elementos de concreto.

### ❖ Cálculo de la cantidad de ladrillos para muros

Según la NTP (2008) Indica que:

El cálculo de la cantidad de ladrillos a emplear será por m<sup>2</sup> de muro, empleando siguiente fórmula:

$$CL = \frac{1}{(L + J_h) \times (H + J_v)}$$

$CL$  = cantidad de ladrillos por m<sup>2</sup>  
 $L$  = longitud de ladrillo (m)  
 $J_h$  = espesor junta horizontal (m)  
 $H$  = altura del ladrillo (m)  
 $J_v$  = espesor junta vertical (m)

**Figura 35.** NORMA TÉCNICA PERUANA; Cálculo de (n) ladrillos.

Dimensiones del ladrillo de concreto: 22cm x 13cm x 9cm.

**Tabla N°11**

*Cantidad de ladrillo por m<sup>2</sup> de muro*

<i>Cantidad de ladrillo por m<sup>2</sup> de muro</i>					
<i>Dimensión del Ladrillo (m)</i>			<i>Tipo de Asentado</i>		
0.22	0.13	0.09	soga	41	Ladrillos
	<i>Espesor junta (m)</i>		cabeza	66	Ladrillos
		0.015	canto	29	Ladrillos

Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A.

Del cuadro observamos lo siguiente:

- Para 1 m<sup>2</sup> de muro de ladrillo de concreto asentado en tipo soga: **41 ladrillos.**
- Para 1 m<sup>2</sup> de muro de ladrillo de concreto asentado en tipo cabeza: **66 ladrillos.**
- Para 1 m<sup>2</sup> de muro de ladrillo de concreto asentado en tipo canto: **29 ladrillos.**

### 8.6. Capping (refrentado) de ladrillos de concreto

Para la uniformidad de la superficie del ladrillo para los ensayos a la compresión se colocó una lámina de la mezcla de cemento+yeso+agua.

FOTO N° 34  
PREPARACIÓN DE  
MEZCLA - CAPPING

1. Preparación de capping (yeso + cemento + agua) en proporción 1:1
  - Mezclar los materiales en un recipiente utilizando los implementos adecuados.



**Figura 36.** Preparación de mezcla - capping Fuente: Elaboración Propia

2. Nivelar la mezcla junto con el ladrillo para un espesor adecuado.



**Figura 37.** Nivelación de caravistas Del ladrillo Fuente: Elaboración Propia

### 8.7. Resistencia a la compresión (patrón)

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de 05 unidades de ladrillo procesados en sombra y analizados a los 7 días, 14 días y 28 días. Para verificar cuál de ellos tiene mayor resistencia



**Figura 38.** Unidades de ladrillos patrón en secado, después del capping Fuente: Elaboración Propia



**Figura 39** Unidades de ladrillos patrón sometidos a ensayo a la compresión Fuente: Elaboración Propia

### 8.8. Resistencia a la compresión (experimental)

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de 05 unidades de ladrillo procesados en sombra y analizados a los 7 días, 14 días y 28 días. Para verificar cuál de ellos tiene mayor resistencia



**Figura 40.** Unidades de ladrillos experimentales en secado, después del capping Fuente: Elaboración Propia



**Figura 41.** Unidades de ladrillos experimentales sometidos a ensayo de resistencia a la compresión Fuente: Elaboración Propia

### III. Resultados

Los valores obtenidos de los ensayos fueron los indicados en las siguientes tablas

**Tabla N° 12**

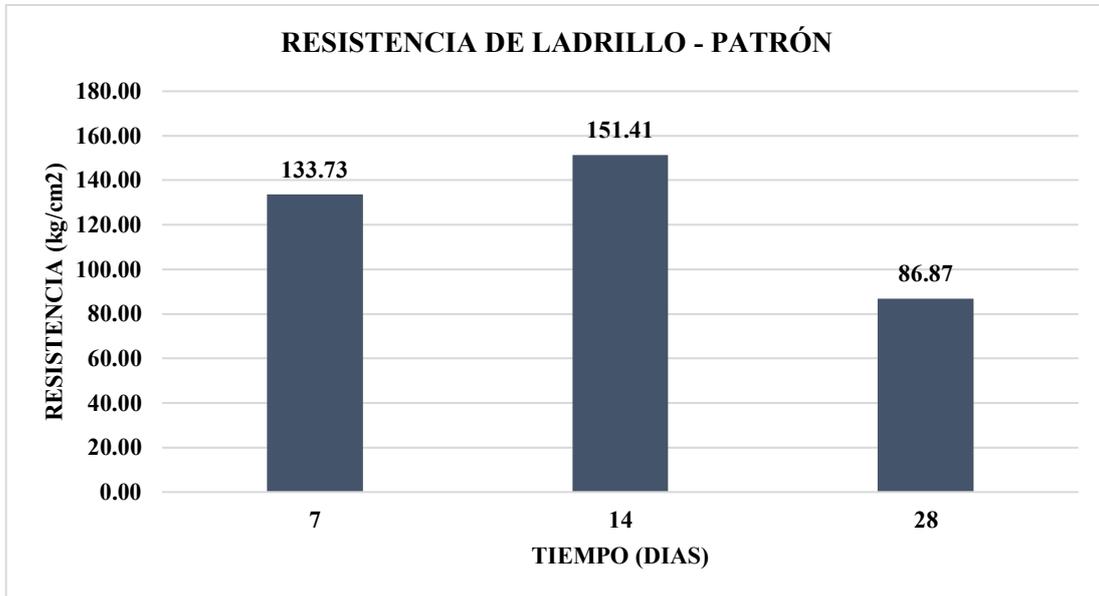
*Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos de concreto (patrón)*

<b>UNIDADES DE LADRILLO (PATRÓN)</b>								
<b>Días</b>	<b>Unidades</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Alto (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>fo(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>fo prom (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>7</b>	Unidad 1	22	13	9	286	41890	<b>146.47</b>	<b>133.73</b>
	Unidad 2	22	13	9	286	39160	<b>136.92</b>	
	Unidad 3	22	13	9	286	37010	<b>129.41</b>	
	Unidad 4	22	13	9	286	35550	<b>124.30</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	37620	<b>131.54</b>	
<b>14</b>	Unidad 1	22	13	9	286	46110	<b>161.22</b>	<b>151.41</b>
	Unidad 2	22	13	9	286	43510	<b>152.13</b>	
	Unidad 3	22	13	9	286	45200	<b>158.04</b>	
	Unidad 4	22	13	9	286	39030	<b>136.47</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	42670	<b>149.20</b>	
<b>28</b>	Unidad 1	22	13	9	286	23810	<b>83.25</b>	<b>86.87</b>
	Unidad 2	22	13	9	286	22980	<b>80.35</b>	
	Unidad 3	22	13	9	286	25630	<b>89.62</b>	
	Unidad 4	22	13	9	286	26580	<b>92.94</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	25220	<b>88.18</b>	

*Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A., Orden consecutivo del grupo de Unidades de Ladrillo PATRON, a ser sometidos a cargas de Resistencia a la Compresión.*

**Figura 42**

*Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (patrón)*



*Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A., Grafico, diferencia de Resistencia de Promedio de Unidad de Ladrillo PATRON, en el periodo de 28 días.*

### **INTERPRETACIÓN:**

En el GRAFICA N° 01 de resistencia que se realizó a los ladrillos patrones de concreto, con 7, 14 y 28 días de curado y secado en sombra se obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 133.73 kg/cm<sup>2</sup>, 151.41 kg/cm<sup>2</sup> y 86.87 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por lo tanto, la resistencia obtenida según la dosificación hasta los 14 días cumplió, pero a los 28 días no cumplió.

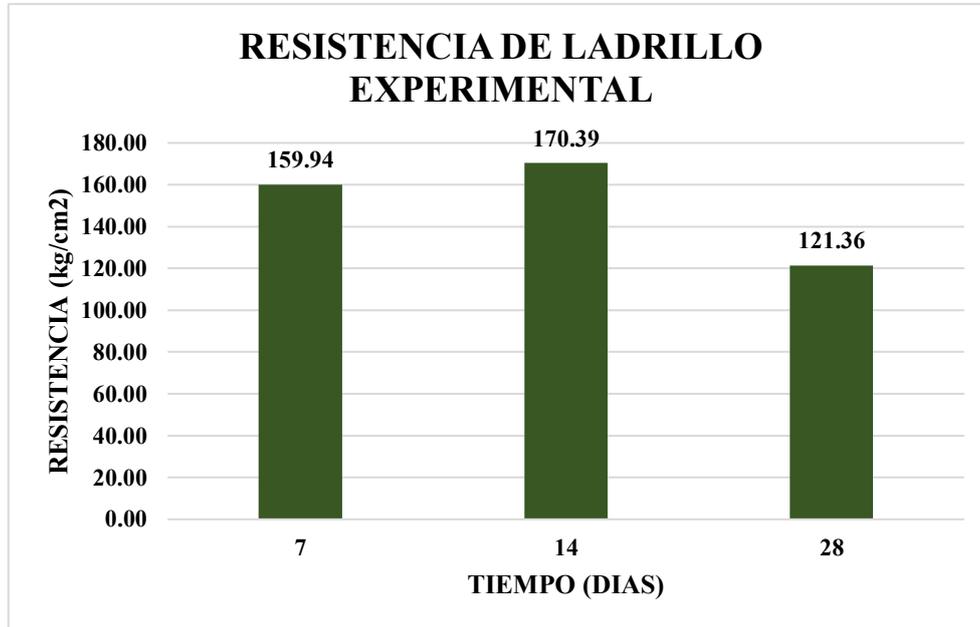
**Tabla N° 13***Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos de concreto (experimental)*

<b>UNIDADES DE LADRILLO (EXPERIMENTAL)</b>								
<b>Días</b>	<b>Unidades</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Alto (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P (kg)</b>	<b>fo(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>fo prom (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	Unidad 1	22	13	9	286	48320	<b>168.95</b>	
	Unidad 2	22	13	9	286	46390	<b>162.20</b>	
<b>7</b>	Unidad 3	22	13	9	286	42080	<b>147.13</b>	<b>159.94</b>
	Unidad 4	22	13	9	286	46720	<b>163.36</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	45200	<b>158.04</b>	
	Unidad 1	22	13	9	286	44990	<b>157.31</b>	
	Unidad 2	22	13	9	286	46820	<b>163.71</b>	
<b>14</b>	Unidad 3	22	13	9	286	48900	<b>170.98</b>	<b>170.39</b>
	Unidad 4	22	13	9	286	48370	<b>169.13</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	54580	<b>190.84</b>	
	Unidad 1	22	13	9	286	33240	<b>116.22</b>	
	Unidad 2	22	13	9	286	35630	<b>124.58</b>	
<b>28</b>	Unidad 3	22	13	9	286	36600	<b>127.97</b>	<b>121.36</b>
	Unidad 4	22	13	9	286	35150	<b>122.90</b>	
	Unidad 5	22	13	9	286	32930	<b>115.14</b>	

*Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A., Orden consecutivo del grupo de Unidades de Ladrillo EXPERIMENTAL, a ser sometidos a cargas de Resistencia a la Compresión.*

**Figura 43**

*Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (experimental)*



*Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A., Grafico, diferencia de Resistencia de Promedio de Unidad de Ladrillo EXPERIMENTAL, en el periodo de 28 días.*

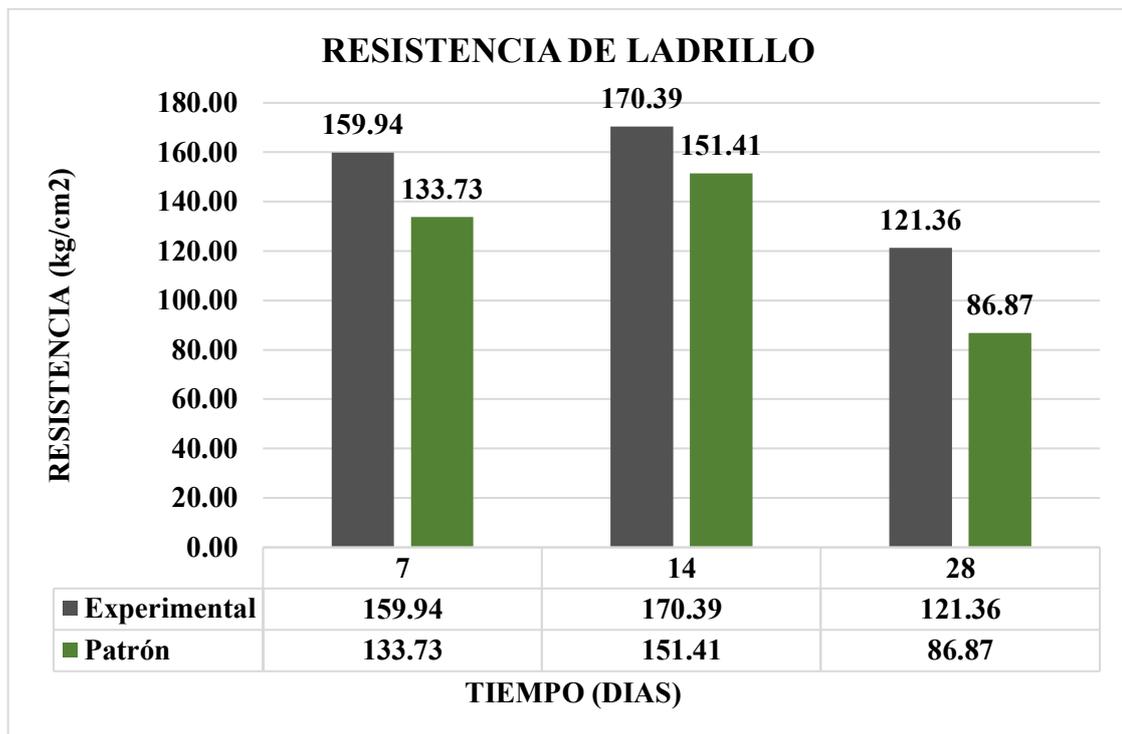
### **INTERPRETACIÓN:**

En el GRAFICA N°02 de resistencia que se realizó a los ladrillos experimentales de concreto, con 7, 14 y 28 días de curado y secado en sombra se obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 159.94 kg/cm<sup>2</sup>, 170.39 kg/cm<sup>2</sup> y 121.36 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por lo tanto, la resistencia obtenida según la dosificación hasta los 14 días cumplió, pero a los 28 días no cumplió.

#### IV. Análisis y Discusión

**Figura 44**

*Comparación de resultado del ensayo de compresión de los ladrillos (patrón y experimental)*



*Fuente: Tesis Sevillano.R., Ninaquispe, A., Gráfico, diferencia de Resistencia de Promedio de Unidad de Ladrillo EXPERIMENTAL como PATRON, en el periodo de 28 días.*

**Análisis:** Se observa en la gráfica N°03, el resultado de la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto, donde observamos que el secado y curado experimental no tiene efectividad en la resistencia según la dosificación a los 28 días, por lo tanto, confirmamos que la combinación de ceniza de tusa de maíz y vidrio molido es un material cementante pobre por el Óxido de Potasio llegando afectar a los ladrillos de concreto.

## V. Conclusiones

Se comprobó que las muestras obtenidas de la ceniza de tusa de maíz y vidrio molido, ambos combinados, al ser sometidos al ensayo del Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, se verificó un alto porcentaje de Oxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con 43.12% concluyendo que el porcentaje de esta propiedad es similar a las propiedades del cemento.

También se aprecia que el Óxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) en su porcentaje de 41.62% va a perjudicar en el tiempo, en la durabilidad del ladrillo de concreto.

Los ladrillos elaborados con la combinación de ceniza de tusa de maíz en sustitución del 10% y vidrio molido al 5% del cemento, alcanzan una resistencia a la compresión de 121.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado sumergido en agua, no cumpliendo la resistencia establecida según la norma E-070.

La resistencia de los ladrillos (Patrón y Experimental) tienen una variación a favor del Ladrillo Experimental para los 07, 14 y 28 días de ensayo, con una diferencia del patrón, de 16.39%, 11.14% y 28.42% respectivamente, en lo que se comprobó el efecto del Oxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) a partir de los 14 días, afectando la resistencia de los ladrillos de concreto.

## **VI. Recomendaciones**

Utilizar el curado tradicional por riego cada determinada hora e incrementar en tiempo de verano o curando al ladrillo sumergido en agua como máximo hasta los 14 días en agua potable.

Determinar la composición química de la ceniza de tusa de maíz a diferentes temperaturas y tiempo de calcinación.

Continuar con nuevos ensayos con la nueva materia prima para la elaboración de estructuras de concreto, esto ayudaría a reducir un gran porcentaje los costos por motivo de construcción. Asimismo, concientizar y difundir vuestro trabajo de investigación para el campo de la ingeniería civil.

## **VII. Agradecimientos**

### **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecerme e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

**NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos que son el pilar fundamental que me sostiene el apoyo incondicional y el consejo sabio y oportuno, a ellos dedico cada día mi esfuerzo para lograr lo que hoy soy y ofrezco.

A mi familia y amigos/as que con su entusiasmo y cariño me dieron el valor y coraje para caminar.

A mis maestros que con sus conocimientos, ayuda oportuna y desinteresada contribuyeron a la finalización de este trabajo y a todos aquellos que son motivos por un gran amor a la vida y a la naturaleza, que están convencidos de que un mundo mejor es posible si se tienen los conocimientos para ayudar.

A todos ustedes dedico el producto de mi esfuerzo.

**NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer infinitamente a Dios, por haberme dado fortaleza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre, que ha estado presente.

A mis abuelos, su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Agradecer a nuestros asesores que nos orientaron cada semana, por su valiosa guía y críticas constructivas que nos sirvieron para mejorar nuestra investigación.

**NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad San Pedro y a sus catedráticos que me impartieron en las aulas todos sus conocimientos y mostraron también sus valores permitiendo así una formación integral en mí y en varios de sus alumnos por eso mil gracias a ustedes mis maestros. También quisiera hacer patente mi agradecimiento a los integrantes del Comité de Asesores, por las valiosas aportaciones que nos hicieron para mejorar la presente investigación.

Asimismo, quisiera expresar mi agradecimiento a todos quienes estuvieron vinculados de alguna manera a este proyecto; a los propietarios de los ambientes de trabajo, por proporcionarnos las facilidades necesarias para completar la investigación; a todos aquellos que nos acompañaron y con un granito de arena hicieron un inestimable aporte.

Y, desde luego llego al final de este proyecto gracias a Dios; al invaluable apoyo e inspiración que generaron mis padres, hermano y sobrinos; a mis amigos, a quienes siempre tengo presente, a mis maestros y a quienes siempre me han enseñado algo.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

**LUIS NINAQUISPE ARIAS**

## VIII. Referencia Bibliográfica

Javad (2014). Con su investigación titulada: “*Complementario origen materiales de cemento a partir de residuos agrícolas*”. Universidad de Malaya, Malasia. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/268080094\\_Supplementary\\_cementitious\\_materials\\_origin\\_from\\_agricultural\\_wastes\\_-\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/268080094_Supplementary_cementitious_materials_origin_from_agricultural_wastes_-_A_review)

Adesanya (1996). “*Desarrollo de la ceniza de la tusa de maíz mezclado en cemento*”. Universidad de San Diego, San Diego, California, United States.

Sevillano & Ninaquispe (2015). “*Resistencia a la compresión 175 kg/cm<sup>2</sup> de un ladrillo de concreto en el cemento ha sido sustituido en 10% por ceniza de tusa de maíz en el C.P. Santa Clemencia*”. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

Roz-Ud-Din Nassar & Parviz Soroushian. (Diciembre 2012). Con su investigación titulada: “*Reemplazar un porcentaje del cemento del hormigón, con una muestra de vidrio pulverizado, el tamaño promedio de 13  $\mu$ m*”. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad Estatal de Michigan, EE. UU.

Escuela Nacional de Hogares (ENAHO) 2007. *Datos estadísticos de la tasa de crecimientos poblacionales*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Estadísticas e Informáticas (INEI), 1993. *Datos estadísticos de viviendas con material predominante en sus paredes el Adobe o Tapia*, Chimbote, Peru.

Del Río (1975). *Materiales de construcción (4º)*. Barcelona: Juan Buger.

Somayaji (2001). *Civil engineering materials (2º)*. New Jersey: Prentice Hall.

Norma Técnica Peruana. (2003). *Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*. (NTP 331.017:2003). Lima: INDECOPI

## **IX. Anexos**



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAÍZ AL  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 18/11/2016

#### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

#### MATERIALES

##### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.12

##### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

##### C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1734 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1829 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.48 %
- Absorción 1.42 %
- Módulo de fineza 2.27

##### D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/8"
- Peso específico de masa 2.52
- Peso unitario suelto 1532 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1585 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 5.29 %





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2" .

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/8" , el volumen unitario de agua es de 207 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 207 / 0.750 = 276 kg/m<sup>3</sup> = 6.49 bolsas / m<sup>3</sup>

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	276.000	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	264.485	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	631.349	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1123.140	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{276.00}{276.00} : \frac{631.349}{276.00} : \frac{1123.14}{276.00}$$

$$1 : 2.29 : 4.07 : 29.43 \text{ lts / bolsa}$$

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 1.97 : 3.96 : 29.43 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DISEÑO DE MEZCLA (SUSTITUCION 15% DE CEMENTO)

SOLICITA : BACH.NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/11/2018

#### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

#### MATERIALES

##### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.12

##### B.- Ceniza de tusa de maiz -Vidrio molido (10%-5%) :

- Peso especifico ..... 3.17

##### C.- Agua :

- Potable, de la zona.

##### D.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1734 kg/m<sup>3</sup>
- *Peso unitario compactado* 1829 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.48 %
- Absorción 1.42 %
- Módulo de fineza 2.27

##### E.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/8"
- Peso especifico de masa 2.52
- Peso unitario suelto 1532 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1585 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 5.29 %





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2" .

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/8" , el volumen unitario de agua es de 207 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.073
Ceniza tusa maíz y vidrio molido (10%-5%)volumen de cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.015
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.207
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.231
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.443
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.030
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

### PESOS SECOS

Cemento.....	258.40	kg/m <sup>3</sup>
Ceniza tusa maíz y vidrio molido (10%-5%).....	41.400	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	207.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	628.30	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1115.73	kg/m <sup>3</sup>

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	258.40	kg/m <sup>3</sup>
Ceniza tusa maíz y vidrio molido (10%-5%).....	41.400	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	264.49	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	631.35	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1123.14	kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{258.40}{258.40} : \frac{41.400}{258.40} : \frac{631.35}{258.40} : \frac{1123.14}{258.40}$$

$$1 : 0.16 : 2.44 : 4.35 \quad 32.127 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

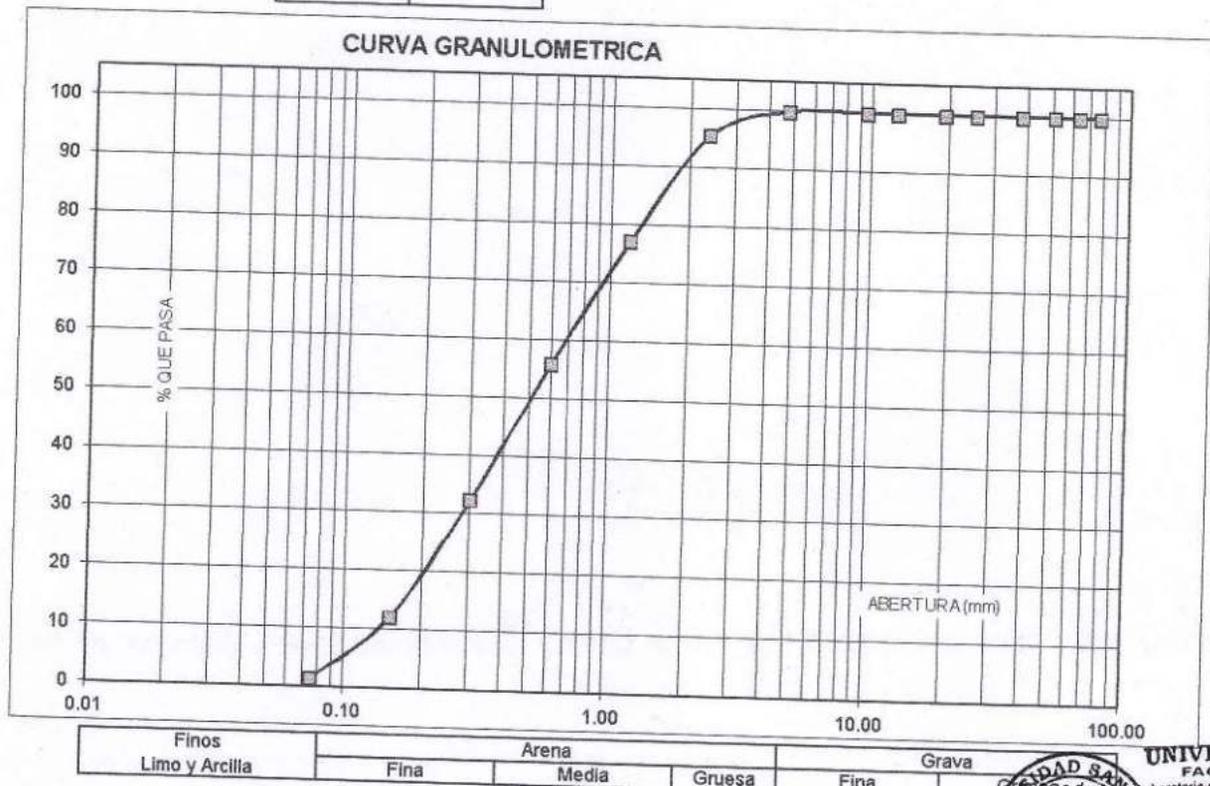
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
 BACH: SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
 TESIS : EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZA DE TUSA DE MAÍZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 18/11/2016

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	55.7	4.5	95.5
N° 16	1.18	226.7	18.3	77.2
N° 30	0.60	262.4	21.2	56.0
N° 50	0.30	290.6	23.5	32.5
N° 100	0.15	251.3	20.3	12.2
N° 200	0.08	132.2	10.7	1.5
PLATO	ASTM C-117-04	18.6	1.5	0.0
TOTAL		1237.5	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.27

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH. SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZA DE TUSA DE MAÍZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

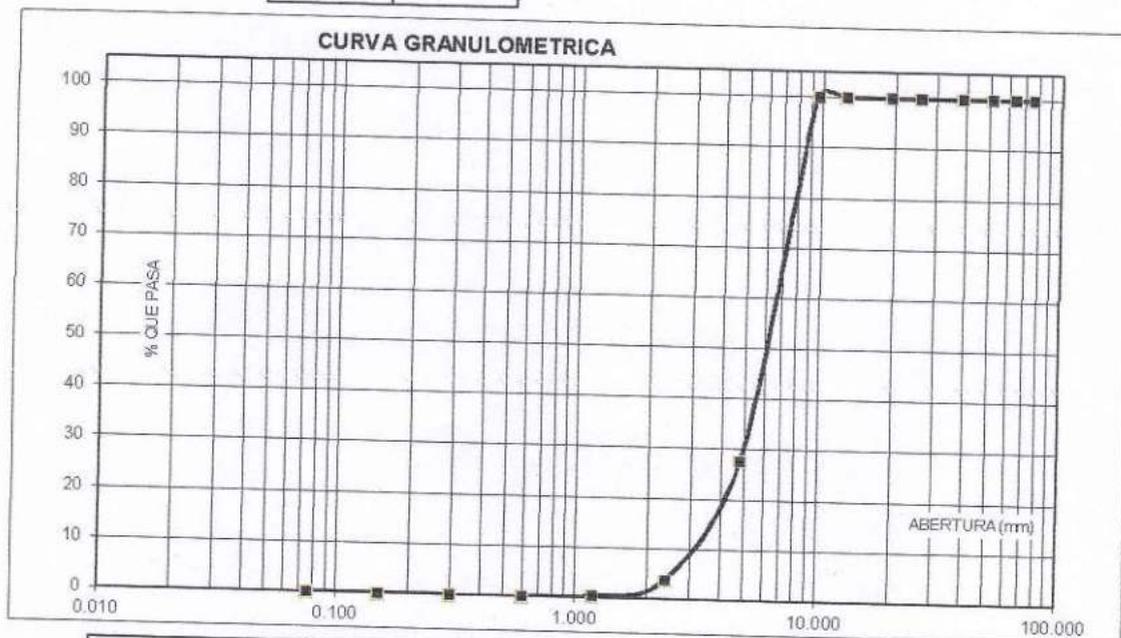
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 18/11/2016

TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% rel. Parcial (%)	% rel. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº	Abert. (mm)			
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	864.4	72.3	27.7
Nº 8	2.360	285.1	23.8	3.9
Nº 16	1.180	41.2	3.4	0.4
Nº 30	0.600	5.0	0.4	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	0.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	0.0
TOTAL		1195.7	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/8"
Huso	Nº 8 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
JEFE



### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH: NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH: SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRUESA

FECHA : 18/11/2016

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra			
Peso de molde	8150	8200	8200
Peso de muestra	3326	3326	3326
Volumen de molde	4824	4874	4874
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	2788	2788	2788
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>		1748	1748
CORREGIDO POR HUMEDAD		1742	
		<b>1734</b>	

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra			
Peso de molde	8450	8450	8450
Peso de muestra	3326	3326	3326
Volumen de molde	5124	5124	5124
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	2788	2788	2788
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1838	1838	1838
CORREGIDO POR HUMEDAD		1838	
		<b>1829</b>	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH.NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH.SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 18/11/2016

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	19500	19600	19550
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14380	14480	14430
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1537	1548	1543
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1543		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1532		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	20050	20035	20040
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14930	14915	14920
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1596	1595	1595
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	1595		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1585		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2"

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 18/11/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	609.10	609.10
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	379.20	379.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	229.90	229.90
D	Peso de material seco en estufa	578.50	578.50
E	Volumen de masa (C-(A-D))	199.30	199.30
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.516	2.516
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.649	2.649
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.903	2.903
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	5.29	5.29

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.516  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.649  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.903  
Absorción (%) : 5.29



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH: NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH: SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO-MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2"

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRIJESA

FECHA : 18/11/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	664.00	664.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm <sup>3</sup>	964.00	964.00
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	855.20	855.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm <sup>3</sup>	108.80	108.80
F	Peso de material seco en estufa	gr.	295.80	295.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))		104.60	104.60
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.719	2.719
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.757	2.757
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E		2.828	2.828
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		1.42	1.42

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.719  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.757  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.828  
Absorción (%) : 1.42



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE



## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH: SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2"  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 18/11/2016

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1157.4	1257.5	
TARA + SUELO SECO (gr)	1151.1	1250.6	
PESO DEL AGUA (gr)	6.3	6.9	
PESO DE LA TARA (gr)	210.4	202.2	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	940.7	1048.4	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.67	0.66	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.66	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
          : BACH: SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO

TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10%  
          : Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2"

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRUESA

FECHA : 18/11/2016

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1161.6	1175.6	
TARA + SUELO SECO (gr)	1157	1170.9	
PESO DEL AGUA (gr)	4.6	4.7	
PESO DE LA TARA (gr)	201.7	207.8	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	955.3	963.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.48	0.49	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.48	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

# RESULTADOS



**COMPRESION DE LADRILLO KING KONG**

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
 BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
 TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE  
 MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
 UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Dias	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	7	22.0	13	9.0	286.0	41,890	146.47
LADRILLO M-2	7	22.0	13	9.0	286.0	39,160	136.92
LADRILLO M-3	7	22.0	13	9.0	286.0	37,010	129.41
LADRILLO M-4	7	22.0	13	9.0	286.0	35,550	124.30
LADRILLO M-5	7	22.0	13	9.0	286.0	37,620	131.54
PROMEDIO							133.73



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



### COMPRESION DE LADRILLO KING KONG

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
 BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
 TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
 UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Días	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	14	22.0	13	9.0	286.0	46,110	161.22
LADRILLO M-2	14	22.0	13	9.0	286.0	43,510	152.13
LADRILLO M-3	14	22.0	13	9.0	286.0	45,200	158.04
LADRILLO M-4	14	22.0	13	9.0	286.0	39,030	136.47
LADRILLO M-5	14	22.0	13	9.0	286.0	42,670	149.20
PROMEDIO							151.41



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



### COMPRESION DE LADRILLO KING KONG

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Días	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	28	22.0	13	9.0	286.0	23,810	83.25
LADRILLO M-2	28	22.0	13	9.0	286.0	22,980	80.35
LADRILLO M-3	28	22.0	13	9.0	286.0	25,630	89.62
LADRILLO M-4	28	22.0	13	9.0	286.0	26,580	92.94
LADRILLO M-5	28	22.0	13	9.0	286.0	25,220	88.18
PROMEDIO							86.87



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**COMPRESION DE LADRILLO KING KONG**

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Dias	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	7	22.0	13	9.0	286.0	48,320	168.95
LADRILLO M-2	7	22.0	13	9.0	286.0	46,390	162.20
LADRILLO M-3	7	22.0	13	9.0	286.0	42,080	147.13
LADRILLO M-4	7	22.0	13	9.0	286.0	46,720	163.36
LADRILLO M-5	7	22.0	13	9.0	286.0	45,200	158.04
PROMEDIO							159.94



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE



### COMPRESION DE LADRILLO KING KONG

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>"  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Dias	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	14	22.0	13	9.0	286.0	44,990	157.31
LADRILLO M-2	14	22.0	13	9.0	286.0	46,820	163.71
LADRILLO M-3	14	22.0	13	9.0	286.0	48,900	170.98
LADRILLO M-4	14	22.0	13	9.0	286.0	48,370	169.13
LADRILLO M-5	14	22.0	13	9.0	286.0	54,580	190.84
PROMEDIO							170.39



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**COMPRESION DE LADRILLO KING KONG**

SOLICITA : BACH:NINAQUISPE ARIAS LUIS ENRIQUE  
BACH:SEVILLANO OTINIANO MARCO ANTONIO  
TESIS : "EFECTO DE LA SUSTITUCION DEL 15% DEL CEMENTO POR UNA COMBINACION DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ AL 10% Y VIDRIO MOLIDO AL 5% EN LA RESISTENCIA DE UN LADRILLO DE CONCRETO 175 KG/CM2"  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 18/11/2016

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 22 x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Edad	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Dias	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
LADRILLO M-1	28	22.0	13	9.0	286.0	33,240	116.22
LADRILLO M-2	28	22.0	13	9.0	286.0	35,630	124.58
LADRILLO M-3	28	22.0	13	9.0	286.0	36,600	127.97
LADRILLO M-4	28	22.0	13	9.0	286.0	35,150	122.90
LADRILLO M-5	28	22.0	13	9.0	286.0	32,930	115.14
PROMEDIO							121.36



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE

# **INFORME DE CALCINACION**



**ANALISIS DE LABORATORIO**

**SOLICITADO POR** : Ninaquispe Arias Luis Enrique  
Sevillano Otiniano Marco Antonio  
**ASUNTO** : Calcinación de muestras  
**PROCEDENCIA** : Ancash  
**FECHA DE RECEPCION** : 18/04/16  
**FECHA DE ENTREGA** : 22/04/16

Descripción	Proceso	Temperatura (C°)	Tiempo (horas)	Peso inicial (g)	Peso final (g)
Ceniza de Tuza de Maíz	Calcinación	600	2.0	2300.00	2153.00

Trujillo, 22 de abril de 2016

  
**Ing. Juan Vega González**  
Jefe de Laboratorio  
CIP 79515

# **PRUEBA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**



**INFORME TÉCNICO N° 0590 – 16 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DE LOS SOLICITANTES : LUIS ENRIQUE NINAQUISPE ARIAS  
MARCO ANTONIO SEVILLANO OTINIANO
  - 1.2 DNI : 47469724  
70545304
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 04 / 2016
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 26 / 04 / 2016
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 26 / 04 / 2016
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ  
CALCINADA A 600°C POR 2 HORAS
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 62%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X.  
SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. **RESULTADOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO EXPERIMENTAL %
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	80.763
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	9.130
Pentóxido de Fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.755
Trióxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.246
Óxido de Calcio, CaO	1.986
Óxido de Zinc, ZnO	0.456
Dióxido de Titanio, TiO <sub>2</sub>	0.234
Cloruro, Cl <sup>-</sup>	0.144
Óxido de Manganeso, MnO	0.117
Óxido de Rubidio, Rb <sub>2</sub> O	0.062
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.047
Óxido de Estroncio, SrO	0.032
Óxido de Cobre, CuO	0.018
Bromuro, Br <sup>-</sup>	0.009

\* El porcentaje de error del equipo es de  $\pm 0.02\%$ .

\* El porcentaje de óxido de metal es calculado por el equipo

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Quim. Natalia K. Chávez Lallire  
Analista Químico  
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Jefa de Laboratorio  
Responsable del análisis  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



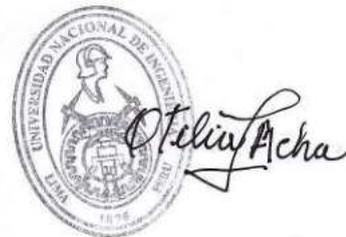
Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 2. Muestra de Ceniza de Tusa de Maíz (Calcinada a 600°C por 2 horas), colocada en el portamuestras



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X





**INFORME TÉCNICO N° 0591 – 16 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DE LOS SOLICITANTES : LUIS ENRIQUE NINAQUISPE ARIAS  
MARCO ANTONIO SEVILLANO OTINIANO
  - 1.2 DNI : 47469724  
70545304
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 04 / 2016
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 26 / 04 / 2016
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 26 / 04 / 2016
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE VIDRIO MOLIDO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X.  
SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO EXPERIMENTAL %
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	84.392
Óxido de Calcio, CaO	11.285
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	2.529
Trióxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.579
Óxido de Estroncio, SrO	0.125
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.089

\* El porcentaje de error del equipo es de  $\pm 0.02\%$ .

\* El porcentaje de óxido de metal es calculado por el equipo

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Quim. Natalia K. Chávez Lallire  
Analista Químico  
LABICER – UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Jefa de Laboratorio  
Responsable del análisis  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

## ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 2. Muestra de Ceniza de Tusa de Maíz  
(Calcinada a 600°C por 2 horas), colocada en el portamuestras



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de  
Fluorescencia de Rayos X





**INFORME TÉCNICO N° 0592 – 16 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DE LOS SOLICITANTES : LUIS ENRIQUE NINAQUISPE ARIAS  
MARCO ANTONIO SEVILLANO OTINIANO
  - 1.2 DNI : 47469724  
70545304
- 2 **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 26 / 04 / 2016
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 26 / 04 / 2016
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 26 / 04 / 2016
- 3 **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
- 4 **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : MEZCLA DE UNA MUESTRA DE CENIZA DE TUSA DE MAIZ Y VIDRIOMOLIDO
- 5 **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6 **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 62%
- 7 **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X.  
SHIMADZU, EDX 800-HS.
- 8 **RESULTADOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO EXPERIMENTAL %
Óxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	43.122
Óxido de Potasio, K <sub>2</sub> O	41.615
Óxido de Calcio, CaO	9.168
Trióxido de Hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.525
Trióxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.728
Pentóxido de Fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.096
Óxido de Zinc, ZnO	0.262
Dióxido de Titanio, TiO <sub>2</sub>	0.194
Cloruro, Cl <sup>-</sup>	0.093
Óxido de Estroncio, SrO	0.078
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub>	0.058
Óxido de Rubidio, Rb <sub>2</sub> O	0.040
Óxido de Cobre, CuO	0.016
Bromuro, Br <sup>-</sup>	0.005

\* El porcentaje de error del equipo es de ±0.02%.

\* El porcentaje de óxido de metal es calculado por el equipo

9 **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Quim. Natalia K. Chávez Lallire  
 Analista Químico  
 LABICER – UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
 Jefa de Laboratorio  
 Responsable del análisis  
 CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

## ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



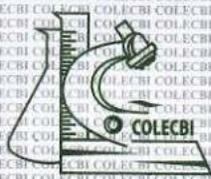
Figura 2. Muestra de Ceniza de Tusa de Maíz (Calcinada a 600°C por 2 horas), colocada en el portamuestras



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



# **PRUEBA DEL PH**



# CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

## “COLECEBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 1573-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR

MARCO SEVILLANO OTINIANO

DIRECCIÓN

Calle Huana Capac 515 San Isidro Chimbote

PRODUCTO DECLARADO

ABAJÓ INDICADOS

CANTIDAD DE MUESTRA

03 muestras

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA

En bolsa de plástico cerrada

FECHA DE RECEPCIÓN

2016-06-17

FECHA DE INICIO DEL ENSAYO

2016-06-17

FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO

2016-06-18

CONDICIÓN DE LA MUESTRA

En buen estado

ENSAYOS REALIZADOS EN

Laboratorio de Física Químico

CÓDIGO COLECEBI

SS 000915-16

### RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Ceniza de Tuza de Maiz	11.80
Vidrio Molido	10.72
Ceniza de Tuza de Maiz + Vidrio Molido	11.82

### METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico

#### NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECEBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos 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

Fecha de Emisión: Nueva Chimbote, Junio 19 del 2016.

DVY/jms

Denís M. Vargas Yepéz  
Jefe de Laboratorio  
Físico Químico  
COLECEBI S.A.C.

LC-MP-HRIE

Rev. 04

Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECEBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecebi@speedy.com.pe / medioambiente.colecebi@speedy.com.pe

Web: www.colecebi.com

# **NORMA E-070**

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

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo
Resistencia característica de la albañilería ( $f_{m, v_m}$ )	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
Refuerzo horizontal mínimo en muros confinados	27.1
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	29.6
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 deslizamiento de los cercos	31.6
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-

tablecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

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 eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

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 empuje 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 cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ Kg/cm}^2$ ), para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por  $412/f_y$  (en MPa) ó  $4200/f_y$  (en  $\text{kg/cm}^2$ ).

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 arriostre. 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. **Arriostre.** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

3.8. **Borde Libre.** Extremo horizontal o vertical no arriostrado 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 arriostre 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 trillaje u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

3.14. **Muro Arriostrado.** Muro provisto de elementos de arriostre.

3.15. **Muro de Arriostre.** 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 hiladas 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 ó 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 Maciza)** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

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 arriostre y confinamiento.

## Artículo 4.- NOMENCLATURA

- $A$  = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- $A_c$  = área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
- $A_{cf}$  = área de una columna de confinamiento por corte fricción.
- $A_n$  = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- $A_v$  = 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.
- $A_w$  = área de estribos cerrados.
- $d$  = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- $D_b$  = diámetro de una barra de acero.
- $e$  = espesor bruto de un muro.
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E_m$  = módulo de elasticidad de la albañilería.
- $f_b$  = resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- $f_c$  = resistencia a compresión axial del concreto o del «grout» a los 28 días de edad.
- $f_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- $G_m$  = módulo de corte de la albañilería.
- $h$  = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
- $I$  = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- $L$  = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (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.
- $M_u$  = momento flector en un muro producido por el sismo severo.
- $N$  = número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
- $N_c$  = número total de columnas de confinamiento.  $N_c \geq 2$ . Ver la Nota 1.
- $P$  = peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- $P_g$  = carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- $P_c$  = carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
- $P_e$  = carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $P_m$  = carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
- $P_u$  = carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
- $P_t$  = carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
- $s$  = separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
- $S$  = factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $t$  = espesor efectivo del muro.
- $t_n$  = espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
- $U$  = factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $V_c$  = fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
- $V_e$  = fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $V_{Es}$  = fuerza cortante en el entrepiso «i» del edificio producida por el sismo severo.
- $V_{u1}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.
- $V_{u2}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.

- $v_m$  = resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
- $Z$  = factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $\delta$  = factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.
- $\delta = 1$ , para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
- $\delta = 0,8$ , para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
- $\phi$  = coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
- $\phi = 0,9$  (flexión o tracción pura).
- $\phi = 0,85$  (corte fricción o tracción combinada con corte-fricción).
- $\phi = 0,7$  (compresión, cuando se use estribos cerrados).
- $\phi = 0,75$  (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
- $\rho$  = cuantía del acero de refuerzo =  $A_v / (s.t)$ .
- $\sigma$  = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro =  $P_u / (t.L)$ .
- $\sigma_m$  =  $P_m / (t.L)$  = esfuerzo axial máximo en un muro.
- $\mu$  = 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 « $\phi$ » para los muros armados se proporciona en el Artículo 28 (28.3).

CAPÍTULO 3  
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

## Artículo 5.- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

## 5.1. 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 manipuleo.

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.

## 5.2. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

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

TABLA 1  
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

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

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**5.3. 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 a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

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

**5.4. PRUEBAS**

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

b) **Resistencia a la Compresión.** - Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuarán 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 ( $f_p$ ) 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.

**5.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD**

a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.

f) La unidad de albañilería no tendrá resquebraaduras, 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 6.- MORTERO**

**6.1. 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.

**6.2. 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
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 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.

**6.3. 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).

**6.4. 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 (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

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
1/2 pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
Nº 4 (4,75 mm)	10 a 30
Nº 8 (2,36 mm)	0 a 10
Nº 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, alcalis 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  $f_c = 13,72 MPa$  ( $140 kg/cm^2$ ). La resistencia a compresión  $f_c$  será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. Las probetas tendrán una esbeltez igual a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad.

#### 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  $17,15 MPa$  ( $175 kg/cm^2$ ) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

#### CAPÍTULO 4 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

#### 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 atenderá 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 reemplazo 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 sílico-calcareo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.

b) Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climáticas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

(\*) Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm<sup>3</sup>) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm<sup>3</sup>) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>, se obtiene como:  $SUCCION = 200 (V1 - V2) / A$ , expresada en gr/200 cm<sup>2</sup> - min, donde «A» es el área bruta (en cm<sup>2</sup>) 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 (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.

10.6. No se asentarán 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.- ALBAÑILERIA 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 ¾ 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/cm<sup>2</sup>). 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 saga, 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 cimientado, 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 (mediado al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista.

#### **Artículo 12.- ALBAÑILERIA 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 protegidas por mortero. Las escaleras 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.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'_m)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

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

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

13.2. Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> 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.

	Edad	14 días 21 días	
		Muretes	Ladrillos de arcilla
	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  $0,319\sqrt{f'_m}$  MPa ( $\sqrt{f'_m}$  Kg/cm<sup>2</sup>)

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.

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

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

(\*\*) El valor  $f'_m$  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  $f'_c = 13,72$  MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

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

## CAPÍTULO 6 ESTRUCTURACIÓN

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

### Artículo 14.- ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO

14.1. Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los 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 incrementarles su ductilidad y su resistencia al corte, en consecuencia, es recomendable el uso de losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones. Es posible el uso de losas unidireccionales siempre y cuando los esfuerzos axiales en los muros no excedan del valor indicado en el Artículo 19 (19.1.b).



ICG

Diffundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia

www.construccion.org / icg@icgmail.org / Telefax : 421 - 7896

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 15.- 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 alféizares de ventanas aislados de la estructura principal, debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano, según se indica en el Capítulo 10.

#### Artículo 16.- 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 obviar el diafragma en el último nivel de las edificaciones de varios pisos. Para ambos casos, los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostrarse transversalmente con columnas de amarre o muros ortogonales y mediante vigas soleras continuas.

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

18.3. Un muro se considerará arriostrado cuando:

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

b) Los arriostres tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.

c) Al emplearse los techos para su estabilidad lateral, se tomen precauciones para que las fuerzas laterales que actúan en estos techos sean transferidas al suelo.

d) El muro de albañilería armada esté diseñado para resistir las fuerzas normales a su plano.

### CAPÍTULO 7 REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS

#### Artículo 19.- REQUISITOS GENERALES

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

#### 19.1. 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 arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver Artículo 3 (3.6)).

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

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} \leq 0,2 f_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f_m \quad (19.1b)$$

Donde «L» es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería ( $f_m$ ), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial « $P_m$ » (\*).

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

c) **Aplastamiento.** Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a  $0,375 f_m$ . En estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

## 19.2. 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 reforzarán 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:

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

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 ampliarse el espesor real de la placa por la relación  $\gamma$ , donde  $\gamma$  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  $f_c \geq 17,15 \text{ MPa}$  ( $175 \text{ kg/cm}^2$ ).

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  $f_c \geq 13,72 \text{ MPa}$  ( $140 \text{ kg/cm}^2$ ). 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, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos.

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 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 las 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 acoplado 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:  $E_m = 500 f_m$
- Unidades Sílico-calcáreas:  $E_m = 600 f_m$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

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/cm<sup>2</sup>)

#### 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 a «sismo moderado», utilizando los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia ( $\phi$ ) 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:

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

donde: « $V_c$ » 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:

$$V_m = 0,5 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

##### Unidades Sílico-calcáreas:

$$V_m = 0,35 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

donde:

- $v_m$  = resistencia característica a corte de la albañilería (ver 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)
- $\alpha$  = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_c L}{M_c} \leq 1 \quad (26.3)$$

donde: « $V_c$ » es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y, « $M_c$ » es el momento flector 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:

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

b) La sumatoria de resistencias al corte ( $\sum V_{mi}$ ) incluirá sólo el aporte de los muros reforzados (confinados o armados) y el aporte de los muros de concreto armado,

sin considerar en este caso la contribución del refuerzo horizontal.

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

e) Cuando  $\sum V_{mi}$  en cada entrepiso sea mayor o igual a  $3 V_{ei}$ , se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esa condición, se empleará refuerzo mínimo, capaz de funcionar como arriostres y de soportar las acciones perpendiculares al plano de la albañilería (ver el Capítulo 9). En este paso culminará el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares.

#### 26.5. 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.

#### 26.6. 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» ( $V_{ei}$ ,  $M_{wi}$ ), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el «sismo moderado» ( $V_{ei}$ ,  $M_{wi}$ ) 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:  $2 \leq V_{mi}/V_{ei} \leq 3$ .

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

#### 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 ( $V_u \geq V_m$ ), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga,  $\sigma_m = P_m/(L \cdot t)$ , mayor o igual que  $0,05 f'_m$ , 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:  $\rho = A_s/(s \cdot t) \geq 0,001$ . Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,5 cm y terminarán con gancho a 90° vertical de 10 cm de longitud.

#### 27.2. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

a) En cada entrepiso superior al primero, deberá verificarse para cada muro confinado que:  $V_{mi} > V_{ui}$

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

#### 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.

COLUMNA	$V_c$ (fuerza cortante)	$T$ (tracción)	$C$ (compresión)
Interior	$\frac{V_{mi} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$V_{mi} \frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{mi} h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{mi} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Donde:

$M = M_{pi} - 1/2 V_{mi} \cdot h$  («h» es la altura del primer piso).  
 $F = M/L =$  fuerza axial en las columnas extremas producidas por «M».

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

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

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

$$A_n = A_c + \frac{C/A_c \cdot f_y}{0,85 \delta f'_c} \quad (27.3-a.1)$$

donde:

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

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

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

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

$$A_{vj} = \frac{V_c}{0,2f_c\phi} \geq A_c \geq 15t(cm^2) \quad (27.3.3-a.1')$$

donde:  $\phi = 0,85$

**a.2. Determinación del refuerzo vertical**

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

$$A_{vj} = \frac{V_c}{f_y\mu\phi} \quad A_u = \frac{T}{f_y\phi} \quad (27.3.a.2)$$

$$A_v = A_{vj} + A_u \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo } 4\phi 8mm)$$

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:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0,3t_n f_c (A_v/A_n - 1)} \quad s_2 = \frac{A_v f_y}{0,12t_n f_c} \quad (27.3.a.3)$$

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

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

• El confinamiento mínimo con estribos será [ ] 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

**b) Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer nivel**

• La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a  $T_r$ :

$$T_r = V_{m1} \frac{L_m}{2L}$$

$$A_v = \frac{T_r}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo } 4\phi 8mm) \quad (27.3.b)$$

donde:  $\phi = 0,9$

$A_v$  = área de la sección transversal de la solera

• El área de la sección transversal de la solera ( $A_v$ ) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal ( $A_v$ ), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos: [ ] 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 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 ( $M_{gr} = M_c (V_{m1}/V_{c1})$ ) actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \quad T = F - P_c > 0 \quad (27.4.a)$$

$$A_v = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo } 4\phi 8mm)$$

donde  $\phi = 0,9$ .

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

$$C = P_c + F$$

$$A_n = A_c + \frac{C - A_v f_y}{0,85\delta f_c} \quad (27.4.b)$$

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

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

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

c. Las columnas internas podrán tener refuerzo mínimo.

d. Las soleras se diseñarán a tracción con una fuerza igual a « $T_r$ »:

$$T_r = V_u \frac{L_m}{2L}$$

$$A_v = \frac{T_r}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \dots (\text{mínimo } 4\phi 8mm) \quad (27.4.d)$$

donde  $\phi = 0,9$

e. Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos: [ ] 1/4», 1 @ 5, 4@ 10, r @ 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 solicitaciones. 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 corrugadas.

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  $0,3 f_m$  los extremos libres de los muros (sin muros transversales) se confinarán para evitar la falla por flexocompresión. El confinamiento se podrá lograr mediante planchas de acero estructural inoxidable o galvanizado, mediante estribos o zunchos cuando la dimensión del alveolo lo permita.

h) Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante ante sismos severos no exceda de  $0,5 V_m / A_n$ , donde  $A_n$  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 contabilizados en el aporte de resistencia sísmica) podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena. En estos casos, la cuantía de refuerzo vertical u horizontal no será menor que 0,07%.

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 deformación es.

- 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,  $\epsilon_m$ , en la fibra extrema comprimida se asumirá igual a 0,002 para albañilería de unidades apilables e igual a 0,0025 para albañilería de unidades asentadas cuando la albañilería no es confinada y de 0,0055 cuando la albañilería es confinada mediante los elementos indicados en el Artículo 28 (28.1g).

- Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuerzo de fluencia especificado,  $f_y$ , se tomarán iguales al producto del módulo de elasticidad  $E_s$  por la deformación unitaria del acero. Para deformaciones mayores que la correspondiente a  $f_y$  los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a  $f_y$ .

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

- El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería,  $0,85 f_m$ , será asumido uniformemente distribuido sobre una zona equivalente de compresión, limitada por los bordes de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro de la sección a una distancia  $a = 0,85 c$ , donde  $c$  es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida.

- 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 « $M_n$ »

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

$$\phi M_n \geq M_u$$

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

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

Donde  $P_u = 0,1 f_m t L$

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

$$M_n = A_s f_y D + P_n L / 2 \quad (28.3b)$$

donde:  $D = 0,8 L$

$A_s$  = 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 ( $P_n$  vs.  $M_n$ ).

d) Por lo menos se colocará 2  $\phi$  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 «  $M_n$  » se calculará sólo para el primer piso ( $M_{n1}$ ), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso:  $P_n = 1,25 P_n$ , 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 ( $\sigma_u$ ) con la fórmula de flexión compuesta:

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

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  $\sigma_u \geq 0,3 f_m$  deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con 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  $D_b \geq 1/13$ , donde «  $s$  » es el espaciado entre elementos de confinamiento.

## 28.5. Resistencia a corte

a) El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante «  $V_{u1}$  » 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 «  $V_{u1}$  » considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.

b) El valor « $V_{df}$ » se calculará con las siguientes fórmulas:

**Primer Piso:**  
 $V_{df1} = 1,25 V_{m1} (M_{n1} / M_{d1}) \dots$  no menor que  $V_{m1}$

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

El esfuerzo de corte  $v_i = V_{df} / l L$  no excederá de  $0,10 f_{cm}$  en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de  $0,20 f_{cm}$  en cualquier otra zona.

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

$$A_{ch} = \frac{V_{df} \cdot S}{f_y \cdot D} \quad (28.5)$$

donde:

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

**CAPITULO 9  
DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO  
DEL MURCO**

**Artículo 29.- ESPECIFICACIONES GENERALES**

29.1. 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.

29.2. 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 las 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.

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

29.4. 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).

29.5. 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

29.6. 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 tarrajeos), en metros

$\gamma$  = peso volumétrico de la albañilería

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

$$M_x = m \cdot w \cdot a^2 \quad (29.7)$$

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 CRITICA «a»									
CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS									
a = Menor dimensión									
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	$\infty$	
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125	
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS									
a = Longitud del borde libre									
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	$\infty$
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES									
a = Altura del muro									
m = 0,125									
CASO 4. MURO EN VOLADIZO									
a = Altura del muro									
m = 0,5									

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

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

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  $0,01 f_{cm}$  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 « $M_s$ » (ver Artículo 29 (29.6)), para de esta manera obtener el momento total de diseño  $M_d = M_g + M_s$ , repartido por unidad de longitud.

30.5. El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional ( $P_x$ ), se obtendrá como:  $f_a = P_x / L \cdot t$

30.6. El esfuerzo normal producido por el momento flector « $M_x$ », se obtendrá como:  $f_{ax} = 6 M_x / t^2$ .



30.7. Se deberá cumplir que:

- a) En el primer piso:  $f_a + f_m \leq 0,25 f_m^c$   
 b) En el último piso:  $f_m - f_a \leq f_i$   
 c) En cualquier piso: La compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1,33 \quad (30.7c1)$$

en la que:

$$\begin{aligned} f_a &= \text{es el esfuerzo resultante de la carga axial} \\ F_a &= \text{es el esfuerzo admisible para carga axial} \\ &= 0,20 f_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad (30.7c2) \end{aligned}$$

$f_m$  = es el esfuerzo resultante del momento flector  
 $F_m$  = es el esfuerzo admisible para compresión por flexión =  $0,40 f_m$

### 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 o 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:  $f_m = 6M_w / t^2$  y no será mayor que  $f_i = 0,147 \text{ MPa}$  ( $1,5 \text{ Kg/cm}^2$ ).

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  $8 \text{ kg/cm}^2$  ( $0,754 \text{ MPa}$ ) en la albañilería. La cuantía mínima de refuerzo horizontal y vertical a emplear en estos muros será 0,0007 (ver 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 retirados 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 INTERACCION TABIQUE DE ALBAÑILERIA- 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:

- 1) torsión en el edificio.
- 2) concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
- 3) fractura del tabique.

4) «piso blando», que se presenta cuando un determinado piso está libre de tabiques, mientras que los pisos superiores se encuentran rigidizados por los tabiques.

5) «columnas cortas», donde el parapeto 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  $b.t$ .

donde:

$t$  = espesor efectivo del tabique

$b$  = ancho equivalente del puntal de albañilería =  $1/4 D$

$D$  = 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)

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

$f_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería (en  $\text{kg/cm}^2$ ). Ver la Tabla 9.

$f_i$  = resistencia última a cizalle de la albañilería =  $4 \text{ kg/cm}^2$

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

$$R_c = 0,12 f_m D t \quad (33.4a)$$

b.- Tracción 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:

$$R_d = 0,85 \sqrt{f_m} D t \quad (33.4b)$$

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

$$R_s = \frac{f_i t D}{1 - 0,4 h/L} \quad (33.4c)$$

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 Sismorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del tabique (contemplando los tres tipos de falla indicados en el Artículo 33 (33.4)).