

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de  
unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas  
con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani,  
Arequipa 2020**

Marco Antonio Huamani Mollo  
Stephany Solis Guerra

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Civil

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# **ASESOR**

Ing. Julio Efraín Postigo Zumarán

## **Agradecimiento**

A mis docentes y asesores de la Universidad Continental, por el gran apoyo y asesoramiento en el desarrollo del presenta trabajo.

A la ladrillera Artesanal San Martin, por haberme facilitado sus instalaciones, así como su apoyo técnico para que este trabajo se haya podido realizar.

*Marco Antonio Huamani Mollo*

A Dios por permitirme tener una buena experiencia dentro de la universidad, a la Universidad Continental por permitirme convertirme en una gran profesional en lo que tanto me apasiona, a mis docentes y asesores que hicieron parte de este proceso integral de formación.

A la ladrillera Artesanal San Martin, por haberme facilitado sus instalaciones, así como su apoyo técnico para que este trabajo se haya podido realizar.

*Stephany Solis Guerra*

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mi padre que desde el cielo guía e ilumina, a mi madre y a mis hermanos los cuales son mis motivos superación día a día, el apoyo incondicional brindado por cada uno de ellos. A mis compañeros de trabajo por apoyarme y orientarme cuando más lo necesitaba.

*Marco Antonio Huamani Mollo*

A Dios, a mis padres, a mis hermanos, a mi pareja y a mi tía por haberme apoyado en el transcurso de mi carrera, por toda la paciencia y la confianza en mí.

*Stephany Solis Guerra*

## INDICE

Agradecimiento.....	iii
Dedicatoria .....	iv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	3
1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.1.1. Formulación del problema.....	4
1.1.1.1. Pregunta general .....	4
1.1.1.2. Preguntas específicas .....	5
1.2. Objetivo General.....	5
1.1.2. Objetivos específicos .....	5
1.3. Justificación .....	6
1.4. Importancia.....	7
1.1.3. Delimitación .....	7

1.1.3.1.	Delimitación Temporal .....	7
1.1.3.2.	Delimitación Espacial.....	8
1.5.	Hipótesis.....	8
1.1.4.	Variables .....	8
1.1.4.1.	Variables Independiente .....	8
1.1.4.2.	Variables dependiente .....	8
1.1.5.	Operacionalización de Variables .....	9
CAPITULO II.....		10
MARCO TEÓRICO .....		10
2.1.	Antecedentes del problema .....	10
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	10
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	13
2.1.3.	Antecedentes Regionales .....	15
2.2.	Bases Teóricas.....	16
2.2.1.	Los Ladrillos.....	16
2.2.2.	Tipos de unidades de albañilería.....	17
2.2.3.	Unidades de albañilería maciza o sólida .....	17
2.2.4.	Proceso de fabricación de ladrillos .....	18
2.2.4.1.	Extracción de la materia prima .....	19
2.2.4.2.	Mezclado .....	19
2.2.4.3.	Moldeo.....	19
2.2.4.4.	Secado .....	20

2.2.4.5.	Carga del horno .....	22
2.2.4.6.	Cocción .....	23
2.2.4.7.	Almacenaje.....	23
2.2.5.	Propiedades mecánicas y físicas de los Ladrillos.....	24
2.2.5.1.	Propiedades mecánicas de los Ladrillos.....	25
2.2.5.2.	Propiedades físicas de los Ladrillos.....	27
2.2.6.	Norma Técnica E.070 de Albañilería .....	34
2.2.6.1.	Clasificación de las unidades de albañilería .....	34
2.2.6.2.	Limitaciones de las unidades de albañilería.....	35
2.2.6.3.	Aceptación de las unidades de albañilería.....	36
2.2.7.	Materia prima y yacimientos.....	37
2.2.7.1.	Las Arcillas .....	37
2.2.7.2.	Áridos .....	38
2.2.7.3.	La diatomita.....	39
2.3.	Definición de términos básicos .....	43
CAPÍTULO III.....		44
METODOLOGÍA.....		44
3.1.	Métodos y alcance de la investigación.....	44
3.1.1.	Método de la investigación.....	44
3.1.2.	Alcance de la investigación .....	44
3.2.	Diseño de la investigación .....	45
3.3.	Población y muestra .....	45

Población.....	45
Muestra .....	45
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.5. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.....	46
CAPÍTULO IV .....	47
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	47
4.1. Extracción de la materia prima.....	47
4.2. Preparación de materia prima.....	49
4.3. Dosificación de materia a emplear para la manufactura de unidades de albañilería maciza.....	52
4.4. Elaboración de unidades de albañilería maciza.....	53
4.4.1. Mezclado de materia prima .....	53
4.4.2. Moldeo de unidades de albañilería maciza.....	55
4.4.3. Secado de unidades de albañilería maciza .....	56
4.4.4. Cocción de unidades de albañilería maciza .....	57
4.5. Ensayos de unidades de albañilería maciza .....	58
4.5.1. Ensayo de variación dimensional .....	58
4.5.2. Ensayo de alabeo .....	60
4.5.3. Ensayo de absorción.....	60
4.5.4. Ensayo de succión .....	62
4.5.5. Ensayo de compresión.....	63
CAPÍTULO V .....	66

RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	66
5.1. Determinación de la situación actual de la materia prima para la manufactura de ladrillos en Arequipa.....	66
5.1.1. Yacimientos de Arcillas .....	66
5.1.2. Yacimientos de áridos.....	69
5.1.3. Yacimientos de diatomita .....	70
5.2. Identificación de las características físico químicas de la diatomita de San Juan de Tarucani.....	72
5.3. Alteración de las propiedades físicas y mecánicas, de las unidades de albañilería adicionadas con Diatomita.....	75
5.3.1. Resultados de ensayo de variación dimensional.....	75
5.3.2. Resultados de ensayo de alabeo .....	79
5.3.3. Resultados de ensayo de absorción.....	81
5.3.4. Resultados de ensayo de succión.....	83
5.3.5. Resultados de ensayo de compresión.....	85
5.4. Clasificación de las unidades de albañilería obtenidas según la Norma Técnica E.070.88	
CONCLUSIONES .....	91
RECOMENDACIONES.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS.....	99

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Matriz de operacionalización de variables .....	9
<b>Tabla 2:</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	46
<b>Tabla 3:</b> Características de Molino triturador .....	50
<b>Tabla 4:</b> Resultados de análisis granulométrico de diatomita .....	50
<b>Tabla 5:</b> Dosificaciones de diatomita respecto al peso total de la mezcla.....	52
<b>Tabla 6:</b> Normalización de pesos de materiales por recipiente.....	53
<b>Tabla 7:</b> Dimensiones del molde .....	55
<b>Tabla 8:</b> Parámetros de cocción.....	57
<b>Tabla 9:</b> Características físicas de la diatomita de San Juan de Tarucani .....	72
<b>Tabla 10:</b> Análisis químico de la Diatomita de San Juan de Tarucani.....	74
<b>Tabla 11:</b> Mediciones en largo de unidades de albañilería tipo "A".....	75
<b>Tabla 12:</b> Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "A".....	76
<b>Tabla 13:</b> Mediciones en alto de unidades de albañilería tipo "A".....	76
<b>Tabla 14:</b> Mediciones en largo de unidades de albañilería tipo "B".....	77
<b>Tabla 15:</b> Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "B".....	77
<b>Tabla 16:</b> Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "B".....	78
<b>Tabla 17:</b> Consolidado de variación dimensional de ladrillos tipo "A" .....	78
<b>Tabla 18:</b> Consolidado de variación dimensional de ladrillos tipo "A" .....	78
<b>Tabla 19:</b> Mediciones de alabeo obtenidas de ladrillos tipo "A" .....	79
<b>Tabla 20:</b> Mediciones de alabeo obtenidas de ladrillos tipo "B" .....	80
<b>Tabla 21:</b> Consolidado de alabeo de ladrillos tipo "A" y "B" .....	80

<b>Tabla 22:</b> Mediciones de absorción obtenidas de ladrillos tipo "A" .....	81
<b>Tabla 23:</b> Mediciones de absorción obtenidas de ladrillos tipo "B" .....	82
<b>Tabla 24:</b> Consolidado de absorción de ladrillos tipo "A" y "B" .....	82
<b>Tabla 25:</b> Mediciones de succión obtenidas de ladrillos tipo "A" .....	84
<b>Tabla 26:</b> Mediciones de succión obtenidas de ladrillos tipo "B" .....	84
<b>Tabla 27:</b> Consolidado de absorción de ladrillos tipo "A" y "B" .....	85
<b>Tabla 28:</b> Mediciones de resistencia a la compresión obtenidas de ladrillos tipo "A" .....	86
<b>Tabla 29:</b> Mediciones de resistencia a la compresión obtenidas de ladrillos tipo "B" .....	86
<b>Tabla 30:</b> Consolidado de resistencia a la compresión de ladrillos tipo "A" y "B" .....	87

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Diagrama del proceso de fabricación de ladrillos .....	18
<b>Figura 2:</b> Modelo mecanizado de ladrillos.....	20
<b>Figura 3:</b> Cargado y apilado de ladrillo al horno.....	22
<b>Figura 4:</b> Correcto almacenaje de ladrillos de cerámica roja.....	24
<b>Figura 5:</b> Desarrollo de ensayo de compresión en un ladrillo de 9 huecos.....	26
<b>Figura 6:</b> Ensayo de Resistencia a esfuerzos de compresión diagonal en muros de albañilería.....	27
<b>Figura 7:</b> Determinación de la variación dimensional de un ladrillo macizo .....	29
<b>Figura 8:</b> Eflorescencias en los ladrillos. ....	33
<b>Figura 9:</b> Clasificación de ladrillos para fines estructurales. ....	34
<b>Figura 10:</b> Porcentaje de absorción de ladrillos a base de Arcilla.....	35
<b>Figura 11:</b> Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales....	36
<b>Figura 12:</b> Contenido químico promedio de la arcilla de la corteza terrestre .....	38
<b>Figura 13:</b> Composición química de la greda o tierra de chacra.....	39
<b>Figura 14:</b> Yacimientos de diatomita. ....	40
<b>Figura 15:</b> Composición química referencial de la Diatomita en la región de Arequipa. .41	
<b>Figura 16:</b> Composición química de diatomita de diversas canteras en el Perú .....	42
<b>Figura 17:</b> Recorrido hacia el yacimiento de diatomita de San Juan de Tarucani.....	48
<b>Figura 18:</b> Ubicación del Yacimiento de diatomita de San Juan de Tarucani. ....	48
<b>Figura 19:</b> Preparación de la materia prima para unidades de albañilería.....	49

<b>Figura 20:</b> Curva granulométrica de la diatomita triturada.....	51
<b>Figura 21:</b> Proceso de mezclado de materia prima empleado para unidades de albañilería adicionadas con diatomita.....	53
<b>Figura 22:</b> Dosificación de materia prima a emplear en los ladrillos .....	54
<b>Figura 24:</b> Proceso de moldeo de unidades de albañilería adicionadas con diatomita. ....	55
<b>Figura 23:</b> Moldeo de unidades de albañilería adicionadas con diatomita.....	55
<b>Figura 25:</b> Proceso de secado de unidades de albañilería adicionadas con diatomita. ....	56
<b>Figura 26:</b> Secado de unidades de albañilería adicionadas con diatomita .....	57
<b>Figura 27:</b> Proceso de cocción de unidades de albañilería adicionadas con diatomita....	57
<b>Figura 28:</b> Cocción de unidades de albañilería adicionadas con diatomita.....	58
<b>Figura 29:</b> Ensayo de variación dimensional en unidades de albañilería adicionadas con diatomita.....	59
<b>Figura 30:</b> Ensayo de alabeo en unidades de albañilería adicionadas con diatomita .....	60
<b>Figura 31:</b> Ensayo de absorción en unidades de albañilería adicionadas con diatomita..	62
<b>Figura 32:</b> Ensayo de succión en unidades de albañilería adicionadas con diatomita.....	63
<b>Figura 33:</b> Aplicación de yeso en las unidades de albañilería para uniformizar las superficies de contacto con la prensa de compresión. ....	64
<b>Figura 34:</b> Ensayo de compresión en unidades de albañilería adicionadas con diatomita .....	65
<b>Figura 35:</b> Composición química referencial de las Arcillas de la región de Arequipa .....	67
<b>Figura 36:</b> Canteras de arcilla común de la región de Arequipa por provincias .....	68
<b>Figura 37:</b> Ubicación de Canteras de Arcilla en la región de Arequipa, líneas horizontales de color azul, según leyenda .....	69
<b>Figura 38:</b> Oferta potencial de Diatomitas en el Perú por regiones .....	70

<b>Figura 39:</b> Micrografía de la diatomita de San Juan de Tarucani .....	74
<b>Figura 40:</b> Comparación entra la variación dimensional de unidades de.....	79
<b>Figura 41:</b> Comparación entra el alabeo de unidades de albañilería Tipo “A” y tipo “B” ..	81
<b>Figura 42:</b> Comparación entre el % de Absorción de unidades de albañilería Tipo “A” y tipo “B” .....	83
<b>Figura 43:</b> Comparación entre la succión de unidades de albañilería Tipo “A” y tipo “B” .	85
<b>Figura 44:</b> Comparación entre la resistencia a la compresión de unidades de albañilería Tipo “A” y tipo “B” .....	87
<b>Figura 45:</b> Clasificación de la unidad de albañilería adicionada con 15% de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani. ....	89
<b>Figura 46:</b> Clasificación de la unidad de albañilería adicionada con 25% de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani. ....	90

## RESUMEN

El trabajo de investigación, tuvo como objetivo obtener unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, que cumplan con los parámetros estructurales requeridos por la Norma Técnica E.070 de albañilería, mediante el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de diatomita y así obtener el porcentaje óptimo de diatomita a adicionar en la mezcla de arcilla.

El diseño experimental del presente trabajo de investigación, fue no probabilística por conveniencia, así también la metodología empleada se basó en elaborar diez unidades de albañilería artesanales con adiciones del 15% y 25% en peso de diatomita a la mezcla de arcilla cada una, para posteriormente someterlas a ensayos físicos del tipo absorción, succión y mecánicos como resistencia a la compresión, adicionalmente se efectuaron ensayos clasificatorios como lo son variación dimensional y alabeo, con el propósito clasificar estas unidades de albañilería para fines estructurales según la normativa peruana E 070 de albañilería.

Como resultados se obtuvo que la absorción y succión presentaron aumentos notorios a medida que se añadía más porcentaje de diatomita a la mezcla, mientras que, en referencia a la resistencia a la compresión, esta tendía a disminuir una vez que el porcentaje de diatomita excedía el 15%. En cuanto a los ensayos de alabeo y variación dimensional no presentaron alteraciones notorias al añadir diferentes porcentajes de diatomita.

Las conclusiones del trabajo de investigación desarrollado, indican que trabajar con un porcentaje del 15% de adición de diatomita en la mezcla de arcilla para la manufactura de unidades de albañilería artesanales, mejoran las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería y se clasifican dentro de los ladrillos Clase I, según la norma E 070 de Albañilería. En referencia a las unidades de albañilería con adiciones del 25% de diatomita, se ve disminuida su resistencia a la compresión y sus propiedades físicas como absorción y succión tienden a quedar en el límite y exceder los parámetros máximos exigidos según norma.

### **Palabras claves:**

Diatomita, unidades de albañilería, propiedades físicas y mecánicas

## **ABSTRACT**

The research work aimed to obtain solid masonry units added with diatomite from the San Juan de Tarucani deposit, which comply with the structural parameters required by Technical Standard E.070 for masonry, by analyzing the physical and mechanical properties of the diatomaceous earth bricks and thus obtain the optimum percentage of diatomaceous earth to be added to the clay mixture.

The experimental design of this research work was non-probabilistic for convenience, as well as the methodology used was based on developing ten artisan masonry units with additions of 15% and 25% by weight of diatomite to the clay mixture each, to Subsequently, some tests of physical tests of the type of absorption, suction and mechanical, such as resistance to compression, are additionally carried out in classifying tests such as their dimensional variation and warping, with the purpose of classifying these masonry units for structural fines according to Peruvian regulations E 070 of masonry.

As results, it was obtained that the absorption and suction detected noticeable increases as more percentage of diatomite was added to the mixture, while, in reference to the compressive strength, this tended to decrease once the percentage of diatomite exceeded the fifteen%. Regarding the warping and dimensional variation tests, there are no notable alterations when adding different percentages of diatomite.

The conclusions of the research work carried out indicate that working with a percentage of 15% of the diatomite additions in the clay mix for the manufacture of artisan masonry units, improves the physical and mechanical properties of the masonry units and are classified inside Class I bricks, according to the E 070 Masonry standard. In reference to masonry units with additions of 25% diatomite, their resistance to compression and their physical properties such as absorption and suction, loss at the limit and by exceeding the maximum parameters required by regulations are diminished.

### **Keywords:**

Diatomite, masonry units, physical and mechanical properties

## INTRODUCCIÓN

En el trabajo de investigación expuesto se elaboraron unidades de albañilería macizas, lo cuales fueron adicionados con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, en diferentes porcentajes a la mezcla de la materia prima empleada para la manufactura de estos ladrillos, con el propósito de determinar un porcentaje óptimo de adición de diatomita en donde las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería así como sus propiedades físicas, se encuentren dentro de los parámetros mínimos estructurales especificados en la Norma Técnica E.070 de albañilería.

En el rubro de la construcción en nuestro país, la materia prima empleada para la manufactura de los ladrillos, es comúnmente conocido los materiales que suelen emplearse, como la arcilla y la greda principalmente, pero es relevante indicar también que resulta necesario obtener un mayor universo de nuevos materiales a emplear en la fabricación de diversas unidades estructurales en el rubro de la construcción, una de ellas las unidades de albañilería.

Con este trabajo se pretende obtener unidades de albañilería maciza adicionadas con diatomita, que cumplan con los requerimientos estructurales especificados en la Norma Técnica E.070 de albañilería, mediante la evaluación de sus propiedades tanto mecánicas y físicas, a través de los ensayos y/o evaluaciones de compresión, succión y absorción.

En esta investigación se encuentra desarrollado el procedimiento experimental empleado que tuvo como objetivo principal obtener resultados positivos de la aplicación de diatomita en ladrillos, para ello se describe la secuencia seguida que inicia con la elección del yacimiento de diatomita a emplear, seguida de la elaboración de las probetas y los posteriores ensayos a los cuales fueron sometidos, para finalmente verificar si cumplen o no con la normativa existente.

Así también entre las principales limitaciones encontradas para el desarrollo del presente trabajo, se mencionan las relacionadas, con la ausencia de investigaciones relativas a la caracterización de la diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, así como a los usos potenciales de este recurso ubicado en el lado sur de la provincia de Arequipa.

Finalmente, como resultados potenciales del presente trabajo, se puede mencionar más allá del aporte de un nuevo material a emplear en la industria de la construcción para la manufactura de diversas unidades estructurales, que con esta investigación se apertura la

posibilidad de que las diversas ladrilleras de la ciudad de Arequipa saquen al mercado una nueva variedad de unidades de albañilería a base de diatomita, apoyando indirectamente no solo a la explotación de este recurso en su cantera de San Juan de Tarucani, sino también el poder aumentar su competitividad en el mercado. Así también es preciso mencionar que la explotación de este yacimiento tendría una excelente repercusión en el desarrollo económico y social de los centros poblados aledaños a este yacimiento.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad la mayoría de las unidades de albañilería, comúnmente conocidos como ladrillos, se elaboran con materia prima ya establecida, en donde tenemos la arcilla, greda, mezclas de sílice y cal principalmente, pero que estas tienden a diferir en cuanto a su caracterización, debido a que esto depende mucho de las canteras o yacimientos de donde se estén extrayendo estas materias primas. Estas se forman mediante el moldeo de la masa, en donde se emplean diferentes métodos de moldeo, tales como compactación o extrusión. (Gallegos & Casabonne, 2005)

En los últimos años la obtención de la materia prima a emplear para la manufactura de las unidades de albañilería, se ha convertido en uno de los principales inconvenientes debido a que las canteras para la extracción de materia prima se encuentran cada vez más lejanas de las plantas ladrilleras porque existe un agotamiento de estos recursos en las canteras más próximas a la ciudad de Arequipa, debido a que en la actualidad las unidades de albañilería maciza solo son a base de arcilla principalmente y no se emplea otro material con participación representativa para su manufactura; pudiendo emplearse diatomita como complemento de la arcilla para la manufactura de los ladrillos. En la provincia de Arequipa se cuenta con tres canteras o yacimientos de diatomita, como lo son: Polobaya, Chiguata y San Juan de Tarucani, las cuales en la

actualidad no vienen siendo explotadas en la magnitud que se debería, puesto que su explotación está orientada principalmente entre la industria azucarera y cervecera.

Así también, en nuestro país, la explotación de la diatomita, se encuentra en sus inicios, por lo menos en referido a la industria de la construcción, debido al desconocimiento de este recurso en cuanto a sus propiedades, así como las tecnologías o métodos de procesamiento para el uso del mismo como materia prima para la manufactura de los ladrillos.

En la actualidad, la explotación de este recurso se encuentra centrada generalmente a procesos extractivos del tipo manual, para posteriormente someterlos a molienda, en donde como resultado se obtiene un material, que es utilizado mayormente como relleno, material de carga o material aislante (Urday, 2015).

Sobre la diatomita, material que se propone como complemento a emplear en la manufactura de los ladrillos de cerámica roja, esta se define como un tipo de sustancia mineral, las cuales son no metálicas y están compuestas por frústulas o micro esqueletos silicios de diatomeas. (Cabrera, 1963).

Entre sus principales características se puede observar que estas son de una consistencia regularmente blanca, de baja densidad. Presentan un elevado porcentaje de Absorción, así también estas son atacadas básicamente por ácido fluorhídrico y álcalis. (Cabrera, 1963).

Así mismo sobre la diatomita es conocido el beneficio que puede otorgar a las unidades de albañilería, puesto que es un material de muy buenas propiedades termoaislantes, termo acústicas y de densidades bajas.

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1.1. Pregunta general**

¿La adición de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani en la manufactura de unidades de albañilería macizas, permitirá que se cumplan con los parámetros mínimos requeridos por la norma Norma Técnica E.070 de albañilería?

### **1.1.1.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuál es la situación actual de la materia prima empleada para la manufactura de unidades de albañilería macizas?
- ¿Cuáles son las características físico químicas de la diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani?
- ¿Cuál será el porcentaje óptimo de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, que debe de adicionarse a la mezcla de materia prima de las unidades de albañilería macizas, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas?
- ¿Cómo se verificará el cumplimiento de los parámetros estructurales de la Norma Técnica E.070 de albañilería en las unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani

## **1.2. Objetivo General**

Obtener unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, que cumplan con los parámetros estructurales requeridos por la Norma Técnica E.070 de albañilería

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la situación actual de la materia prima empleada para la manufactura de unidades de albañilería macizas.
- Identificar las características físico químicas de la diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani.
- Calcular el porcentaje óptimo de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, que debe de adicionarse a la mezcla de materia prima de las unidades de albañilería macizas, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

- Verificar el cumplimiento de los parámetros estructurales de la Norma Técnica E.070 de albañilería en las unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.

### **1.3. Justificación**

El proyecto de investigación propuesto, se justifica tecnológicamente puesto que pretende aportar estudios acerca de lo que pueden ser nuevos materiales a emplearse en la industria de la construcción, en este caso mediante la obtención de unidades de albañilería macizas adicionados con diatomita, puesto que es un recurso mineral abundante en el departamento de Arequipa, en donde se cuenta con tres canteras o yacimientos de diatomita, como lo son: Chiguata, Polobaya y San Juan de Tarucani, las mismas que no se están explotando en la magnitud que debería, puesto que solo las emplean como fertilizantes en la agricultura y filtrantes en la industria cervecera.

Como Justificación social debido al crecimiento poblacional, la demanda de viviendas en la ciudad de Arequipa ha presentado un aumento notorio en los últimos años, es por ello que los ladrillos o también llamados unidades de albañilería, son uno de los elementos estructurales más requeridos en la industria de la construcción.

Ambientalmente se justifica el presente trabajo de investigación porque existe sobre explotación de la materia prima, como las arcillas, en las canteras próximas a la ciudad y es por ello que se plantea una nueva alternativa de material a emplear en las unidades de albañilería, en este caso la diatomita, fomentando de esta manera la explotación de este recurso en la cantera de San Juan de Tarucani, disminuyendo así las distancias de traslado de materia prima hacia las plantas ladrilleras.

Se justifica económicamente, debido a que las principales ladrilleras de nuestra ciudad, se tienen que desplazar distancias considerables para poder obtener arcillas, como materia prima a emplear en para la elaboración de unidades de albañilería maciza y lo que se busca con el presente trabajo es obtener una nueva variedad de materia prima, en este caso la diatomita, que se le pueda adicionar en la manufactura de las unidades de albañilería macizas, con el propósito de que las ladrilleras de la ciudad no tengan que desplazarse distancias considerables para la obtención de materia prima.

Como justificación teórica, es posible afirmar que las diatomitas tienen muy buenas propiedades termoaislantes, termo acústicas y que son de densidades bajas, por lo tanto, podrían darle una mayor ligereza al ladrillo, sin mermar la resistencia a la

compresión; todo esto se podría obtener, manejando unos porcentajes óptimos de adición de diatomita en el ladrillo convencional.

## **1.4. Importancia**

El presente trabajo de investigación es importante porque permitirá en el rubro de la construcción, obtener una variedad de materiales a emplear como materia prima en la manufactura de unidades de albañilería ocasionando indirectamente la reducción de costos de producción de los ladrillos macizos, debido a que se contará con canteras más cercanas a las plantas ladrilleras de la ciudad de Arequipa, evitando de esta manera mayores costes de acarreo de materia prima.

De la misma manera se acrecentará las variedades de unidades de albañilería macizas de las plantas ladrilleras de la región, las cuales al ser expuestas al mercado de alguna manera son indicadores de avance en Investigación, desarrollo e innovación por parte de cada una de las ladrilleras, aumentando así su competitividad en el mercado.

También permitirá aprovechar en una mayor dimensión nuestras canteras de diatomita, las cuales en la actualidad solo presentan explotación por parte de la industria cervecera y la agricultura, en donde son empleados como fertilizantes e insecticidas naturales; de esta manera se obtendrá una mayor explotación de la cantera de San Juan de Tarucani, lo cual fomentará el desarrollo económico y social de manera directa e indirecta de los centros poblados cercanos a la cantera.

Finalmente, con este presente trabajo de investigación se aperturarán nuevas posibles líneas de investigación en el rubro de la construcción, relacionadas con el uso de diatomita no solo en unidades de albañilería, sino también en diversas unidades o materiales que cumplan alguna función estructural en el desarrollo de edificaciones o distintas obras civiles.

### **1.1.3. Delimitación**

#### **1.1.3.1. Delimitación Temporal**

La delimitación temporal en el presente trabajo de investigación, indica que los datos referidos a la extracción de la diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani, así como la manufactura de las unidades de albañilería macizas

adicionadas con diatomita, los ensayos efectuados y los resultados obtenidos de los mismos, están comprendidos entre los meses de febrero y junio del 2020.

### **1.1.3.2. Delimitación Espacial**

La delimitación espacial del presente trabajo de investigación, indica que la extracción de la diatomita fue de la cantera de San Juan de Tarucani, la manufactura de los ladrillos macizos adicionadas con diatomita y todo el desarrollo experimental consecuente fue efectuado y aplicado solo en la ciudad de Arequipa.

## **1.5. Hipótesis**

Las propiedades mecánicas y físicas de las unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, permitirán cumplir con los parámetros estructurales requeridos por la Norma Técnica E.070 de albañilería

### **1.1.4. Variables**

#### **1.1.4.1. Variables Independiente**

- Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería

#### **1.1.4.2. Variables dependiente**

- Cumplimiento de Parámetros estructurales

### 1.1.5. Operacionalización de Variables

**Tabla 1**

*Matriz de operacionalización de variables*

<b>Tipo de Variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
<b>Independiente</b>	Propiedades Físicas y mecánicas de las unidades de albañilería	Diagnostico	Porcentaje de Diatomita adicionada
		Medición de Absorción	Porcentaje de Absorción
		Medición de Succión	Porcentaje de Succión
		Medición de Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión
<b>Dependiente</b>	Cumplimiento de Parámetros estructurales	Diagnostico	Resistencia a la compresión Alabeo

**Fuente:** Elaboración propia

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

- Del Ángel (2009) en su investigación titulada “Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas”, plantea como objetivo, obtener un material de construcción a partir de Residuos Industriales Sólidos granulares procedentes de Tierras de diatomita. Para ello realizó la caracterización inicial de la materia prima, para después fabricar las probetas y someterlo a pruebas mecánicas, físicas y químicas. Como resultados obtuvo que las probetas que obtuvieron una mayor resistencia a esfuerzos de compresión y un buen porcentaje de absorción de humedad fueron las mezclas con proporciones de 20:80 y 60:40. De Ángel recomienda trabajar con los porcentajes de mezcla 20:80, puesto que son adecuados para la elaboración de ladrillos, Esta investigación es de importancia para la tesis, puesto que determino si la tierra de diatomita empleada era apta para la manufactura de material de construcción; ladrillos y tabiques, en donde obtuvo excelentes resultados en los ensayos realizados e indica también la elaboración de las muestras a ensayar.

- Amorós (2011) en su investigación titulada “Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal”, en donde plantea como objetivo, estudiar en la elaboración de ladrillos ecológicos de tierra cruda al cual se le añadirán tierra de diatomeas y residuos de origen vegetal, que se encuentren en España, cumpliendo funciones estructurales y de aglomerantes. Para ello empleo el alga denominada *Gelidium sesquipedale*, la cual se obtiene de los residuos de la extracción del agar-agar, y mediante un diseño de mezclas, determino los porcentajes de relación agua arcilla y los porcentajes adecuados a emplearse de algas y tierras de diatomeas en la preparación de probetas, para finalmente ensayarlos tanto física, como mecánicamente. Como resultados obtuvo que, al añadir las algas en la mezcla de materia prima, minimiza la resistencia por flexión hasta en un 20% en el mejor panorama y en cuanto a la resistencia por esfuerzos a compresión la minimiza en solo un 5% de su resistencia a esfuerzos por compresión inicial. Amorós recomienda estudiar conjuntamente la diatomita con las fibras de algas, comportándose como aditivos para verificar, las variaciones en cuanto a propiedades mecánicas ocasionadas en el ladrillo.

Esta investigación es de importancia para la tesis debido a que emplea la tierra de diatomeas como una materia prima adicional en su estudio de ladrillos ecológicos a base de algas, lo cual da un indicio de la factibilidad de la aplicación de la tierra de diatomeas en ladrillos de cerámica roja.

- Carranza (2017) en su investigación titulada “Nuevos materiales conglomerantes a partir de tierras de diatomeas de distinto origen: reactividad puzolánica”, plantea como objetivo, emplear la diatomita ya sean naturales por su origen, así como residuales, para ser empleados como materiales puzolánicos probetas de cemento. Para ello realizó la caracterización física, química y mineralógica, para después corroborar el carácter puzolánico mediante análisis de conductividad y pH, finalmente se fabricaron probetas de cemento los cuales eran sustituidos en porcentajes de 25 y 10% por diatomitas, para posteriormente someterlos a ensayos de resistencias a compresión. Como resultados obtuvo que las tierras de diatomeas de tipo JJ, Guatemala y Bodega, las cuales fueron en un inicio calcinadas, pueden emplearse con resultados a compresión viables en mezclas con morteros hasta en un 25%. Carranza

recomienda, emplear las tierras de diatomitas con otro tipo de agregados, tal el caso de geo polímeros, por ejemplo.

Esta investigación es de importancia para la tesis porque determino que es factible el uso de este tipo de especímenes como agregados puzolánicos, así también determino los aumentos progresivos en resistencia a esfuerzos de compresión, para un determinado grado de diatomita añadido.

- Zúñiga (2018) en su investigación titulada “Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente”, en donde plantea como objetivo, primero el evaluar las características estructurales y mecánicas de un ladrillo mejorados tecnológicamente y su cumplimiento con las normativas. Para ello empleo adiciones de tierra de diatomeas, lodos de relaves de mina y un determinado porcentaje de aserrín en la mezcla de materia prima, previa caracterización y localización de estas materias primas a diferentes proporciones a los cuales le aplico ensayos de tracción directa y resistencia a la compresión con el propósito de determinar las mezclas óptimas. Como resultado obtuvo que la incorporación de diatomita en la mezcla de materia prima ocasionaba un incremento del 11.7 % en resistencia a la compresión y disminuía el peso en un 21% respecto a un ladrillo artesanal. En cuanto a las pastas cerámicas en donde se añadió relave de mina, se obtuvieron ladrillos con factores de optimización de 6.44 MPa/Kg que lograron clasificarse como ladrillos del Tipo A o B, superando los límites mínimos requeridos por normativa en más de un 50%. Zúñiga recomienda estudiar emplear tanto la diatomita, así como los relaves mineros en la manufactura de ladrillos tanto mecanizados como convencionales y a partir de ellos realizar un estudio socio económico y financiero para determinar su factibilidad en el mercado.

Esta investigación es de importancia para la tesis debido a que emplea la tierra de diatomeas acompañadas de un determinado porcentaje de aserrín en la manufactura de ladrillos en el continente europeo y demuestra que influye positivamente en las propiedades mecánicas finales de los mismos.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Saldarriaga (2009) en su investigación titulada “Fabricación de ladrillos aislantes y revestimientos cerámicos con diatomitas de San Juan, Argentina”, plantea como objetivo investigar la viabilidad del uso de diatomita de la provincia de San Juan, Argentina, para la manufactura de unidades de albañilería y cerámicos refractarios, a través de análisis físicos y mecánicos de especímenes de cerámicas y ladrillos con diferentes grados de diatomita, donde obtuvo resultados que indican que si añadimos tierra de diatomeas a la mezcla, sus características térmicas tienden a presentar mejoras, muy por el contrario sus propiedades mecánicas, presentaran disminuciones. Saldarriaga, recomienda producir ladrillos mediante prensado monitoreando diferentes variables tales como: proporciones de agua, presión de compactación y demás; recomienda también ejecutar estudios que hagan más hincapié en la caracterización de la materia prima, los cuales podrán dar a conocer las especies presentes en la arcilla y tierra de diatomeas y en qué nivel de participación.

Esta investigación es relevante para la tesis porque indica en cuanto a las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de diatomita disminuyen considerablemente debido al aumento de porosidad, pero que las propiedades térmicas de los ladrillos se ven mejoradas.

- Manuel (2015) en su investigación titulada “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción”, plantea como objetivo elaborar ladrillos vidriados, empleando como aditivo lodos como productor del procesamiento del boro, diatomita, así como también un recubrimiento de engobe. Empleando el diseño experimental de Mc Lean Anderson a través de un diseño de mezclas para la manufactura de unidades de albañilería, en donde sus resultados indicaron que ladrillo vidriado es de menor peso y por lo tanto de baja densidad respecto a las unidades de albañilería tradicionales, con una buena capacidad de estabilidad dimensional. Manuel recomienda que a las mezclas de arcilla, lodo y tierra de diatomeas se les podría agregar cemento con el propósito de caracterizar el desempeño mecánico a diferentes niveles de temperaturas.

Esta investigación es relevante para la tesis porque se caracterizó tanto mineralógicamente y físicamente a los especímenes de diatomita obtenidos del pueblo tradicional de Chiguata.

- Santos (2019) en su investigación titulada “Materiales de construcción a base de lodos residuales provenientes del proceso de filtración en industrias cerveceras”, plantea como objetivo proponer una metodología para la manufactura de materiales empleados en construcción a través de la reutilización de tierras diatomeas recuperadas de los procesos de filtración de la industria cervecera en territorio peruano a través de la elaboración de ladrillos ecológicos a base de diatomita en base a tres etapas (tratamiento de diatomeas, dosificación y evaluación) para posteriormente verificar si cumplen o no con la normativa E – 070 de Albañilería. Santos obtuvo como resultados que la mezcla óptima para la manufactura de ladrillos ecológicos que cumplan con la normativa está compuesta por un 15% de diatomita agotada de la mezcla total a base de bentonita, cal, ceniza volcánica y agua. Así también Santos recomienda que los ladrillos ecológicos obtenidos sean empleados en condiciones de servicio de exigencias mínimas, debido a que se encuentran clasificados en el Tipo I.

Esta investigación es relevante para la tesis porque da indicios de que la diatomita puede ser añadida en mezclas para la manufactura de ladrillos, no mayores a 15% y que los resultados son mejores aun cuando la diatomita recuperada es tratada con ácido clorhídrico.

- Ordoñez (2016) en su investigación titulada “Influencia en la resistencia a la compresión axial al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por diatomita en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , 2016”, plantea como objetivo determinar la repercusión en la resistencia a esfuerzos por compresión al reemplazar el cemento Portland tipo I por tierra de diatomeas en los especímenes de concreto. Para ello según las recomendaciones de ACI 211, se procedió a elaborar diseños de mezclas de concreto para resistencias  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Como resultados se obtuvo que se presentan efectos positivos al reemplazar cemento Portland tipo I en un pequeño porcentaje por Tierra de diatomeas,

donde al reemplazar el 10% de cemento Portland se alcanzó niveles de resistencia a esfuerzos por compresión máxima de  $f'c = 247.12 \text{ kg/cm}^2$  reflejándose en un aumento del 7.73%. Ordoñez recomienda trabajar a porcentajes de diatomita no mayores al 40% y evaluar propiedades tales como: trabajabilidad, cohesividad y durabilidad.

Esta investigación es relevante para la tesis porque indica los porcentajes idóneos a sustituir por diatomita en la mezcla de concreto, para obtener resistencias a la compresión óptimas.

- Leandro (2010) en su investigación titulada “Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia”, plantea como objetivo evaluar la aplicación de diatomitas de las canteras de Arequipa, Piura e Ica como material cementante complementario para obtener un concreto de alta resistencia, en donde de primero caracterizo el material, para después dosificar las cantidades idóneas a emplear en la mezcla de concreto y posteriormente someterlos a ensayos en estado tanto fresco como endurecido, para finalmente realizar un estudio de costo beneficio. Como resultados obtuvo que tanto la diatomita como de Arequipa e Ica, son alternativas muy factibles para reemplazar al cemento, a diferencia de la diatomita del departamento de Piura. Leandro recomienda realizar análisis granulométricos de los agregados, así como tener mucho cuidado con la cantidad de agua a añadir en la mezcla.

Esta investigación es relevante para la tesis porque hace referencia a que no todas las diatomitas del territorio peruano son factibles para emplear como adiciones en la manufactura de nuevos materiales de construcción, tal es el caso de la diatomita de Piura.

### **2.1.3. Antecedentes Regionales**

- Urday (2015) en su investigación titulada “Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa”, plantea como objetivo la manufactura de bloquetas artesanales, utilizando la tierra de diatomeas, como componente de la materia prima para la manufactura de bloquetas de concreto. A través de las diversas combinaciones en las mezclas diseñadas y siguiéndose también de determinadas especificaciones

del método del Comité ACI, para la elaboración de concreto, obteniéndose resultados satisfactorios en los ensayos a la compresión, alcanzando resistencias especificadas en norma, así como ahorro en tiempo y costos, lográndose reducir también el peso de la bloquetas. Urday, recomienda estudiar la resistencia a esfuerzos por compresión, propiedades físicas y dimensiones de las unidades vibro compactadas, según parámetros de diseño y normas establecidas. Recomienda también, así como elaborar un concreto refractario, empleando la diatomita.

Esta investigación es relevante para la tesis porque evaluó el uso de la diatomita de la ciudad de Arequipa de la cantera de Chiguata, como materia prima con un determinado nivel de participación en la mezcla para la manufactura de bloquetas de concreto artesanales.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Los Ladrillos**

El Ladrillo o tabique es un material de construcción empleado desde la antigüedad, en un principio comenzó elaborándose en su forma cruda, la cual se denomina adobe. Su empleo se debe a que su tamaño permite acomodarse a la mano del hombre.

Ladrillos o también denominados unidades de albañilería, pueden ser bloques de arcilla calcinada, de sílice-cal o de concreto. Estas pueden también ser sólidas, alveolares, tubulares o huecas. (Norma Técnica E.070 albañilería).

Los ladrillos son elementos estructurales fundamentales para la construcción de proyectos de albañilería. Para su manufactura emplea materia prima, tales como: la arcilla, la mezcla de sílice y cal principalmente. Los ladrillos, también denominados bloques o unidades de albañilería, tienen como característica fundamental, presentar dimensiones para ser manejables con una sola mano en el asentado de ladrillo en los muros. (Gallegos & Casabonne, 2005)

La producción de ladrillos de arcilla varía ampliamente en cuanto a su composición, empleándose sílice (granos de arena), alúmina, cal, hierro, manganeso, azufre y fosfatos, en diferentes proporciones, los cuales se

componen principalmente en las arcillas. Para la manufactura de los ladrillos, estos son sometidos a una etapa de molienda en molinos, para luego mezclarla con agua con la finalidad de hacerla plástica, luego, la arcilla plástica es moldeada, texturizada, secada y cocida. Los ladrillos se fabrican con una variedad de colores, como base de color rojo oscuro, marrón y gris. (Camino, 2017)

### **2.2.2. Tipos de unidades de albañilería**

Si nos referimos a su peso, estas pueden ser: pesado y ligero. El peso de un tabique ligero es aproximadamente 30% menor que el tabique pesado, también conocido como ladrillo.

Así también, los ladrillos de cerámica roja o unidades de albañilería pueden estar clasificados en:

- Unidades de albañilería maciza
- Unidades de albañilería hueca
- Unidades de albañilería alveolar
- Unidades de albañilería tubular
- Unidades de albañilería apilable

### **2.2.3. Unidades de albañilería maciza o sólida**

Se define como unidad de albañilería macizo, a aquellos ladrillos en donde su sección transversal paralelo a la superficie de asentado, presenta un área en un 70% como mínimo, de la superficie total en un mismo plano en mención. (Norma Técnica E.070 albañilería).

Una particularidad de estos ladrillos, para ser considerados macizos, sus perforaciones, en un 30% no deben de ser mayores que el área de sección bruta.

Es decir, las unidades sólidas no solo son aquella que no presentan alveolos, sino también aquellas que los tienen hasta un límite determinado, límites los cuales se encuentran especificados según la E.070 como norma de albañilería. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según normativa las unidades de albañilería macizas deben de ser utilizados en la construcción de muros confinados en la zona sísmica 3. (Norma Técnica E.070 albañilería).

#### 2.2.4. Proceso de fabricación de ladrillos

La manufactura de los ladrillos, ha presentado cambios durante el pasar del tiempo debido a los avances tecnológicos. Años pasados era común la manufactura de ladrillos artesanales los cuales eran moldeados de manera manual, empleando moldes de madera o metálicos, pero en la actualidad la manufactura de estos ladrillos es mecanizada, empleando equipos automatizados.

Así también, es importante tener en cuenta factores para la elaboración de ladrillos, tales como: granulometría de la materia prima, proporción de la mezcla, temperatura de secado, temperatura de cocción, estos parámetros serán importantes porque modificarán las propiedades físicas, así como también sus propiedades mecánicas del ladrillo elaborado.

A continuación, se detalla la secuencia de actividades a seguir para la manufactura de los ladrillos:



**Figura 1:** Diagrama del proceso de fabricación de ladrillos. Tomada de “Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal”, por Amorós. 2011, p.27

#### **2.2.4.1. Extracción de la materia prima**

Para la extracción de la materia prima, en cuanto a la manufactura de los ladrillos, tanto la arcilla, como la tierra se pueden obtener de lugares cercanos o no muy próximos a la planta de producción, pero todo ello dependerá de la presencia de canteras que cumplan con las condiciones óptimas.

Es por ello que resulta importante y hasta cierto punto primordial el realizar una caracterización de los yacimientos de donde se pretende extraer esta materia prima.

Una vez extraído el material, este es cargado en camiones y transportado a la planta de producción para trabajarlos.

#### **2.2.4.2. Mezclado**

Para la etapa de mezclado, la materia prima es combinada entre sí en los porcentajes adecuados, mediante maquinaria o ya sea manualmente. Cuando se trata de una mezcla manual, en algunas ocasiones se añade material complementario como relleno, tales como cascara de arroz, aserrín y demás, con el propósito algunas veces de incrementar la resistencia a los esfuerzos de compresión de los bloques de ladrillo o en su defecto también para disminuir el uso exagerado de arcilla.

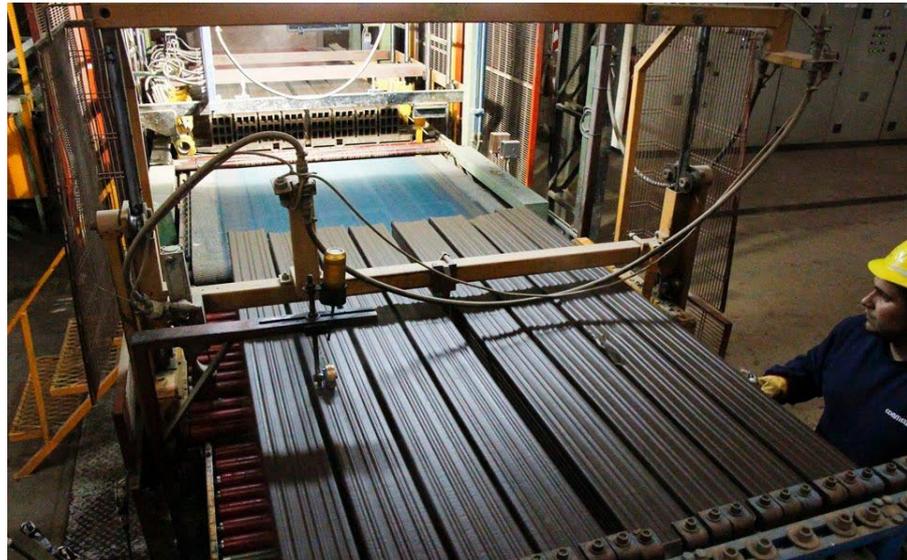
Una vez mezclado, esta masa se deja reposa hasta el día siguiente, con el propósito que no se encuentre grumos o en su defecto que estos se separen producto de la exposición al sol de la mezcla, logrando de esta manera, que esta mezcla se transforme en una mezcla muy consistente, y obtenga una textura adecuada para el moldeo.

#### **2.2.4.3. Moldeo**

Para esta etapa, se emplean moldes de diversos tipos, que dependerá de la capacidad de producción de la planta, pudiendo ser estos, a base de madera o en su defecto metálicos. Los moldes en la actualidad no se encuentran normados, puesto que presentan diferencias entre los distintos artesanos y en el caso de las ladrilleras mecanizadas, estas tienen dimensiones ya estandarizadas.

Para el desmoldeo generalmente se emplea arena muy fina o agua, con el propósito de facilitar el desmoldeo de la mezcla, introducida en estos moldes.

En el caso de las ladrilleras mecanizadas el desmoldeo, se da a presión, debido a que el moldeo mediante la extrusión de las unidades de albañilería es de forma continua.



**Figura 2:** Modelo mecanizado de ladrillos. Tomada de “Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas”, por Del Ángel. 2015, p.67

#### **2.2.4.4. Secado**

Después de obtener las unidades de albañilería en verde, también denominado crudos, están son trasladadas a canchas de secado, en donde los ladrillos en verde son apilados unos sobre otros para que se sequen al aire libre.

Estas unidades de albañilería se secan ya sea producto de la radiación solar o de la presencia de vientos naturales o artificiales, dependiendo del avance tecnológico de cada planta manufacturera. En presencia de lluvias, los ladrillos o bloques en verde son cubiertos con mantas, con el propósito de evitar de que estos ladrillos sufran daños en el proceso de secado.

A veces los ladrillos durante la fase de secado sufren deformaciones considerables, es por ello que resulta fundamental considerar que esto puede ser ocasionado debido a que:

- Fueron piezas de gran espesor, debido a que estas están más propensas a sufrir variaciones tamaño, generalmente disminuciones de volumen y presencia de defectos.
- Hubo un exceso de agua en la mezcla, que como sabemos la cantidad de agua presente en la mezcla influye directamente en la posterior construcción que pueda sufrir el ladrillo, porque mientras el contenido de agua sea mayor, la contracción del ladrillo también aumentara. Es por ello que es importante trabajar con una cantidad óptima de agua a emplear en la mezcla.
- Tamaño de partículas: En este aspecto, se sabe que la relación del tamaño de partícula y contracción del ladrillo, es inversamente proporcional. Es por ello que, para minimizar el porcentaje de contracción del ladrillo, es factible añadir a la mezcla, materiales que sean no plásticos en diversos tamaños de partículas mayores al de los demás componentes de la mezcla.

Así también, la presencia de defectos superficiales claros en las unidades de albañilería, denominadas eflorescencias se deben principalmente a elevada presencia de sales o sulfatos los cuales se encuentran presentes en las arcillas.

Esta etapa de secado se emplea hasta que la unidad de albañilería en verde pierda un aproximado del 13% de contenido de humedad, una vez que pierde la humedad requerida estas unidades son trasladadas a los hornos.

El tiempo de secado estará en función del clima y puede durar hasta una semana en el peor de los casos. Por lo general en la etapa de secado, llegado el tercer día se van volteando las caras de los ladrillos, con el propósito de obtener un secado uniforme.

#### 2.2.4.5. Carga del horno

Una vez ya secadas las unidades de albañilería se procede al arreglo y encendido del horno, previo apilamiento de los ladrillos, los cuales, dependerán mucho del horno a emplear para la cocción del ladrillo, formarán una bóveda a lo largo del horno.

En la parte de arriba de cada uno de los lados del horno, son colocadas briquetas, consecutivamente a lo largo y ancho del horno con el propósito de obtener fuego que brinde calor de una forma uniforme. Las briquetas empleadas tienen dimensiones de 14,0cm de alto con un diámetro de 10cm, los cuales presentan perforaciones en el medio, de tal manera que se vea facilitada el encendido del fuego.

Las unidades de albañilería apiladas nunca se encuentran completamente pegadas la una de la otra, tienden a tener separaciones de por lo menos 3 milímetros, con el propósito de facilitar el flujo de aire y gases que se encuentran a elevadas temperaturas, así también estas separaciones permiten que el proceso de cocción se desarrolle, de una manera uniforme.



**Figura 3:** Cargado y apilado de ladrillo al horno. Tomada de “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción”, por Manuel. 2015, p.38

Normalmente el llenado y armado completo del horno se ejecuta en uno a más días, los cuales estarán en función de la capacidad y tamaño del horno, como también de la cantidad de personal asignada a la tarea.

Generalmente un horno de diez millares de capacidad, es llenado en un tiempo aproximado de 10 horas, disponiendo a la actividad un máximo de cinco personas: cuatro de ellas cumplen la función de alcanzar los ladrillos y una procede con el armado el armado. (Manuel, 2015)

#### **2.2.4.6. Cocción**

En esta etapa de cocción, lo que se pretende es someter a las unidades de albañilería a un ciclo térmico, en el cual se produce una serie de fenómenos fisicoquímicos en los ladrillos, los cuales provocan cambios en su microestructura y le otorgan al ladrillo sus propiedades finales, mejorando sus propiedades mecánicas y aumentando también su densidad.

Cuando los ladrillos son sometidos a cocción, estas pierden la humedad presente en los ladrillos, debido a la presencia del agua estructural. Para que esto se efectúe de una manera correcta, la pérdida del agua estructural realizarse lentamente para que se elimine la participación de vapor de agua en la unidad de albañilería, lo cual, si no se realiza de la manera correcta a las temperaturas adecuadas, podría recabar en una posterior fractura o fisuramiento del ladrillo. Es así como se va formando un ladrillo por compacto y duro, que cumpla con las especificaciones técnicas para su empleo en edificaciones. (Saldarriaga, 2009)

#### **2.2.4.7. Almacenaje**

Una vez que se obtiene el producto final ya cocido, denominado ladrillo de cerámica roja, estos se apilados y empaquetados por cada millar y clasificado según el lote, para que el traslado de los mismo sea mucho más fácil a la hora de que estos sean vendidos.

El almacenamiento es una fase primordial en lo referido a la fase de manufactura de los ladrillos, debido a que el área o ambiente donde se vaya a almacenar los ladrillos debe de ser un espacio que proteja a estas unidades de factores tales como la radiación solar, la humedad excesiva y en su defecto del agua, debido a que estos factores de algún modo podrían alterar las propiedades físicas y

mecánicas de las unidades de albañilería, ocasionando que el ladrillo no se desempeñe de la manera más óptima durante y después del proceso constructivo. (Chávez, 2017)



**Figura 4:** Correcto almacenaje de ladrillos de cerámica roja. Tomada de “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción”, por Manuel. 2015, p.43

### **2.2.5. Propiedades mecánicas y físicas de los Ladrillos**

Resulta primordial, en cuanto a caracterización y evaluación de los ladrillos, tener un conocimiento acerca de sus propiedades tanto mecánicas como físicas, para poder tener una noción acerca de la resistencia y durabilidad que puedan tener estos elementos.

Son precisamente, esos dos motivos mencionados anteriormente y la ejecución de los ensayos sobre los ladrillos, que nos permiten se pueda obtener un indicador acerca de la calidad del ladrillo.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, a continuación, se describen las propiedades mecánicas y físicas de las unidades de albañilería:

### **2.2.5.1. Propiedades mecánicas de los Ladrillos**

Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería, reflejan el comportamiento ante fuerzas externas aplicadas, entonces así tenemos:

#### **a) Esfuerzo a la compresión**

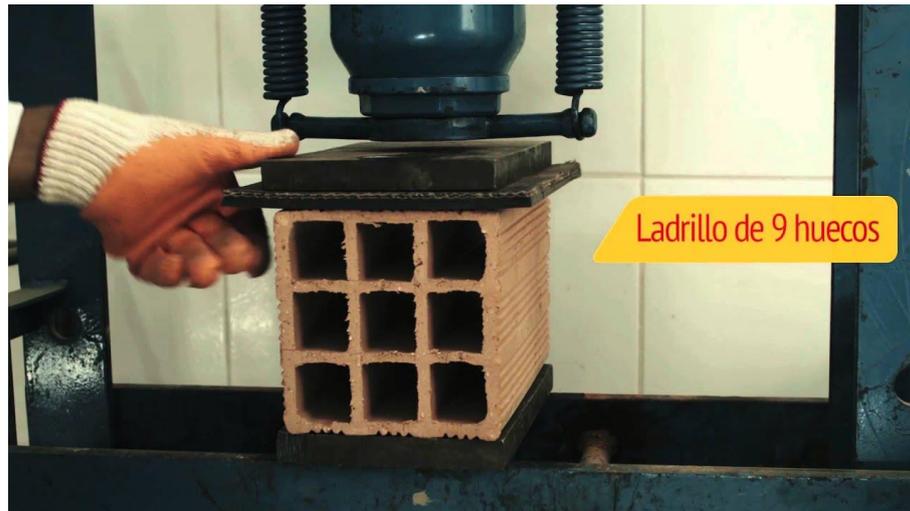
Esfuerzo a compresión o también denominado resistencia a esfuerzos de compresión de los bloques de ladrillos ( $f'b$ ) es una de las características mecánicas con mayor importancia en los ladrillos, puesto que esta propiedad nos permite no solo encontrar la resistencia del elemento estructural, sino que indirectamente nos permite evaluar otras propiedades de los ladrillos, tal vez no cuantitativamente, pero si de una manera cualitativa, debido a que si muchas de las propiedades físico mecánicas de los bloques de ladrillos están mal graduadas, estas ocasionaran que la resistencia a los esfuerzos de compresión de los ladrillo, se vea afectados notoriamente. (NTP. 399.613, 2005)

Todo ello se ve reflejado, finalmente en la resistencia a los esfuerzos de compresión no solo del ladrillo, sino ya en conjunto, la resistencia a los esfuerzos por compresión de los muros de albañilería, propiedad que está determinada por:

- La calidad de mano de obra en la construcción.
- Resistencia a los esfuerzos de compresión de los bloques o ladrillos.
- Geometría de las unidades de albañilería.
- Calidad del mortero utilizado en el asentamiento de los bloques o ladrillos en los muros de albañilería.

De los parámetros mencionados, los mínimos necesarios para un buen desempeño estructural vienen a ser la resistencia a los esfuerzos de compresión y la geometría de los bloques o ladrillos.

Es importante considerar que la forma de avería a esfuerzos de compresión difiere tanto en los muros de albañilería como en la del ladrillo específicamente, debido a que en la albañilería la falla se da por interacción de la tracción lateral y compresión axial, en comparación con el ensayo de compresión del ladrillo ya que en este caso la falla se origina debido al aplastamiento o corte.



**Figura 5:** Desarrollo de ensayo de compresión en un ladrillo de 9 huecos. Tomada de “Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa”, por Urday. 2015, p.61

La obtención de valores bajos, son indicativo de que al final se obtendrá una albañilería de muy baja resistencia y durabilidad. Así también por relaciones basadas en la experiencia en el desarrollo continuo de estos ensayos, se puede afirmar que la resistencia a los esfuerzos de compresión de la albañilería es aproximadamente el 25% hasta un 50% de la resistencia a la compresión de los ladrillos. (Chávez, 2017)

#### **b) Esfuerzo a la tracción**

La resistencia a los esfuerzos de tracción es evaluada en función al alabeo, puesto que esta propiedad mide indirectamente la resistencia a tracción por flexo compresión, mediante el ensayo de resistencia a la flexión. (NTP. 399.613, 2005)

De forma similar a la resistencia a los esfuerzos de compresión, estas propiedades básicamente constituyen medidas de la calidad del producto final obtenido. Esta propiedad debería de ser evaluada solamente cuando se pretenda utilizar unidades tipo IV o V, o en su defecto cuando se presente un nivel de alabeo elevado, el cual podría repercutir al ladrillo, en un defecto de tracción, pero por flexión.

Estas situaciones se presentan por lo general en condiciones de servicio muy rigurosas o con proyección a un alto desempeño estructural, en donde la oposición

presentada a los esfuerzos por compresión, resistencia a la humedad deberán de ser propiedades con un elevado valor cuantitativo.

Así también en muros sometidos a compresión, las fallas generalmente ocurren por tracción transversal de los ladrillos, mientras estas se encuentren sometidas a cargas triaxiales. Es por tal motivo, que es fundamental evaluar este parámetro, principalmente en la construcción de muros portantes en condiciones de trabajo moderado o riguroso, es por tal motivo se recomienda el empleo de bloques de ladrillo del tipo IV o V. (Saldarriaga, 2009)

### **2.2.5.2. Propiedades físicas de los Ladrillos**

Las propiedades físicas de los ladrillos se basan principalmente en la caracterización del ladrillo a nivel estructural en cuanto al material, es por ello que estas propiedades se obtienen a través de la observación y la medición.

Entonces así tenemos lo siguiente:

#### **a) Variación dimensional**

Esta es una propiedad física relevante, puesto que permite determinar en adelante cual será el espesor de la junta horizontal al momento de asentar el ladrillo para la construcción del muro de albañilería.



**Figura 6:** Ensayo de Resistencia a esfuerzos de compresión diagonal en muros de albañilería. Tomada de “Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas”, por Del Ángel. 2015, p.91

Simultáneamente esta propiedad nos permite cuantificarla para posteriormente poder tener un indicativo acerca de lo que será probablemente un buen comportamiento estructural del muro que se está construyendo, debido a que, a mayor sea la variación dimensional del ladrillo, se tendrá también un mayor espesor en la junta, ocasionando así una disminución en la resistencia a los esfuerzos de compresión y a los esfuerzos cortantes de los muros de albañilería.

Para determinar las variaciones de dimensión de los ladrillos, se procede a tomar de una manera muy minuciosa las dimensiones en la mitad de las aristas de los ladrillos que limitan cada cara. Estas medidas se toman 4 veces, para obtener como resultado final, el valor promedio de las mediciones realizadas. (Saldarriaga, 2009)

Generalmente ninguna unidad de albañilería tiene sus dimensiones conformadas a la perfección, puesto que siempre existirán variaciones a lo largo, ancho y alto, ya sea por presencia de irregularidades o deformaciones en cualquiera de las caras del ladrillo.

Estas irregularidades o imperfecciones lo que ocasionan es aumentar el espesor en las juntas, las cuales son a base de mortero, durante la construcción del muro de albañilería. Es conocido también que el mortero tiene la función de separar los ladrillos con el propósito de ocultar las irregularidades de los mismo, así como también cumple la función de pegar las unidades de albañilería, para que al final se obtenga un conjunto de ladrillos unidos con mortero, al cual se denomina muro de albañilería, los cuales por estándares de calidad no deben de superar un espesor de juntas 12 mm, ni ser menores a 10 mm.

Sin embargo, cuando las imperfecciones en las unidades de albañilería superan los valores estipulados como límites para ser ladrillos Tipo IV obligatoriamente la junta deberá de tener un espesor mayor al recomendado, ocasionando de esta manera un decrecimiento en la resistencia a los esfuerzos por compresión del muro de albañilería que es aproximadamente el 15% por cada aumento de 3 mm en el espesor de la junta. (Chávez, 2017).

## b) Alabeo

El ensayo de alabeo, resulta importante realizarlo, puesto que permite determinar el ancho de la unión del mortero. Este es un ensayo complementario al de variación dimensiones de los bloques de ladrillo puesto que con este ensayo se puede determinar si las juntas horizontales presentan vacíos, que como es conocimiento, estas afectan las propiedades finales de los muros de albañilería.



**Figura 7:** Determinación de la variación dimensional de un ladrillo macizo. Tomada de “Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa”, por Urdy. 2015, p.68

Este ensayo está relacionado también con la determinación de espesor de junta en los muros de albañilería, puesto que estas suelen presentar vacíos, lo cual ocasiona el área de contacto se vea disminuida con el mortero afectando de forma directa las propiedades finales de los muros de albañilería, puesto que se pueden originar fallas de tracción por flexión en el ladrillo por la carga superior que soportan estos muros, en el caso de ser portantes.

El mayor alabeo ya sea en cuanto a concavidad o convexidad de las unidades de albañilería, lo que hacen es aumentar el espesor de la junta, ocasionando de esta manera que estos espesores a base de mortero presenten vacíos conllevando de esta manera a que la superficie de contacto del ladrillo con el mortero se vea disminuida, ocasionando fallas incluso por el peso que se presenta en las hiladas inmediatas superiores del muro de albañilería.

Para el desarrollo de este ensayo se sigue el siguiente procedimiento:

Medición de las Concavidades:

- Se procede a colocar el extremo recto de la regla sobre la diagonal de una de las caras más grandes de la unidad de albañilería.
- Se procede a introducir la cuña en el punto donde se forma u origina la flecha mayor.
- Inmediatamente se procede a tomar los datos con una precisión de 1 milímetro para posteriormente registrar los valores en mención.

Medición de las Convexidades:

- Se procede a colocar la regla en cualquiera de los bordes rectos, sobre dos de las cuatro aristas extremas opuestas de cualquiera de las caras más grandes de la unidad de albañilería.
- De manera similar se procede a introducir en cada vértice la cuña y se comienza a buscar el punto de apoyo diagonal sobre el cual se apoyará la regla, por dicho motivo en ambas cuñas se debe de obtener la misma medición. (Ramírez, 2001)

### **c) Absorción**

La absorción está definida como la medida de la impermeabilidad de una unidad de albañilería, la cual no debe mayor al 22%, puesto a que, si se supera este porcentaje, se podrá asumir que la unidad de albañilería es porosa, por lo tanto, esta unidad de albañilería presentará poca resistencia a la intemperie, puesto que al absorber el agua presente mortero en el momento de la construcción del muro, esta impedirá una adecuada adherencia entre ambos materiales.

Es preciso mencionar que las Normas Peruanas precisan límites en cuanto al porcentaje de absorción, puesto que la principal causa de la durabilidad presente en un ladrillo a condiciones climáticas extremas es el intemperismo, y como se mencionó, los ladrillos porosos presentan una resistencia menor a la acción de la intemperie. Es preciso mencionar también que este aspecto se deja de tomar en cuenta cuando los muros son recubiertos con aditivos especiales para protegerlos del intemperismo” (Camino, 2017)

Existen también normas que ponen límites a la absorción de los ladrillos, pero no solo para un determinado tipo de ladrillo, sino también para diferentes tipos de materiales. Lo que buscan estos límites es minimizar el potencial de daños en los ladrillos, producto en esencia por la penetración del agua.



**Figura 8:** Determinación de la succión y absorción en ladrillos. Tomada de “La superficie de colocación y sus características”, por Instituto de promoción ceramica, 2019.

Es importante mencionar también que el ratio de absorción puede tener un efecto importante sobre la interacción entre los ladrillos y el mortero fresco empleado, porque como sabemos la absorción de humedad por acción de la capilaridad en el ladrillo produce un efecto de succión que atrae el agua del mortero o el grout, según sea el caso, en donde esta característica estará definida por el ratio inicial de absorción al cual también se le denomina "succión". (Ramírez, 2001)

#### **d) Succión**

Esta propiedad está definida como la medida de la velocidad inicial referida a la absorción en la cara inferior del ladrillo. Esta propiedad es importante para que se pueda dar una adhesión con el mortero, debido a que es por este fenómeno que los solubles del cemento, los cuales se encuentran disueltos en el agua absorbida, penetran para posteriormente cristalizarse en los micro poros del ladrillo, ocasionando así la adhesión con el mortero. Es por tal motivo que si este fenómeno no se presentaría no existiría la adhesión entre mortero y ladrillo.

Es importante mencionar que cuando este fenómeno se presenta en demasía en los ladrillos, no se logra obtener, una unión correcta con el mortero, debido a que cuando esto sucede, el ladrillo el agua del mortero con gran rapidez dejando al mortero endurecer y deformarse sin que se haya dado la unión entre ambos, para finalmente obtener una unión incompleta y decadente, que se ven reflejados en muros de albañilería de resistencia menor y muy permeables al agua. (Ramírez, 2001)

Así también, la Norma Técnica Peruana E.070, indica en referencia al porcentaje de succión al instante de asentar el ladrillo debe de estar en un rango de 10 a 20 gr. por cada 60 segundos en un área representativa de 200 cm<sup>2</sup>; por tal motivo es importante en el proceso constructivo, que los ladrillos sean humedecidos por un lapso de 30 minutos, un cuarto de hora antes de que sean asentados, este fenómeno no se encuentra normado como requisito, puesto que toda unidad de albañilería presenta diferentes caracterización en cuanto a materia prima en su manufactura; es debido a esto que esta prueba se incluye para los bloques o ladrillos que podrían no requerir el tratamiento con agua a un estado saturado.



**Figura 9:** Succión en ladrillos. Tomada de “Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa”, por Urdy. 2015, p. 53.

### e) Densidad

Según las pruebas realizadas a unidades de albañilería en distintas investigaciones, se pudo concluir la relación estrecha existente entre la densidad de los bloques o ladrillos con otras propiedades de las unidades de albañilería. Debido a que, a mayor densidad, la resistencia mecánica de los ladrillos mejorará, así como también la variación dimensional de los mismos será mínima. (Chávez, 2017)

### f) Eflorescencia

Se define a esta propiedad, como un fenómeno basado en el apareamiento de polvo de color blanquecino a base de sales solubles, las cuales se pueden apreciar en la superficie de muros de albañilería. El principal factor para que se formen estas manchas esta originada por la presencia de sales en las unidades de albañilería, que también pueden estar presentes en la arena empleada para la elaboración del mortero; las cuales, mediante una reacción con el agua empleada en el proceso de manufactura del ladrillo, específicamente en la etapa de mezclado, provocando así este fenómeno.

En el proceso de construcción, si los ladrillos se saturan de agua para posteriormente asentarlos, estas eflorescencias aumentan, es por ello que los ladrillos, post construcción, deben de ser protegidos de la humedad y es importante mencionar también que, durante el secado de los muros de albañilería, estos deben de ser humedecidas sólo lo necesario. (Saldarriaga, 2009)



**Figura 8:** Eflorescencias en los ladrillos. Tomada de “Construcción Técnica SMC”, por Technical Buildings, 2016.

Este panorama se torna potencialmente peligroso cuando se presenta una elevada de sal en los muros de albañilería, la cual se pasa a la superficie del muro por la presencia de agua o humedad del ambiente, la cual puede causar la desintegración del muro y posterior derrumbe del mismo.

## 2.2.6. Norma Técnica E.070 de Albañilería

Esta norma establece los parámetros mínimos que deben de cumplir las edificaciones de albañilería estructurada en muros armados y confinados, partiendo de los análisis, diseños, construcción, aseguramientos y control de calidad de las edificaciones en mención.

### 2.2.6.1. Clasificación de las unidades de albañilería

Según lo indica la Norma Técnica E.070 de albañilería, en cuanto a trabajos de diseño estructural, los ladrillos sea del tipo que sean, deberán de presentar las siguientes características:

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
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.

**Figura 9:** Clasificación de ladrillos para fines estructurales. Tomada de “Norma Técnica E.070 albañilería”, por Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006.

Mientras que, en referencias a sus propiedades físicas, los ladrillos de arcilla como material predominante deberán de cumplir según, lo estipulado en el cuadro adjunto.

<b>TIPO</b>	<b>ABSORCIÓN (máx. en %)</b>
<b>I</b>	<b>Sin Límite</b>
<b>II</b>	<b>Sin Límite</b>
<b>III</b>	<b>25</b>
<b>IV</b>	<b>22</b>
<b>V</b>	<b>22</b>

**Figura 10:** Porcentaje de absorción de ladrillos a base de Arcilla. Tomada de “Norma Técnica E.070 albañilería”, por Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006.

#### **2.2.6.2. Limitaciones de las unidades de albañilería**

El comportamiento de un muro antes sismos intermedios o severos, dependerá mucho de la cantidad de muro que se encuentren presentes en la obra u proyecto de construcción, para que el comportamiento de los mismos se manifieste en el rango elástico, es por ello que se pueden emplear ladrillos huecos o alveolares en los muros confinados, debido a que por comportamiento mecánico se sabe que los ladrillos del tipo hueco sufren fracturas del tipo diagonal, las cuales se encuentran sustentadas en memorias de cálculo, que se ejecutan previo al desarrollo de la construcción de la edificación. (Manuel, 2015)

Es por esto que, estructuralmente hablando, los ladrillos presentaran las siguientes características, según se mencionan en la siguiente tabla adjunta:

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

**Figura 11:** Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales. Tomada de “Norma Técnica E.070 albañilería”, por Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006.

### 2.2.6.3. Aceptación de las unidades de albañilería

Para dar por aceptada a las unidades de albañilería, deberán de cumplir con las siguientes pautas:

- ✓ En referencia a los lotes de ladrillo producidos, el coeficiente de variación en referencia a la dispersión de resultados no debe de exceder el 20% en ladrillos mecanizados, mientras que para ladrillos artesanales el coeficiente de variación no deberá de ser mayor al 40%.
- ✓ Deberán de cumplir la resistencia mínima exigida, así como sus correctas dimensiones, según se muestra en la tabla presentada que hace referencia a la clasificación de unidades de albañilería con fines estructurales.
- ✓ En las unidades de albañilería a base de arcilla, el porcentaje de absorción no deberá de exceder el 22%.
- ✓ Los ladrillos no deben de presentar manchas blanquecinas, producto del salitre y demás.
- ✓ No debe de haber presencia de materias extrañas tanto en la superficie como en el interior de las unidades de albañilería, como presencia de nódulos de naturaleza calcárea, guijarros, etc.
- ✓ Deberán de tener un color uniforme, sin presencia de vitrificaciones.
- ✓ No deberán de presentar, fracturas, fisuras o defectos similares que alteren su resistencia y/o durabilidad.

## **2.2.7. Materia prima y yacimientos**

### **2.2.7.1. Las Arcillas**

#### **a) Definición**

La arcilla está definida como un conjunto de agregado de minerales, los cuales se originaron de la desintegración química de rocas que reciben el nombre de alúminas. Lo cuales se originaron mediante procesos geológicos de envejecimiento de la tierra, es decir son sedimentos que se originaron a partir de la descomposición de rocas abundantes en sílice y alúmina, generalmente de feldespato. (Barranzuela, 2014)

#### **b) Características físicas y químicas**

La arcilla, la encontramos en la superficie terrestre, conformada por minerales arcillosos variados como los silicatos de aluminio, compuestos hidratados que se desprenden de rocas silicatadas, aluminosas, álcalis, rocas hidratadas y demás.

Entre las propiedades físicas de las arcillas, podemos mencionar lo siguiente:

- ✓ Plasticidad, propiedad que le brinda a la arcilla al ser adicionada con agua, permitirle se flexible y amoldada.
- ✓ Contracción, propiedad que permite su endurecimiento al ser sometidos a procesos de secado, producto de la pérdida de agua retenida en los poros.
- ✓ Aglutinación, la cual permite que se puedan consolidar.
- ✓ Baja Porosidad, lo que los califica como impermeables.
- ✓ Vitrificación, propiedad que les permite endurecerse a elevadas temperaturas.

Las arcillas, se encuentran clasificados dentro de los filosilicatos, en donde sus principales características es que los minerales pertenecientes a este grupo tienen una apariencia escamosa y en donde sus las laminillas de exfoliación pueden ser flexibles. (Camino, 2017)

A continuación, se presenta la composición mineralógica de las Arcillas, promedio de las arcillas encontradas en la corteza terrestre.

Componente	Corteza Terrestre (%)
SiO <sub>2</sub>	59.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88
MgO	3.49
CaO	5.08
Na <sub>2</sub> O	3.84
K <sub>2</sub> O	3.13
H <sub>2</sub> O	1.15
TiO <sub>2</sub>	1.05

**Figura 12:** Contenido químico promedio de la arcilla de la corteza terrestre. Tomada de “Arcilla y vidriado para el ceramista” por Rhodes, 1990.

### 2.2.7.2. Áridos

#### a) Definición

Conocidos también como agregados de origen natural, corresponden a materiales aluviales, conformando depósitos cercanos a las riberas de los ríos o en su defecto en las laderas de los cerros.

En la manufactura de unidades de albañilería, se emplea principalmente Arena o greda, también conocida como tierra de chacra, en porcentajes menores, con el propósito de disminuir la plasticidad y contracción de la masa en verde, empleado la función de material de carga o relleno.

#### b) Características físicas y químicas

Entre las propiedades físicas de estos materiales de relleno, podemos mencionar lo siguiente:

- ✓ Elevada Porosidad, lo que los califica como permeables.
- ✓ Baja Plasticidad, propiedad que le brinda a la masa en verde, no presentar flexibilidad en exceso.
- ✓ Densidad media.
- ✓ Baja contracción, propiedad que le permite regular la pérdida de volumen en el moldeado de ladrillos, por efecto de las arcillas.

En cuanto a las características químicas, a continuación, se detallan proporciones referenciales de los agregados a emplear en la manufactura de ladrillos.

COMPUESTO	FORMULA	%
Sílice (anhídrido silícico)	SiO <sub>2</sub>	57.40
Alúmina (óxido de aluminio)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.50
Hematina (óxido de hierro)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.72
Oxido de magnesio	MgO	1.51
Oxido de sodio	Na <sub>2</sub> O	5.01
Oxido de potasio	K <sub>2</sub> O	1.90
Oxido de calcio	CaO	0.94
Oxido de manganeso	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50
Perdidas por calcinación		4.29

**Figura 13:** Composición química de la greda o tierra de chacra. Tomada de “Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de Cusco, por Mamani. 2015”

### 2.2.7.3. La diatomita

#### a) Definición

La diatomita o también denominada tierra de diatomeas es una roca del tipo sedimentaria a base de sílice de textura fina, y suave; presenta un color claro de tono blanquecino. Este mineral como tal es muy poroso, lo que conlleva a que presente una densidad muy baja, es también químicamente inerte a gran parte de líquidos y gases.

Las canteras de tierra de diatomeas que encontramos en la superficie terrestre son producto de la aglomeración de diatomeas muertas ya sea en aguas dulces o saladas, las mismas que son abundantemente ricas en sílice y si nos referimos a las diatomeas como tal estas son algas microscópicas unicelulares. (Carranza, 2017)



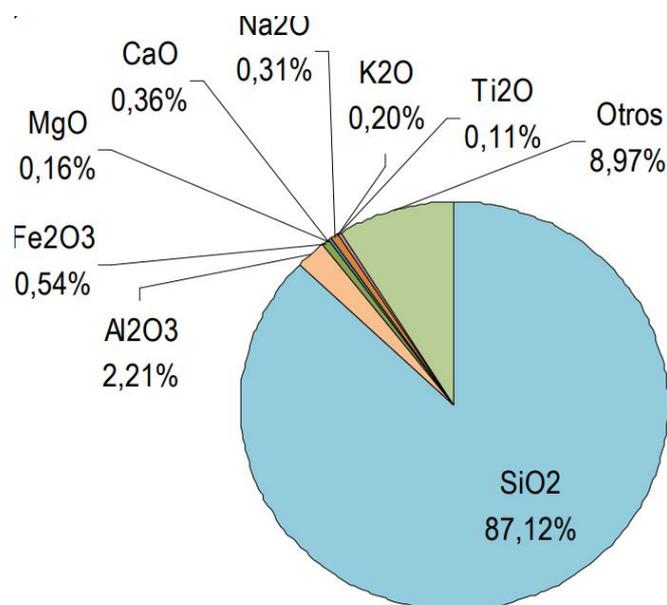
**Figura 14:** Yacimientos de diatomita. Tomada de “Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones” por Ramírez. 2009.

#### **b) Características físicas y químicas**

Las propiedades físicas y las características principales de este mineral son las siguientes:

- ✓ Color blanquecino
- ✓ Densidad baja
- ✓ Textura suave
- ✓ Porosidad elevada
- ✓ Baja conductividad térmica
- ✓ Inerte químicamente.
- ✓ Elevada resistencia a altas temperaturas
- ✓ Dureza de 1,5 a 2 en la escala de Mohs.
- ✓ Porcentaje de humedad entre 10% y 60%, la misma que varía de acuerdo al yacimiento. (Amorós, 2011)

En cuanto a las características químicas, a continuación, se detalla la composición química referencial de las diatomitas en el Perú.



**Figura 15:** Composición química referencial de la Diatomita en la región de Arequipa. Tomada de “Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores” por Díaz. 2010

El yacimiento de San Juan de Tarucani a diferencia de las canteras de Polobaya y Chiguata, dos de las tres canteras ubicadas en la ciudad de Arequipa, las cuales se encuentran bajo concesión de las empresas: Cia Mra. Agregados calcáreos SA, Carlos Bolaños, Sociedad minera Arequipa Minerals S.A, Ladrilleras Unidas SA y Margarita Manrique; lo cual de cierta manera evita la explotación y/o aprovechamiento de este recurso por parte de las ladrilleras artesanales o mecanizadas del sector; convierte al Yacimiento de Tarucani en una latente opción de explotación en la región.

Así también, en referencia a los estudios efectuados en la cantera de San Juan de Tarucani, en cuanto a la caracterización química de la diatomita de esta localidad realizada por el Instituto geofísico, minero y metalúrgico, nos muestra que, el Óxido de Silicio es el compuesto predominante en la diatomita de este yacimiento, convirtiéndolo, en una opción factible de material emplear como relleno estructural en la fabricación de ladrillos, sin que se vean desmejoradas

las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería, a causa de su baja densidad y elevada porosidad.

Tipo de yacimiento	LACUSTRE					MARINO	
Región	Arequipa		Ayacucho		Tacna	Piura	Ica
Yacimiento	Maca	Tarucani	Quicapata	Tambillo	Tripartito	Bayovar	Ocucaje
SiO <sub>2</sub>	84,89	86,20	89,50	85,78	68,00	65,50	73,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,62	5,90	2,70	2,71	8,15	2,00	9,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,04	1,70	0,90	1,22	3,00	1,30	3,00
CaO	0,94	1,20	1,40	0,64	2,00	9,60	2,90
MnO	0,03	-	-	0,01	0,56	-	-
MgO	0,50	0,60	0,50	0,55	2,57	3,30	1,20
TiO <sub>2</sub>	-	-	-	0,14	0,31	-	-
Na <sub>2</sub> O	0,92	-	0,10	0,26	1,38	1,90	1,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	-	-	0,02	0,33	-	-
K <sub>2</sub> O	0,58	-	0,40	0,39	1,45	0,50	1,30
PXC	7,34	3,80	4,45	8,29	11,20	14,75	4,66

**Figura 16:** Composición química de diatomita de diversas canteras en el Perú. Tomada de “Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones” por Ramírez, 2009

### 2.3. Definición de términos básicos

- Unidad de albañilería: Son ladrillos y bloques de arcilla completamente cocidas, a base de sílice, cal o concreto. Estas pueden ser sólidas, tubulares o alveolares.
- Diatomita: Es una roca del tipo sedimentaria con alta presencia de sílice, catalogada por su origen biogénico, debido a que se encuentra formada a base de esqueletos fosilizados de las frústulas de las diatomeas.
- Ladrillo macizo: Son aquellos ladrillos en donde su sección transversal paralelo a la superficie de asentado, presenta un área en un 70% como mínimo, del área bruta en el mismo plano en mención.
- Yacimiento: Lugar, área o extensión en donde se puede hallar de forma natural rocas, minerales, con determinadas características, los cuales, en este estado, pueden ser objeto de extracción y explotación industriales, en la actualidad o en un futuro inmediato.
- Calcinación: Proceso que consiste en someter a elevadas temperaturas determinadas muestras o especímenes con el propósito de ocasionar una descomposición térmica logrando así cambios químicos y físicos del espécimen.
- Materia prima: Recursos naturales extraídos de la naturaleza para ser empleados en la manufactura de productos con el propósito de transformarlos en diversos bienes a través de procesos industriales.
- Propiedades físicas: Son el resultado directo de sus características químicas y estructurales, las cuales pueden ser medibles u observables.
- Propiedades mecánicas: Son propiedades ligadas a la capacidad de un material o producto de ejercer oposición o resistencia a fuerzas o deformaciones. Estas pueden ser Elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.
- Ensayo: Procedimiento establecido, que permite la obtención de resultados, ante una prueba ejecutada.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

En el desarrollo del presente trabajo se hará uso del método de investigación del tipo “Cuantitativo”, puesto que, mediante el análisis numérico obtenido de los ensayos efectuados a las unidades de albañilería adicionadas a diferentes porcentajes de diatomita, se logrará determinar si estos ladrillos cumplen con las especificaciones estructurales mínimas según norma E 070 de Albañilería.

##### **3.1.2. Alcance de la investigación**

El alcance del presente trabajo es “Exploratorio”, puesto que se elaborará unidades de albañilería adicionados con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, yacimiento del cual en la actualidad no se registra estudios para ser empleados en materiales de construcción como lo son los ladrillos y será de alcance “descriptivo” también debido a que se verificara, mediante su comportamiento y características si la materia prima de este yacimiento es factible a emplear en unidades de albañilería.

### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación a emplear en el presente trabajo será del tipo “Experimental” puesto que se realizará modificaciones intencionales a las variables independientes, en este caso las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería mediante el grado de porcentaje de diatomita a emplear en la mezcla de la materia, para posteriormente analizar las consecuencias de las modificaciones en esta variable y su repercusión en las variables dependientes, es decir sobre el cumplimiento de los parámetros estructurales de la norma E.070 de Albañilería.

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población del presente trabajo de investigación estará compuesta por 20 unidades de albañilería o también llamado ladrillos, los cuales serán elaborados con adiciones de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.

Para el presente trabajo se pretende trabajar con una población aproximada de 20 unidades de ladrillos con adiciones de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.

#### **Muestra**

Como sabemos la muestra viene a ser una parte de la población, entonces la muestra de la presente tesis, así como su cantidad serán los mismos de la población, es decir 20 unidades de albañilería con adiciones de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, debido a que es un muestreo no probabilístico por conveniencia.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 2:**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Observación y pruebas, según NTP 399.613</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Registro de los resultados de laboratorio del ensayo de Absorción.</li><li>- Registro de los resultados de laboratorio del ensayo de Absorción.</li><li>- Registro de los resultados de laboratorio del ensayo de compresión.</li><li>- Registro de los resultados de laboratorio del ensayo de Tracción.</li></ul>
<b>Revisión documentaria de la Norma E.070 de Albañilería.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Registro de Análisis documental</li></ul>

**Fuente:** Propia

### 3.5. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Se usará el software Microsoft Excel, para los análisis de datos obtenidos en los ensayos de compresión, absorción y succión en las unidades de albañilería macizas adicionadas con diatomita, así como para la elaboración de tablas y gráficos de interpretación de resultados.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Extracción de la materia prima**

Para la manufactura de las unidades de albañilería maciza, se empleó diatomita del Yacimiento de San Juan de Tarucani, para la obtención de este mineral se tuvo que recorrer una distancia de aproximada de 100 Km, desde la ciudad de Arequipa, saliendo por la parte sur de la ciudad siguiendo el recorrido de la vía nacional 34C (04210), con tiempo de recorrido promedio de una hora y media, hasta el Yacimiento de San Juan de Tarucani, la cual se encuentra ubicado a 4200 m.s.n.m.

La diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, se encuentra a la intemperie en ciertos tramos y en otros cubiertos por capas de tierra natural, pero con un espesor mínimo promedio de 5 cm. A pesar de la cercanía del volcán Ubinas el cual se encuentra ubicado a 25 Km del yacimiento, no se encontraron restos o capas predominantes de ceniza volcánica, lo cual es un indicador de la alta pureza de esta diatomita.



**Figura 17:** Recorrido hacia el yacimiento de diatomita de San Juan de Tarucani

La extracción de la diatomita se dio de manera manual, empleando lampa y pico, extrayéndose en total un promedio de 80 Kg, los cuales fueron almacenados en un saquillo. Para la extracción se procedió a realizar excavaciones de 40 centímetros de profundidad en promedio, previa remoción de la tierra natural, material contaminante o la vegetación del lugar. Desde ya se pudo verificar en campo que la diatomita era de baja densidad, debido a que presentaba bajo peso en función al volumen que se extraía, así también esta diatomita presentaba granulometría irregular, con tamaños de grano de diferentes tamaños.



**Figura 18:** Ubicación del Yacimiento de diatomita de San Juan de Tarucani.

En lo referido a la extracción de la arcilla y áridos, estas fueron compradas directamente de los ladrilleros artesanales, que trabajan en alrededores del

Asentamiento Humano Gustavo Mohme Llona en el distrito de Characato, en la parte Sur de la ciudad de Arequipa. Estos ladrilleros Artesanales tienden a ser provisto de arcilla de los alrededores de la Cantera Angélica, la cual se encuentra ubicado en el distrito de Mollebaya.

#### 4.2. Preparación de materia prima

La preparación de la materia prima para la manufactura de los ladrillos se enfocó principalmente en preparar la diatomita extraída de la cantera de San Juan de Tarucani, puesto que, en lo referido a la arcilla y áridos, al momento de ser comprado de los ladrilleros artesanales de Gustavo Mohme, estos ya se encontraban preparados, por lo que no se realizó tratamiento previo alguno con esta materia prima.



**Figura 19:** Preparación de la materia prima para unidades de albañilería.

La diatomita obtenida de la cantera de San Juan de Tarucani, fue llevada al molino de bolas de propiedad de los ladrilleros artesanales, en donde se procedió a uniformizar y disminuir el tamaño de partículas de la diatomita extraída.

**Tabla 3:**

*Características de Molino triturador*

<b>Corriente</b>	Alterna
<b>Voltaje</b>	220 V.
<b>Capacidad</b>	10 Kg.
<b>Tiempo de Molienda</b>	30 seg.

**Fuente:** Propia

Una vez triturada la diatomita, se tomó una muestra para ser llevada a laboratorio para que pueda ser tamizada y realizar su análisis granulométrico correspondiente.

Para ello, se empleó:

- ✓ Tamices Nro. 200, 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8"
- ✓ Balanzas con precisión +- 0.1 gr.
- ✓ Recipientes

La cantidad de diatomita a tamizar fue de 1 kg, de acuerdo a lo indicado en la norma técnica peruana de agregados. NTP. 400.012

Del análisis granulométrico, realizado se obtuvieron los siguientes resultados.

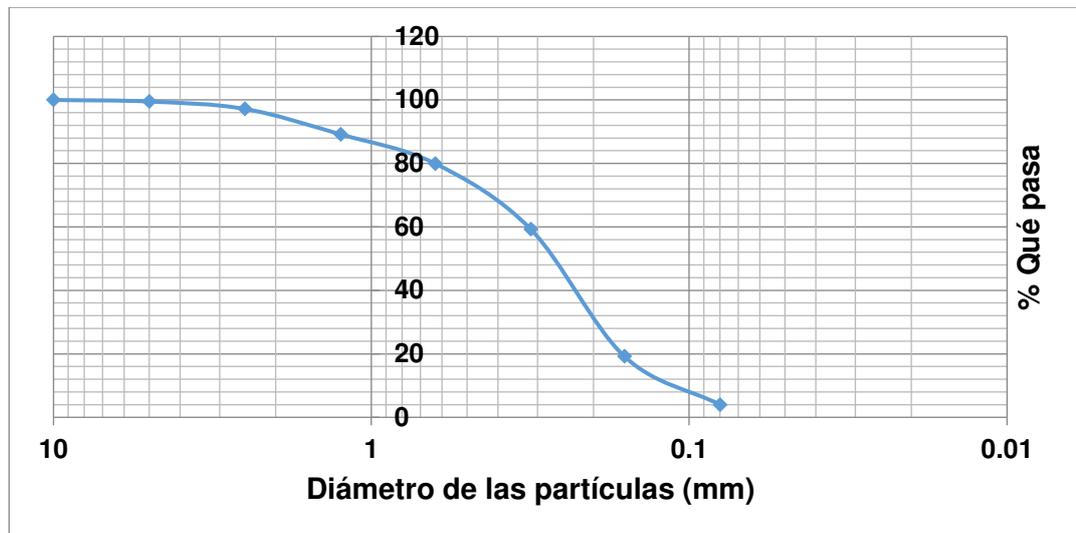
**Tabla 4:**

*Resultados de análisis granulométrico de diatomita*

<b>Nro. De Tamiz</b>	<b>W ret + W rec (gr.)</b>	<b>W ret (gr.)</b>	<b>% Ret</b>	<b>% Pasa</b>
<b>3/8"</b>	83.2	0	0	100
<b>4</b>	88.26	5.06	0.51	99.49
<b>8</b>	106.40	23.20	2.32	97.17
<b>16</b>	163.27	80.07	8.01	89.17

<b>30</b>	175.28	92.08	9.21	79.96
<b>50</b>	290.36	207.16	20.72	59.24
<b>100</b>	483.36	400.16	40.02	19.23
<b>200</b>	235.47	152.27	15.23	4.00
<b>fondo</b>	123.06	39.86	3.99	0.01
	<b>Total</b>	100.00	100.00	

Fuente: Propia



**Figura 20:** Curva granulométrica de la diatomita triturada

De la gráfica de análisis granulométrico, tenemos que:

- ✓ D10 = 0.125
- ✓ D30 = 0.2
- ✓ D60 = 0.325
- ✓ Cu = 2.6
- ✓ Cc = 0.985

De acuerdo a los resultados, obtenidos se puede ver que Cu (2.6) < 6 y Cc (0.985) < 1, lo que indica que la diatomita triturada con la cual se elaboraran los ladrillos,

es de tamaño uniforme en cuanto al tamaño de sus partículas y no presentan una gradación relevante.

#### **4.3. Dosificación de materia a emplear para la manufactura de unidades de albañilería maciza**

Para la manufactura de las unidades de albañilería emplearemos diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, arcilla, áridos (greda) y agua.

Como se mencionó anteriormente, la arcilla y los áridos (greda), se encuentran ya pre mezclados, en la materia prima provista por parte de los ladrilleros artesanales, por lo tanto, la dosificación a definir es íntegramente el grado o porcentaje de participación en peso de la diatomita extraída en la mezcla final.

En el presente trabajo de investigación se trabajó con los siguientes porcentajes de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, respecto al peso total de la mezcla de arcilla y agua:

**Tabla 5:**

*Dosificaciones de diatomita respecto al peso total de la mezcla*

<b>Tipo</b>	<b>% Arcilla</b>	<b>% Diatomita</b>	<b>% Agua</b>
<b>A</b>	70	15	25
<b>B</b>	50	25	25

**Fuente:** Propia

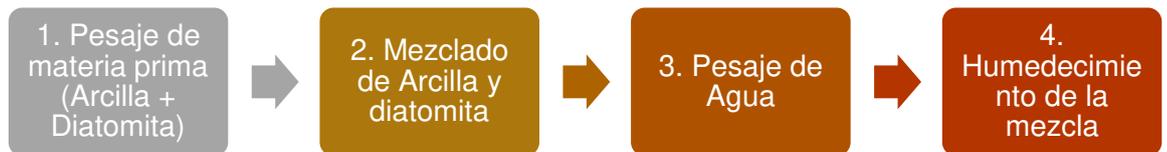
Es preciso mencionar que teóricamente y a opinión de expertos el grado de participación de agua en una mezcla para la manufactura de unidades de albañilería es del 25% respecto al peso de la arcilla.

En el caso de la diatomita su participación quedo definida, mediante el reemplazo de un determinado porcentaje de arcilla a cambio de diatomita con el propósito de disminuir la participación de arcilla en la mezcla, así también la cantidad de agua a emplear se definió de la misma manera, es decir el 25% del peso de la arcilla más diatomita.

## 4.4. Elaboración de unidades de albañilería maciza.

### 4.4.1. Mezclado de materia prima

Una vez preparada la materia prima a emplear en la mezcla, así como la definición de los porcentajes de participación de diatomita en la mezcla de la materia prima, se procedió al mezclado de manera manual, empleando herramientas de mano (lampas). Para ello se procedió con el siguiente desarrollo:



**Figura 21:** Proceso de mezclado de materia prima empleado para unidades de albañilería adicionadas con diatomita.

El mezclado de materia prima se realizó previo pesaje de la arcilla y diatomita, los cuales previamente fueron colocados en baldes y pesados, una vez obtenidos los pesos de cada material en el balde o recipiente, se procedió a elegir un patrón de peso, el cual estaba definido de la siguiente manera:

**Tabla 6:**

*Normalización de pesos de materiales por recipiente.*

Recipiente	Material	Peso (Kg.)
A	Arcilla	34.48
B	Diatomita	10.22

**Fuente:** Propia

Una vez definido el pesaje de cada recipiente contenido un determinado tipo de material, se procedió a añadir en baldes la materia prima y finalmente realizar la mezcla de la materia prima de manera manual, para obtener un total de 26

unidades de albañilería, 10 ladrillos pertenecientes a la muestra tipo A y 10 ladrillos pertenecientes a la muestra tipo B.

En el presente trabajo de investigación se trabajó con dos tipos de muestras:

- ✓ Para la muestra A (15% Diatomita), se preparó 65 kg de materia prima de los cuales 9.36 kg, pertenecían a la diatomita de San Juan de Tarucani y 53.04 kg eran de Arcilla preparada.
- ✓ Para la muestra B (25% Diatomita), se preparó 65 kg de materia prima de los cuales 15.6 kg, pertenecían a la diatomita de San Juan de Tarucani y 46.8 kg eran de Arcilla preparada.



**Figura 22:** Dosificación de materia prima a emplear en los ladrillos

Para agregar el agua, el mismo fue pesado y en función al peso total de la materia prima mezclada dependiendo de si es la muestra A o muestra B, se procedió a añadir el 25% del peso total de estos.

- ✓ Tanto para la muestra A (25% Diatomita) y la muestra B (15% Diatomita), se añadió 15.6 kg de agua, a cada una.

#### 4.4.2. Moldeo de unidades de albañilería maciza

Para el moldeo de la materia prima, se procedió a realizarlo de manera manual en moldes de madera con las siguientes dimensiones:

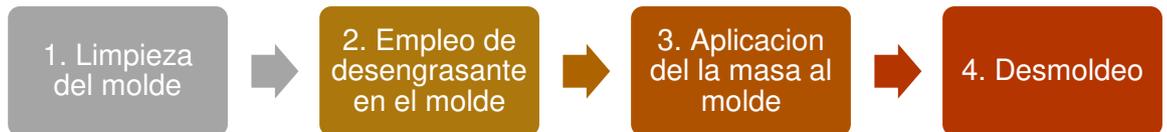
**Tabla 7:**

*Dimensiones del molde*

Dimensiones	Longitud (m.)
Largo	0.24
Ancho	0.13
Espesor	0.8

Fuente: Propia

El proceso de moldeo se desarrolló de la siguiente manera:



**Figura 24:** Proceso de moldeo de unidades de albañilería adicionadas con diatomita.



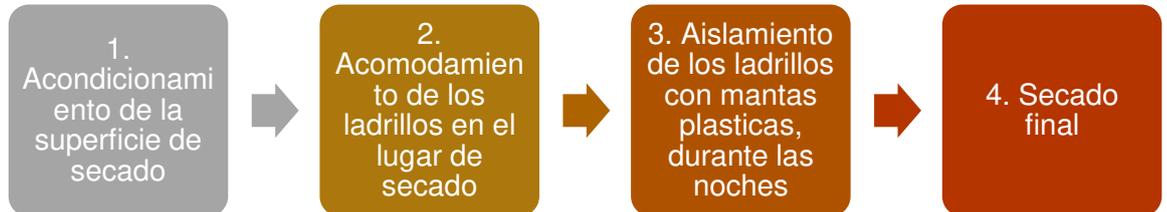
**Figura 23:** Moldeo de unidades de albañilería adicionadas con diatomita

#### 4.4.3. Secado de unidades de albañilería maciza

Para el secado de las unidades de albañilería adicionadas con diatomita fue necesario considerar que las unidades de albañilería no podían estar expuestas a:

- ✓ Lluvias
- ✓ Humedad
- ✓ Frio

Debido a que la presencia de alguno de estos parámetros repercute considerablemente en el secado del ladrillo, puesto que tienden a ocasionar fisuras y/o agrietamientos en los mismos, es por ello que fue necesario emplear mantas plásticas para cubrirlos del frio intenso, así como asegurarse que las unidades de albañilería no estén asentadas en superficies húmedas. Estas mantas cubrían al ladrillo en verde solo durante las noches puesto que en el día era descubiertas para que puedan secar de una manera natural mediante la radiación solar.



**Figura 25:** Proceso de secado de unidades de albañilería adicionadas con diatomita.

El tiempo de secado fue de 02 semanas, para después ser llevadas al horno, cabe resaltar que para obtener un secado adecuado del ladrillo la ventilación en el lugar debe de ser moderada, con el propósito de obtener un secado uniforme.

#### 4.4.4. Cocción de unidades de albañilería maciza



**Figura 26:** Secado de unidades de albañilería adicionadas con diatomita

Una vez que las unidades de albañilería pasaron por la etapa de secado, se procedió a llevarlas al horno, para que puedan ser sometidas a un proceso de cocción a una Temperatura de 930°C.

Los parámetros de cocción de las unidades de albañilería son:

**Tabla 8:**

*Parámetros de cocción*

Parámetro	Tiempo (Hrs.)
Calentamiento	12
Cocción	24
<b>Total</b>	<b>36</b>

**Fuente:** Propia

El proceso de cocción se desarrolló de la siguiente manera:



**Figura 27:** Proceso de cocción de unidades de albañilería adicionadas con diatomita.

Es preciso mencionar que una de las fases elementales en esta etapa es la de apilamiento de unidades de albañilería, puesto que define la calidad final de las unidades de cerámica roja. Un apilamiento correcto en donde la mayor parte de la superficie de las unidades tengan superficie expuesta al calor producido en el horno, nunca los ladrillos deben de tener las caras laterales pegadas unas a otras, así también se debe de mantener la temperatura constante durante la etapa de cocción para alcanzar una resistencia óptima.



**Figura 28:** Cocción de unidades de albañilería adicionadas con diatomita

## 4.5. Ensayos de unidades de albañilería maciza

### 4.5.1. Ensayo de variación dimensional

Para el desarrollo del presente ensayo, se realizaron las pruebas según lo estipulado en la norma NTP 399.613.

#### **Instrumento empleado:**

- ✓ Vernier (calibrador) de escala 30 mm.

**Procedimiento seguido:**

Se procedió a medir cada una de las dimensiones de las unidades de albañilería (Largo, ancho y espesor), desde los puntos medios de cada borde. La aproximación en promedio con la cual se trabajo fue de 0.5 mm, mientras que las mediciones fueron realizadas con aproximación de 1 mm.



**Figura 29:** Ensayo de variación dimensional en unidades de albañilería adicionadas con diatomita

A continuación, se muestra la ecuación para determinar el porcentaje de variación de dimensión en las unidades de albañilería, según la NTP. 399.613.

$$V = 100 * \frac{DE - MP}{DE}$$

**Ecuación 1:** Porcentaje de variación de dimensión

En donde:

V: Variación de dimensión (%).

DE: Dimensión especificada (cm).

MP: Medida promedio en cada dimensión (cm).

#### 4.5.2. Ensayo de alabeo

Para el desarrollo del ensayo de Alabeo se procedió según lo estipulado en la norma NTP. 399.613.

##### **Instrumento empleado:**

- ✓ Regla de metal graduada, de 30 cm de largo.
- ✓ Cuña de madera

##### **Procedimiento seguido:**

El desarrollo del presente ensayo, consistió en colocar las unidades de albañilería en una superficie plana, completamente horizontal en donde se colocó una regla que unía diagonalmente las esquinas de cada cara de las unidades de albañilería, que permitirá definir si la cara de la unidad de albañilería en estudio, es cóncava o convexa. Posteriormente se procedió a colocar una cuña de madera graduada, con precisión de 1 mm, la cual permitió obtener la medida de alabeo de las caras de las unidades de albañilería.



**Figura 30:** Ensayo de alabeo en unidades de albañilería adicionadas con diatomita

#### 4.5.3. Ensayo de absorción

Para el desarrollo del ensayo de absorción, se realizaron las pruebas según lo estipulado en la norma NTP 399.613.

##### **Equipo e Instrumento empleado:**

- ✓ Horno eléctrico

- ✓ Balanza electrónica digital con precisión de 0.5 g.
- ✓ Recipientes

**Procedimiento seguido:**

Se procedió a sumergir en su totalidad cada una de las unidades de albañilería a analizar en un recipiente con agua, a una temperatura promedio de 15° por un periodo de tiempo de 24 horas, una vez transcurrido el tiempo en mención se procedió a remover las unidades de albañilería del recipiente y secarlas superficialmente con un paño.

Finalmente se procedió a pesarlas en la balanza electrónica. Una vez pesadas las unidades de albañilería fueron puestas en un horno eléctrico en donde fueron a llevados a una temperatura de 110 °C durante 24 horas, una vez transcurrido el tiempo asignado se procedió a sacarlas del horno y pesarlas en la balanza electrónica.

Para los cálculos del ensayo, se muestra la ecuación para obtener el porcentaje de absorción en los bloques o ladrillos, según la NTP. 399.613.

$$Absorcion\% = \frac{(Ws - Wd) \times 100}{Wd}$$

**Ecuación 2:** Porcentaje de absorción

En donde:

Wd: Peso seco de la muestra (gr).

Ws: Peso del espécimen saturado, después de haber sido inmersa en agua fría por 24 horas (gr).



**Figura 31:** Ensayo de absorción en unidades de albañilería adicionadas con diatomita

#### **4.5.4. Ensayo de succión**

Para el desarrollo del ensayo de succión, se realizaron las pruebas según lo estipulado en la norma NTP 399.613.

##### **Equipo e Instrumento empleado:**

- ✓ Horno eléctrico
- ✓ Balanza electrónica digital con precisión de 0.5 g.
- ✓ Cronometro
- ✓ Bandeja metálica

##### **Procedimiento seguido:**

Para el presente ensayo, se procedió a emplear los pesajes de las unidades de albañilería secos que fueron llevados al horno por 24 horas en el ensayo de absorción, posterior a ello, se sumergió en un nivel de agua de 3 mm, cada una de las unidades de albañilería en una bandeja metálica, completamente horizontal, por un lapso de 60 segundos, una vez transcurrido el tiempo en mención se procedió a remover las unidades de albañilería del recipiente y secarlas superficialmente con un paño e inmediatamente se procedió con su respectivo pesaje en la balanza electrónica.

Finalmente, se procedió a medir la base del ladrillo (área superficial en contacto con el agua) expresado en m<sup>2</sup>.



**Figura 32:** Ensayo de succión en unidades de albañilería adicionadas con diatomita

A continuación, se muestra la ecuación para determinar la succión en los bloques o ladrillos, según la NTP. 399.613.

#### ***Ecuación 3:*** Succión

En donde:

A: Área de contacto (m<sup>2</sup>).

P<sub>m</sub>: Peso del espécimen húmedo, después de haber sido sometido a succión (Kg).

P<sub>s</sub>: Peso seco del espécimen (Kg).

#### **4.5.5. Ensayo de compresión**

Para el desarrollo del ensayo de compresión, se realizaron las pruebas según lo estipulado en la norma NTP 399.613.

#### **Equipo e Instrumento empleado:**

- ✓ Prensa hidráulica de compresión
- ✓ Plancha de acero
- ✓ Yeso

**Procedimiento seguido:**

Para el desarrollo del ensayo de compresión, lo primero que se realizó fue nivelar tanto la cara superior en inferior de las unidades de albañilería con yeso y posteriormente dejar secar el yeso por un periodo de 2 días como mínimo, este procedimiento previo se realizó con el propósito de que al momento de que estas sean ensayadas, el área de contacto con la prensa sea completamente uniforme.



**Figura 33:** Aplicación de yeso en las unidades de albañilería para uniformizar las superficies de contacto con la prensa de compresión.

Posteriormente se procedió con la colocación de las unidades de albañilería en el equipo de compresión, alineando el centro de la probeta en dirección perpendicular del vástago, para finalmente proceder con la rotura de la probeta y anotar la carga de fractura.



A continuación, se muestra la ecuación para determinar la resistencia a la compresión en las unidades de albañilería, según la NTP. 399.613.

$$C = W/A$$

***Ecuación 4: Resistencia a la compresión***

En donde:

C: Resistencia por esfuerzos de compresión, Kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 34:** Ensayo de compresión en unidades de albañilería adicionadas con diatomita

W: Máxima carga brindada por el equipo, (Kg).

A: Área de contacto de la unidad de albañilería (cm<sup>2</sup>)

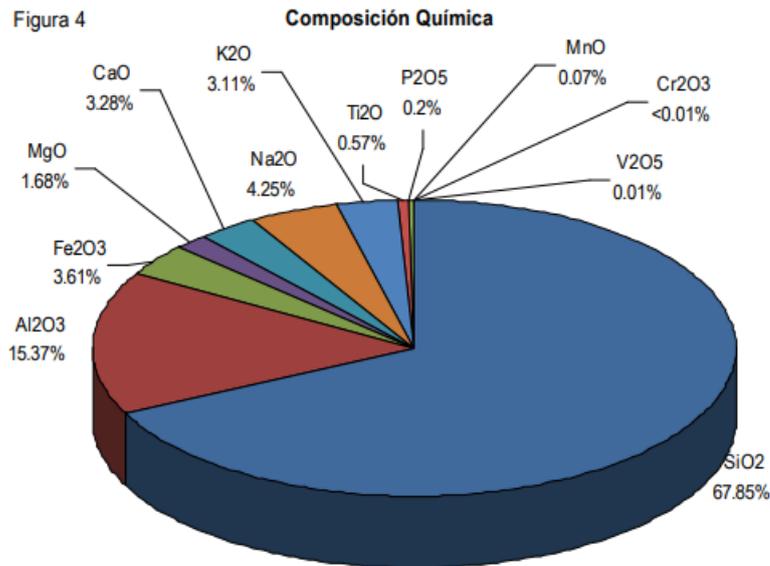
## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Determinación de la situación actual de la materia prima para la manufactura de ladrillos en Arequipa.**

##### **5.1.1. Yacimientos de Arcillas**

Como sabemos las arcillas a emplear en la manufactura de unidades de albañilería en Arequipa, presentan hasta un alto porcentaje de SiO<sub>2</sub>, por encima del 60%, del cual una cantidad no mayor al 10% se encuentra en forma amorfa, lo cual explica el porqué de sus altas temperaturas de cocción. Así también la baja presencia de Fe, en estas arcillas impiden que los ladrillos obtengan una coloración rojiza a bajas temperaturas. (Mamani, 2015)



**Figura 35:** Composición química referencial de las Arcillas de la región de Arequipa. Tomada de “Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores” por Díaz. 2010

Entre los principales yacimientos de Arcilla en la región, tenemos:

**a) Yacimiento Angélica**

Ubicada en la zona sur de Arequipa, en el distrito de Mollebaya, en las coordenadas, 235150 E 8174511 N, cuenta con acceso vía terrestre. Cantera de propiedad de Ladrillera Diamante SA, con explotación a tajo abierto.

**b) Yacimiento de Yura**

En esta zona se encuentra un depósito de arcillas, en las coordenadas 197097 E 8212534 N, que en realidad se encuentra una zona de sobre escurrimiento de caolín, que presenta una zona alterada con presencia de arcillas y Oxidos de hierro.

**c) Yacimiento de Caylloma**

En esta provincia encontramos una gran variedad de depósitos de Arcilla, las cuales representan el 67% del total de canteras ubicadas en la región, entre ellas tenemos las canteras: Antuyo, Chivay, Tuti, Jancopuquio, Chivay, Pirita y Pampa

San Miguel a distancias promedio de 90 a 100 Km, de la ciudad de Arequipa, lugar donde se encuentran concentradas las principales ladrilleras de la región.

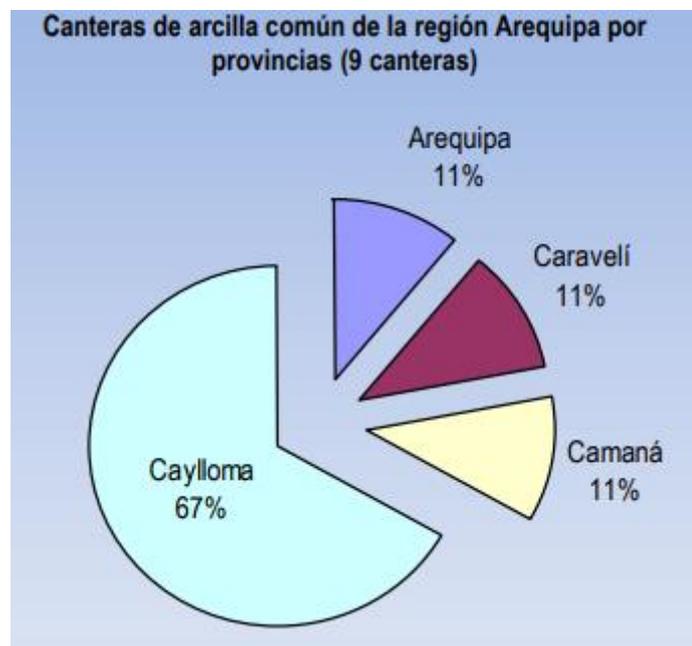
**d) Yacimiento de Alto Barro**

Esta cantera la podemos ubicar en la provincia de Camaná, en el distrito de Quilca, en donde se observan acumulaciones blanquecinas de montmorillonita, en ambos márgenes del río Quilca.

**e) Yacimiento Buenavista**

Ubicado en la provincia de Caraveli, a un costado del Río Atico en el distrito del mismo nombre, a 220 Km, de la ciudad de Arequipa.

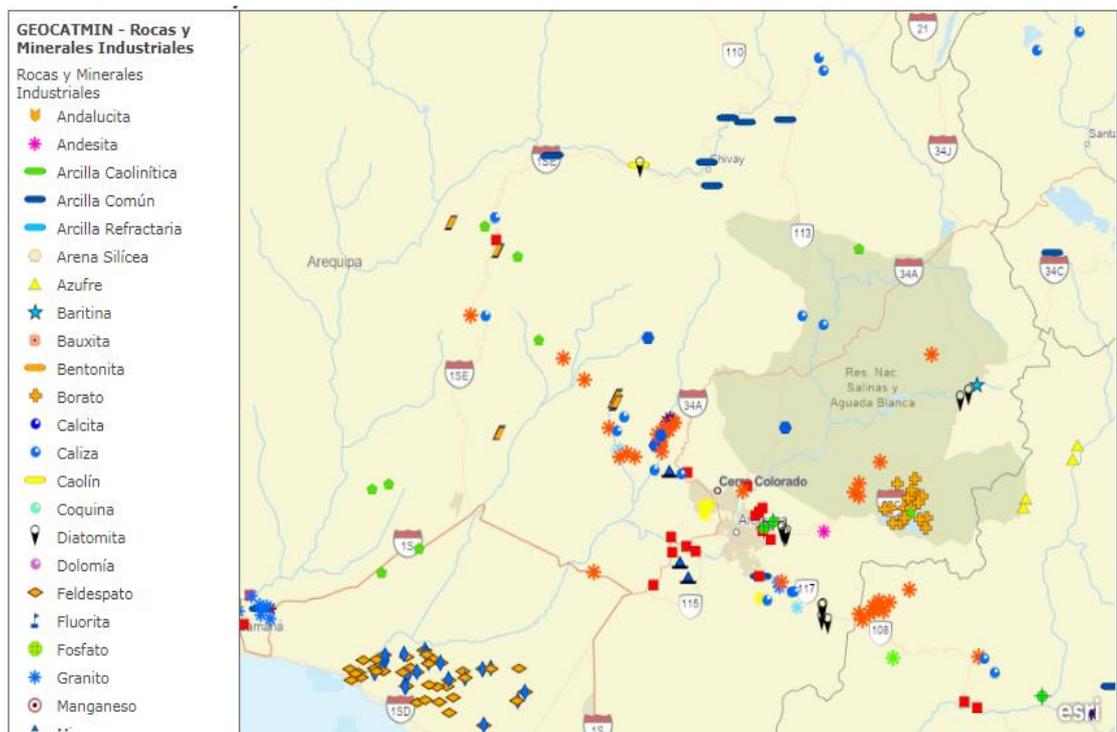
Como podemos ver, de las canteras mencionadas en la región de Arequipa, la mayoría de estas se encuentran ubicadas en la provincia de Caylloma, representando un 67% del total de canteras de la región, tal cual se aprecia en la siguiente figura, de autoría del Instituto geofísico, minero y metalúrgico del Perú.



**Figura 36:** Canteras de arcilla común de la región de Arequipa por provincias. Tomada de “Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores” por Díaz et al. 2010

De la investigación de canteras de arcilla, se puede apreciar que la mayoría de ellas se encuentra ubicada a distancias próximas o mayores a los 100 Km, respecto a la ciudad de Arequipa, en donde se encuentran las principales plantas ladrilleras de la región, ya sean artesanales o industriales. Incluso se puede apreciar que se cuenta solo con dos canteras de arcilla en la ciudad de Arequipa, una de ellas en posesión de Ladrillera el diamante SA.

Es por ello, que en la actualidad la mayoría de plantas ladrilleras, tienden a desplazarse distancias cada vez más largas con el propósito de obtener las arcillas, siendo la provincia de Caylloma, el lugar más próximo a la ciudad de Arequipa, ubicado a una distancia de aproximadamente 90 a 100 km, dependiendo de la cantera de la cual se desee extraer el material.



**Figura 37:** Ubicación de Canteras de Arcilla en la región de Arequipa, líneas horizontales de color azul, según leyenda. Tomada de “Geocatmin Rocas y minerales industriales.”, por INGEMMET, 2020.

### 5.1.2. Yacimientos de áridos

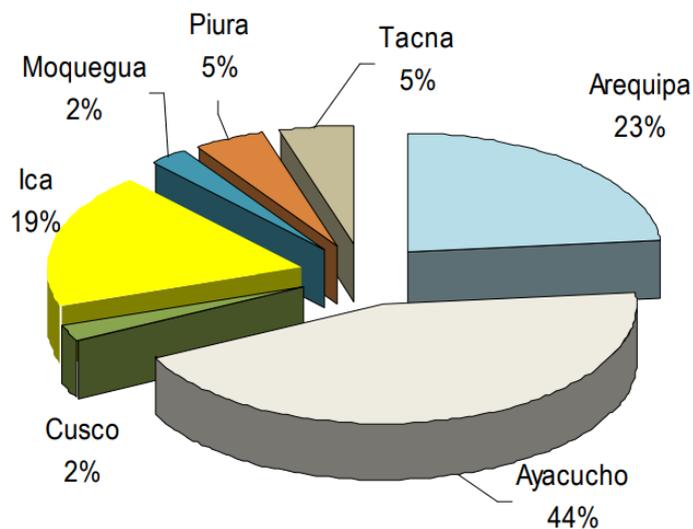
Los áridos que vienen a ser material de carga o relleno en la manufactura de unidades de albañilería, son materiales que abundan a lo largo de la región. Donde

su aplicación en la masa en verde, está limitada tanto por el costo, que demanda conseguir dichos áridos, por metro cubico, así como la participación en la mezcla, en donde su porcentaje respecto al total tiende a ser a no más del 20% en peso.

En la ciudad de Arequipa encontramos las siguientes canteras, en las que podemos encontrar desde Arena fina hasta greda, y estos son: La poderosa, Jesús de Nazaret de Tiabaya, La piedrita, Cocoliso, Alto Jesús, San Lázaro, Las Islas, Apolo, entre las principales.

### 5.1.3. Yacimientos de diatomita

La región de Arequipa en la actualidad, cuenta con el 23% del total de yacimientos de diatomita del país, solo anticipado por la región de Ayacucho, tal cual se muestra en la imagen siguiente:



**Figura 38:** Oferta potencial de Diatomitas en el Perú por regiones. Tomada de “Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores” por Díaz et al. 2010

Los depósitos o canteras de diatomita, en la región de Arequipa, en la actualidad a pesar de ser abundantes, no están siendo explotados en la dimensión que se debería. Entre estos yacimientos tenemos a:

#### **a) Yacimiento de Maca**

Ubicado en el paraje "Pampa de Jatun Chijta", distrito de Maca, provincia de Caylloma. La zona se encuentra a una altitud promedio 3262 m.s.n.m.

#### **b) Yacimiento de Chiguata**

La zona en la cual se halla el depósito de diatomitas, pertenece al anexo de Killocona, distrito de Chiguata, ubicada al sur del volcán Misti, al oeste del Pichu-Pichu y al Este de la Ciudad de Arequipa con una altitud promedio de 3150 m.s.n.m. El área del depósito de diatomita tiene una extensión de 12.46 Km.

#### **c) Yacimiento de Yura**

Se encuentra ubicado en el paraje Aguas Calientes del distrito de Yura, tiene un área de 32 km<sup>2</sup>.

#### **d) Yacimiento de Polobaya**

El área del depósito se encuentra ubicada en el paraje Llollehuaya en el distrito de Polobaya. Se encuentra a una altitud de 3250 m.s.n.m. y dista 49 Km. al SE de la ciudad de Arequipa.

#### **e) Yacimiento de San Juan de Tarucani**

Comprende áreas del distrito de San Juan de Tarucani (Arequipa) y de la provincia de Sánchez Cerro (Moquegua). Las coordenadas que marcan su situación son: Longitud Oeste 71°02' y Latitud Sur 16°09'. Las cotas del terreno van de 4.100 a 4.300 m.s.n.m. (Manuel, 2015)

El yacimiento de San Juan de Tarucani a diferencia de las canteras de Polobaya y Chiguata, dos de las tres canteras ubicadas en la ciudad de Arequipa, las cuales se encuentran bajo concesión de las empresas: Cia Mra. Agregados calcáreos SA, Carlos Bolaños, Sociedad minera Arequipa Minerals S.A, Ladrilleras Unidas SA y Margarita Manrique; lo cual de cierta manera evita la explotación y/o aprovechamiento de este

recurso por parte de las ladrilleras artesanales o mecanizadas del sector; convierte al Yacimiento de Tarucani en una latente opción de explotación en la región.

Al comparar también las distancias recorridas por las ladrilleras del sector para el acarreo de arcilla desde la provincia de Caylloma que llegan a los 100 km en promedio, Tarucani entra también como una opción factible en el sector ladrillero como material de relleno estructural a emplear en la mezcla en verde, puesto que la distancia promedio de este yacimiento hacia las plantas ladrilleras de la ciudad no es mayor a los 65 kilómetros.

## 5.2. Identificación de las características físico químicas de la diatomita de San Juan de Tarucani.

Para la caracterización a nivel físico químico, de la diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani fue necesario basarse en:

### 4.2.1. Caracterización a nivel físico:

Para la caracterización a nivel físico, estuvo basada en antecedentes bibliográficos acerca de diversos estudios realizados a los yacimientos de diatomita en todo el Perú, en donde en la investigación titulada “Las diatomitas en el Perú”. Revista de Minas de la Universidad de Oviedo, España.

En donde se muestra las características físicas de los Yacimientos en el Perú, uno de ellos el de Arequipa, tal cual se muestra en la Tabla adjunta:

**Tabla 9:**

*Características físicas de la diatomita de San Juan de Tarucani*

Determinación	ARQ (Yacimiento San Juan de Tarucani)
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	2.12
Densidad global (g/cm <sup>3</sup> )	0.40

<b>Porosidad total (%)</b>	80.90
<b>Sup. Esp. (Hg, m2/g)</b>	No determinado
<b>Sup. Esp (N2, m2/g)</b>	No determinado

**Fuente:** Características físicas de las diatomitas en el Perú. Tomada de “Las diatomitas en el Perú” por Verdeja et al. 1993

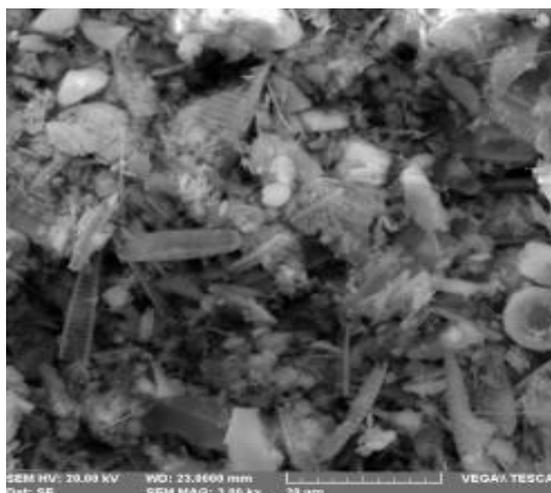
Importante mencionar, también que en este yacimiento es a base de diatomeas de origen lacustre, debido a que se encuentran conformadas básicamente por *Stephanodiscu*, *Navicula* y *Melosina*.

De la tabla adjunta y en concordancia con los estudios realizados a las muestras de San Juan de Tarucani, se pudo apreciar que la roca de diatomita de este yacimiento son de color blanquecino amarillento ligero, de textura muy suave, de baja densidad, lo cual se fleja claramente en una porosidad regularmente elevada en comparación con las diatomitas de diversas zonas del país, en donde la porosidad de estas varía entre un 60 a 70%.

#### 4.2.2. Caracterización a nivel Químico

Esta caracterización estuvo basada en revisiones bibliográficas, acerca de la composición química de la diatomita a través de micrografía Diferencial de Barrido (Micrografía SEM), en la cual se mostraron los siguientes resultados.

En la imagen expuesta a continuación, se logra apreciar como las partículas de diatomeas se encuentran presentes en forma de esqueletos fosilizados, con gran presencia de poros, ratificando así lo descrito en las características físicas de la diatomita de San Juan de Tarucani, según Verdeja en compañía, en donde se afirma que la diatomita del yacimiento en estudio es altamente porosa. Preciso mencionar también que a la ampliación mostrada en la imagen (3000 aumentos), resulta imposible que puedan medirse la longitud de los poros.



**Figura 39:** Micrografía de la diatomita de San Juan de Tarucani. Tomada de “Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río chili a nivel de laboratorio”, por Caballero y Zuni. 2017, p.66

**Tabla 10:**

*Análisis químico de la Diatomita de San Juan de Tarucani*

<b>Elemento</b>	<b>Especie</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Na</b>	Na <sub>2</sub> O	0.99
<b>Mg</b>	MgO	0.72
<b>Al</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.86
<b>Si</b>	SiO <sub>2</sub>	76.74
<b>K</b>	K <sub>2</sub> O	0.89
<b>Fe</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.81

**Fuente:** Micrografía de la diatomita de San Juan de Tarucani. Tomada de “Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio”, por Caballero y Zuni. 2017, p.66.

Una vez realizado la microscopía diferencial de barrido (SEM), se procedió a cuantificar el contenido porcentual de los diferentes compuestos químicos presentes en la diatomita de San Juan de Tarucani, en donde según la tabla expuesta se puede apreciar que la sílice, a través del compuesto de Oxido de silicio, comúnmente llamado Sílice, es el compuesto que predomina en la diatomita, lo que indica que la diatomita de San Juan de Tarucani, es un mineral de buena calidad, en donde el contenido de impurezas es relativamente bajo.

### 5.3. Alteración de las propiedades físicas y mecánicas, de las unidades de albañilería adicionadas con Diatomita.

#### 5.3.1. Resultados de ensayo de variación dimensional

De los ensayos de variación dimensional realizados a la muestra A (15% Diatomita) y la muestra B (25% Diatomita), se recolectaron los siguientes datos:

Para las unidades de albañilería tipo “A”, se muestran los siguientes resultados de las mediciones realizadas en cuanto a largo, ancho y alto:

**Tabla 11:**

*Mediciones en largo de unidades de albañilería tipo "A"*

Nro. Probeta	Largo (mm.)				Li promedio
	L1	L2	L3	L4	
A - 1	238	237	237	239	237
A - 2	237	238	238	239	237
A - 3	238	237	238	239	237
A - 4	237	237	239	239	237
A - 5	239	237	239	237	239
A - 6	239	237	238	238	238
A - 7	237	239	239	239	238

<b>A - 8</b>	239	237	237	239	239
<b>A - 9</b>	237	237	238	239	238
<b>A - 10</b>	237	239	238	238	238
<b>L promedio</b>					<b>238</b>

Fuente: Propia

**Tabla 12:**

*Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "A"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Ancho (mm.)</b>				<b>AN promedio</b>
	<b>AN1</b>	<b>AN2</b>	<b>AN3</b>	<b>AN4</b>	
<b>A - 1</b>	129	128	128	128	128
<b>A - 2</b>	127	127	129	127	129
<b>A - 3</b>	128	128	127	129	127
<b>A - 4</b>	127	127	127	129	128
<b>A - 5</b>	127	128	129	129	128
<b>A - 6</b>	127	127	129	128	129
<b>A - 7</b>	128	127	129	129	129
<b>A - 8</b>	127	127	129	127	127
<b>A - 9</b>	129	127	127	129	128
<b>A - 10</b>	128	127	128	127	128
<b>AN promedio</b>					<b>128</b>

Fuente: Propia

**Tabla 13:**

*Mediciones en alto de unidades de albañilería tipo "A"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Alto (mm.)</b>				<b>AL promedio</b>
	<b>AL1</b>	<b>AL2</b>	<b>AL3</b>	<b>AL4</b>	
<b>A - 1</b>	77.4	78.1	78.9	79.1	79.2
<b>A - 2</b>	77.8	79.0	78.1	78.2	79.1
<b>A - 3</b>	78.8	78.5	78.0	78.7	77.7
<b>A - 4</b>	78.6	77.5	78.2	78.7	77.6
<b>A - 5</b>	77.8	77.7	78.2	78.7	79.1
<b>A - 6</b>	78.7	78.3	77.3	77.4	79.0
<b>A - 7</b>	78.7	79.0	78.6	77.4	79.1
<b>A - 8</b>	78.6	78.0	79.0	78.4	77.8
<b>A - 9</b>	79.2	79.1	77.7	79.2	79.0

<b>A - 10</b>	77.4	78.5	77.8	77.6	77.5
<b>AL promedio</b>					<b>78.5</b>

Fuente: Propia

Para las unidades de albañilería tipo “B”, se muestran los siguientes resultados de las mediciones realizadas en cuanto a largo, ancho y alto:

**Tabla 14:**

*Mediciones en largo de unidades de albañilería tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Largo (mm.)</b>				<b>Li promedio</b>
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	
<b>B - 1</b>	234	239	236	236	238
<b>B - 2</b>	239	238	239	236	239
<b>B - 3</b>	238	239	236	235	234
<b>B - 4</b>	235	235	236	235	239
<b>B - 5</b>	238	239	238	235	237
<b>B - 6</b>	234	234	237	236	238
<b>B - 7</b>	234	234	235	237	236
<b>B - 8</b>	237	234	235	237	235
<b>B - 9</b>	235	235	238	237	234
<b>B - 10</b>	239	236	238	239	236
<b>L promedio</b>					<b>237</b>

Fuente: Propia

**Tabla 15:**

*Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Ancho (mm.)</b>				<b>AN promedio</b>
	<b>AN1</b>	<b>AN2</b>	<b>AN3</b>	<b>AN4</b>	
<b>B - 1</b>	128	127	129	127	128
<b>B - 2</b>	129	127	128	128	129
<b>B - 3</b>	129	127	128	129	129
<b>B - 4</b>	129	127	128	129	129
<b>B - 5</b>	129	129	129	127	129
<b>B - 6</b>	128	129	128	129	127
<b>B - 7</b>	127	129	127	129	127
<b>B - 8</b>	128	127	128	128	127
<b>B - 9</b>	128	128	129	127	129

<b>B - 10</b>	129	128	129	129	128
<b>AN promedio</b>					<b>128</b>

Fuente: Propia

**Tabla 16:**

*Mediciones en ancho de unidades de albañilería tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Alto (mm.)</b>				<b>AL promedio</b>
	<b>AL1</b>	<b>AL2</b>	<b>AL3</b>	<b>AL4</b>	
<b>B - 1</b>	78.6	77.3	78.9	77.3	79.2
<b>B - 2</b>	77.5	78.7	78.4	77.9	78.0
<b>B - 3</b>	78.5	77.5	77.3	78.0	78.6
<b>B - 4</b>	77.4	79.0	78.9	77.8	77.9
<b>B - 5</b>	78.5	78.4	78.9	78.3	79.1
<b>B - 6</b>	77.9	77.8	78.7	78.2	77.3
<b>B - 7</b>	77.4	78.6	78.4	77.8	78.0
<b>B - 8</b>	78.7	79.1	78.6	79.0	77.4
<b>B - 9</b>	78.6	77.7	78.9	79.0	78.8
<b>B - 10</b>	78.0	78.1	77.3	78.6	78.9
<b>AL promedio</b>					<b>78.3</b>

Fuente: Propia

Los resultados resumidos de variación dimensional de las unidades de albañilería tipo "A" y tipo "B" se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 17:**

*Consolidado de variación dimensional de ladrillos tipo "A"*

	<b>Longitud</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
<b>Promedio (mm)</b>	238	128	78.5
<b>DE (mm)</b>	240	130	80
<b>Variación dimensional (%)</b>	0.9	1.5	1.9

Fuente: Propia

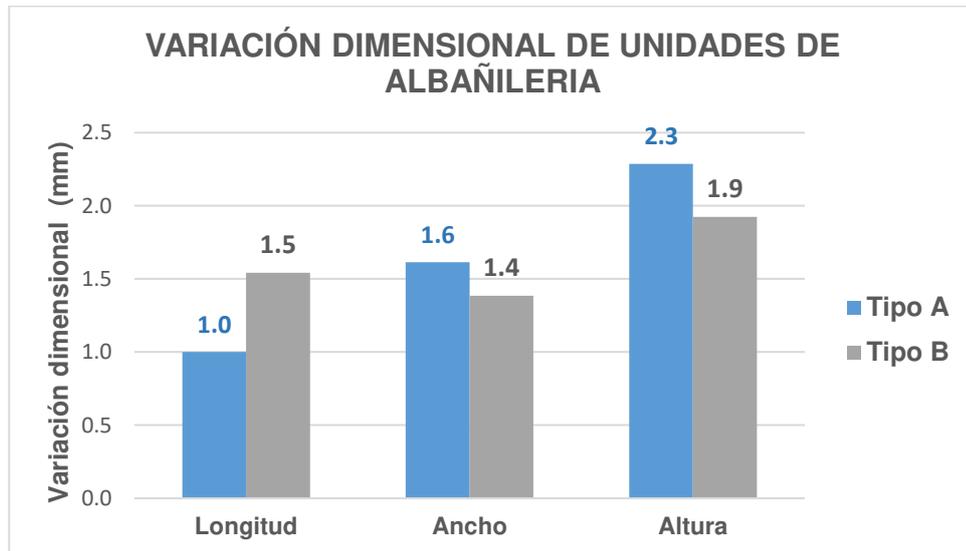
**Tabla 18:**

*Consolidado de variación dimensional de ladrillos tipo "A"*

	<b>Longitud</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
--	-----------------	--------------	---------------

<b>Promedio (mm)</b>	237	128	78.3
<b>DE (mm)</b>	240	130	80
<b>Variación dimensional (%)</b>	1.4	1.4	2.1

Fuente: Propia



**Figura 40:** Comparación entre la variación dimensional de unidades de Albañilería tipo “A” y tipo “B”

En la presente gráfica, podemos apreciar que no existe variación dimensional representativa en cuanto a longitud, ancho y altura; tanto en la muestra de unidades de albañilería tipo A (15% Diatomita) como en la muestra tipo B (25% Diatomita). Así también se puede afirmar que el grado de participación de diatomita en los ladrillos, no influyen en la variación de dimensiones de la unidad de albañilería.

### 5.3.2. Resultados de ensayo de alabeo

De los ensayos de alabeo realizados a la muestra A (15% Diatomita) y la muestra B (25% Diatomita), se recolectaron los siguientes datos:

**Tabla 19:**

*Mediciones de alabeo obtenidas de ladrillos tipo “A”*

Nro. Probeta	Concavidad (mm)		Convexidad (mm)		Alabeo (mm)	
	1	2	1	2	1	2

<b>A - 1</b>	0.2	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3
<b>A - 2</b>	0.3	1.2	0.7	1.3	1.2	1.3
<b>A - 3</b>	1.0	1.0	0.3	0.1	1.0	0.3
<b>A - 4</b>	1.1	1.1	0.4	0.9	1.1	0.9
<b>A - 5</b>	1.1	0.8	0.0	0.1	1.1	0.1
<b>A - 6</b>	1.2	0.3	1.2	0.9	1.2	1.2
<b>A - 7</b>	0.7	1.0	0.8	0.4	1.0	0.8
<b>A - 8</b>	1.1	1.0	1.2	0.3	1.1	1.2
<b>A - 9</b>	1.1	1.4	1.2	0.8	1.4	1.2
<b>A - 10</b>	1.5	1.0	0.0	1.5	1.5	1.5
				<b>L promedio</b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>

Fuente: Propia

**Tabla 20:**

*Mediciones de alabeo obtenidas de ladrillos tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Concavidad (mm)</b>		<b>Convexidad (mm)</b>		<b>Alabeo (mm)</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>B - 1</b>	0.9	0.9	0.5	1.2	0.9	1.2
<b>B - 2</b>	0.6	0.7	1.0	0.5	0.7	1.0
<b>B - 3</b>	1.1	0.6	1.2	1.4	1.1	1.4
<b>B - 4</b>	0.2	0.1	1.3	1.5	0.2	1.5
<b>B - 5</b>	0.9	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0
<b>B - 6</b>	0.0	1.5	0.9	0.5	1.5	0.9
<b>B - 7</b>	1.5	0.4	1.3	1.1	1.5	1.3
<b>B - 8</b>	1.5	0.5	0.4	0.0	1.5	0.4
<b>B - 9</b>	0.7	0.8	0.0	1.0	0.8	1.0
<b>B - 10</b>	0.3	0.3	1.2	0.6	0.3	1.2
				<b>L promedio</b>	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>

Fuente: Propia

Los resultados resumidos de alabeo de las unidades de albañilería tipo "A" y tipo "B" se muestran en la siguiente tabla:

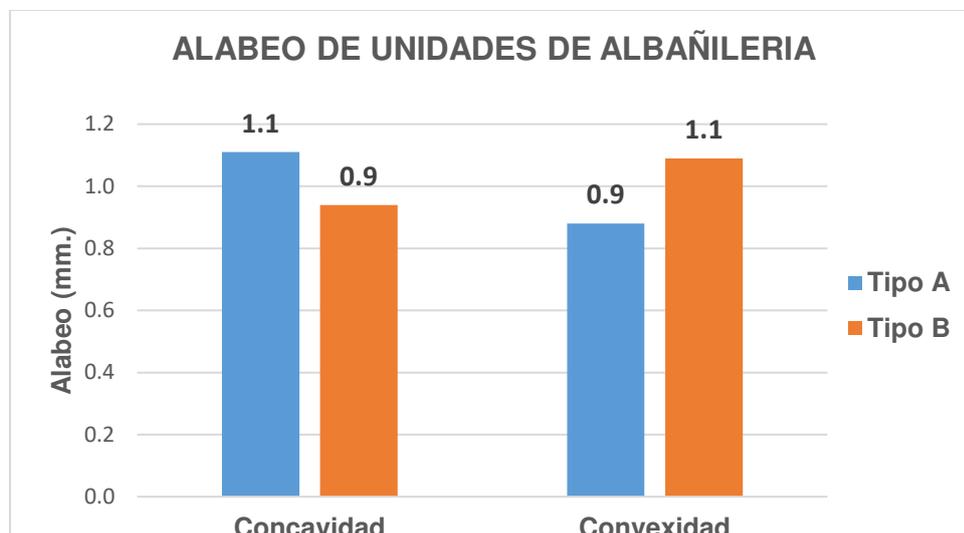
**Tabla 21:**

*Consolidado de alabeo de ladrillos tipo "A" y "B"*

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Concavidad (mm.)</b>	<b>Convexidad (mm.)</b>
<b>A</b>	1.1	0.9

<b>B</b>	0.9	1.1
----------	-----	-----

Fuente: Propia



**Figura 41:** Comparación entre el alabeo de unidades de albañilería Tipo "A" y tipo "B"

En la presente gráfica, podemos apreciar que no existe alabeo representativo tanto a concavidad como a convexidad de las caras superiores e inferiores de las unidades de albañilería ensayadas; tanto en la muestra de tipo A (15% Diatomita) como en la muestra tipo B (25% Diatomita). De la misma manera que ante el ensayo de variación dimensional, se puede afirmar que el grado de participación de diatomita en los ladrillos, no influye en la formación de superficies cóncavas y convexas en las unidades de albañilería.

### 5.3.3. Resultados de ensayo de absorción

De los ensayos de absorción realizados a la muestra A (15% Diatomita) y la muestra B (25% Diatomita), se recolectaron los siguientes datos:

**Tabla 22:**

*Mediciones de absorción obtenidas de ladrillos tipo "A"*

Nro. Probeta	Peso U.A saturada (gr.)	Peso U.A seca (gr.)	Absorción (%)
--------------	-------------------------	---------------------	---------------

<b>A - 1</b>	4228	3694	14.5
<b>A - 2</b>	4200	3671	14.4
<b>A - 3</b>	4280	3679	16.3
<b>A - 4</b>	4267	3629	17.6
<b>A - 5</b>	4266	3619	17.9
<b>A - 6</b>	4203	3655	15.0
<b>A - 7</b>	4215	3615	16.6
<b>A - 8</b>	4211	3648	15.4
<b>A - 9</b>	4221	3605	17.1
<b>A - 10</b>	4218	3618	16.6
		<b>Promedio</b>	16.1

**Fuente:** Propia

**Tabla 23:**

*Mediciones de absorción obtenidas de ladrillos tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Peso U.A saturada (gr.)</b>	<b>Peso U.A seca (gr.)</b>	<b>Absorción (%)</b>
<b>B - 1</b>	4286	3591	19.4
<b>B - 2</b>	4291	3538	21.3
<b>B - 3</b>	4360	3541	23.1
<b>B - 4</b>	4329	3571	21.2
<b>B - 5</b>	4418	3534	25.0
<b>B - 6</b>	4319	3564	21.2
<b>B - 7</b>	4291	3541	21.2
<b>B - 8</b>	4340	3541	22.6
<b>B - 9</b>	4383	3573	22.7
<b>B - 10</b>	4394	3600	22.1
		<b>Promedio</b>	22.0

**Fuente:** Propia

Los resultados resumidos de absorción de las unidades de albañilería tipo "A" y tipo "B" se muestran en la siguiente tabla:

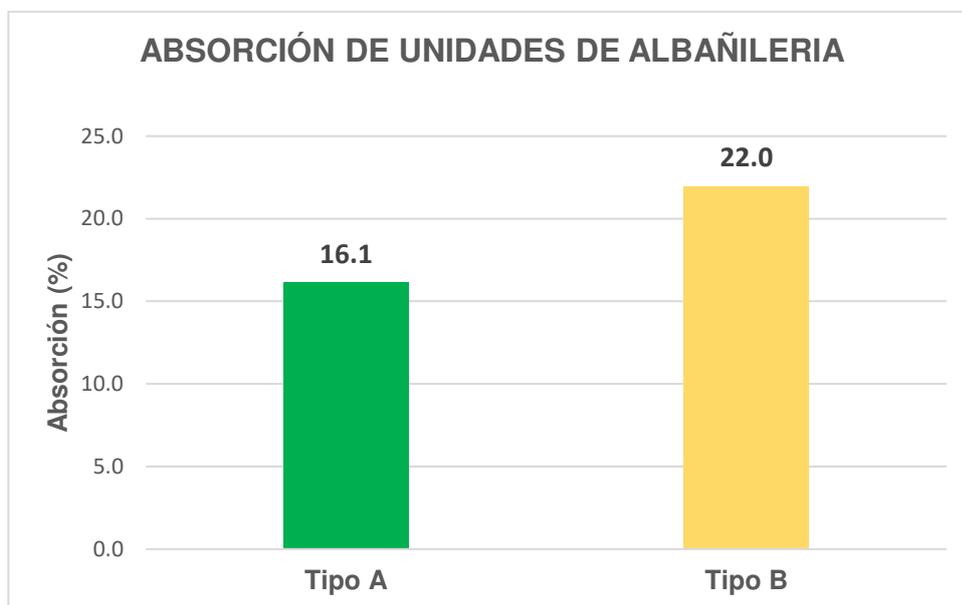
**Tabla 24:**

*Consolidado de absorción de ladrillos tipo "A" y "B"*

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Absorción (%)</b>
------------------------	----------------------

<b>A</b>	16.1
<b>B</b>	22.0

Fuente: Propia



**Figura 42:** Comparación entre el % de Absorción de unidades de albañilería Tipo “A” y tipo “B”

En la presente gráfica, podemos apreciar que, al aumentar el porcentaje de diatomita en la mezcla para la manufactura de unidades de albañilería, el porcentaje de absorción de los ladrillos, tiende a aumentar, esto se debe claramente a que la diatomita al ser porosa y tener una mayor participación en las unidades de albañilería, los espacios vacíos que dejan los poros, tienden a ser ocupados por el agua superficial. Hablando de manera general en cuanto a los valores de absorción obtenidos, se puede apreciar que los ladrillos de la muestra tipo B (25% Diatomita), está en el límite máximo permitido de porcentaje de Absorción (22%) según Norma E 070 de Albañilería.

#### 5.3.4. Resultados de ensayo de succión

De los ensayos de succión realizados a la muestra A (15% Diatomita) y la muestra B (25% Diatomita), se recolectaron los siguientes datos:

**Tabla 25:***Mediciones de succión obtenidas de ladrillos tipo "A"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Peso U.A seca (gr.)</b>	<b>Peso U.A saturada (gr.)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Succión</b>
<b>A - 1</b>	3694	3737	23.70	12.70	300.99	28.57
<b>A - 2</b>	3671	3713	23.90	12.90	308.31	27.25
<b>A - 3</b>	3679	3722	23.80	12.70	302.26	28.45
<b>A - 4</b>	3629	3669	23.70	12.70	300.99	26.58
<b>A - 5</b>	3619	3658	23.70	12.80	303.36	25.71
<b>A - 6</b>	3655	3697	23.80	12.90	307.02	27.36
<b>A - 7</b>	3615	3654	23.70	12.70	300.99	25.91
<b>A - 8</b>	3648	3689	23.90	12.80	305.92	26.80
<b>A - 9</b>	3605	3644	23.70	12.90	305.73	25.51
<b>A - 10</b>	3618	3660	23.70	12.80	303.36	27.69
<b>Promedio</b>						<b>26.98</b>

Fuente: Propia

**Tabla 26:***Mediciones de succión obtenidas de ladrillos tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Peso U.A seca (gr.)</b>	<b>Peso U.A saturada (Kg.)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Succión</b>
<b>B - 1</b>	3591	3636	23.80	12.80	304.64	29.54
<b>B - 2</b>	3538	3582	23.50	12.80	300.8	29.26
<b>B - 3</b>	3541	3583	23.40	12.70	297.18	28.27
<b>B - 4</b>	3571	3613	23.80	12.80	304.64	27.57
<b>B - 5</b>	3534	3577	23.90	12.70	303.53	28.33
<b>B - 6</b>	3564	3612	23.80	12.90	307.02	31.27
<b>B - 7</b>	3541	3585	23.70	12.80	303.36	29.01
<b>B - 8</b>	3541	3590	23.50	12.90	303.15	32.33
<b>B - 9</b>	3573	3621	23.40	12.90	301.86	31.80
<b>B - 10</b>	3600	3648	23.50	12.90	303.15	31.67
<b>Promedio</b>						<b>29.90</b>

Fuente: Propia

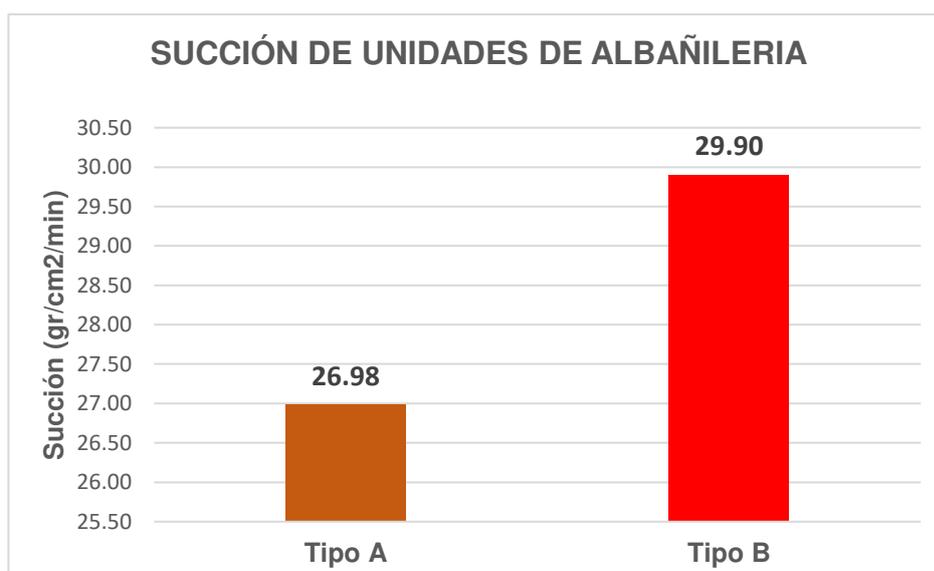
Los resultados resumidos de succión de las unidades de albañilería tipo "A" y tipo "B" se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 27:**

*Consolidado de absorción de ladrillos tipo "A" y "B"*

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Succión (gr/200 cm<sup>2</sup>/min)</b>
<b>A</b>	26.98
<b>B</b>	29.90

Fuente: Propia



**Figura 43:** Comparación entre la succión de unidades de albañilería Tipo "A" y tipo "B"

En la presente gráfica, podemos apreciar que, al aumentar el porcentaje de diatomita en la mezcla para la manufactura de unidades de albañilería, la succión de los ladrillos, tienden a aumentar de manera considerable, esto se debe a que al aumentar el porcentaje de diatomita aumenta directamente también el porcentaje de absorción del ladrillo y ello se ve reflejado también en el aumento de succión del ladrillo.

En cuanto a los valores de succión obtenidos, se puede apreciar que los ladrillos tanto de la muestra tipo A y B, están fuera del límite de succión estipulado en Norma E 070 de Albañilería, donde se menciona que la succión al momento de asentar el ladrillo debe de ser de hasta 20 gr/200 cm<sup>2</sup>/min.

### **5.3.5. Resultados de ensayo de compresión**

De los ensayos de compresión realizados a la muestra A (15% Diatomita) y la muestra B (25% Diatomita), se recolectaron los siguientes datos:

**Tabla 28:**

*Mediciones de resistencia a la compresión obtenidas de ladrillos tipo "A"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Carga de Rotura (Kg.)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>A - 1</b>	15094	23.70	12.70	300.99	50.15
<b>A - 2</b>	17081	23.90	12.90	308.31	55.40
<b>A - 3</b>	16478	23.80	12.70	302.26	54.52
<b>A - 4</b>	15369	23.70	12.70	300.99	51.06
<b>A - 5</b>	17494	23.70	12.80	303.36	57.67
<b>A - 6</b>	16650	23.80	12.90	307.02	54.23
<b>A - 7</b>	17789	23.70	12.70	300.99	59.10
<b>A - 8</b>	15843	23.90	12.80	305.92	51.79
<b>A - 9</b>	17040	23.70	12.90	305.73	55.74
<b>A - 10</b>	15332	23.70	12.80	303.36	50.54
<b>Promedio</b>					54.02

**Fuente:** Propia

**Tabla 29:**

*Mediciones de resistencia a la compresión obtenidas de ladrillos tipo "B"*

<b>Nro. Probeta</b>	<b>Carga de Rotura (Kg.)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Área de contacto (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>B - 1</b>	15275	23.80	12.80	304.64	50.14
<b>B - 2</b>	15767	23.50	12.80	300.8	52.42
<b>B - 3</b>	14626	23.40	12.70	297.18	49.22
<b>B - 4</b>	15974	23.80	12.80	304.64	52.44
<b>B - 5</b>	15756	23.90	12.70	303.53	51.91
<b>B - 6</b>	15565	23.80	12.90	307.02	50.70
<b>B - 7</b>	14543	23.70	12.80	303.36	47.94
<b>B - 8</b>	14675	23.50	12.90	303.15	48.41
<b>B - 9</b>	14956	23.40	12.90	301.86	49.55
<b>B - 10</b>	15594	23.50	12.90	303.15	51.44

---

**Promedio**      50.42

---

**Fuente:** Propia

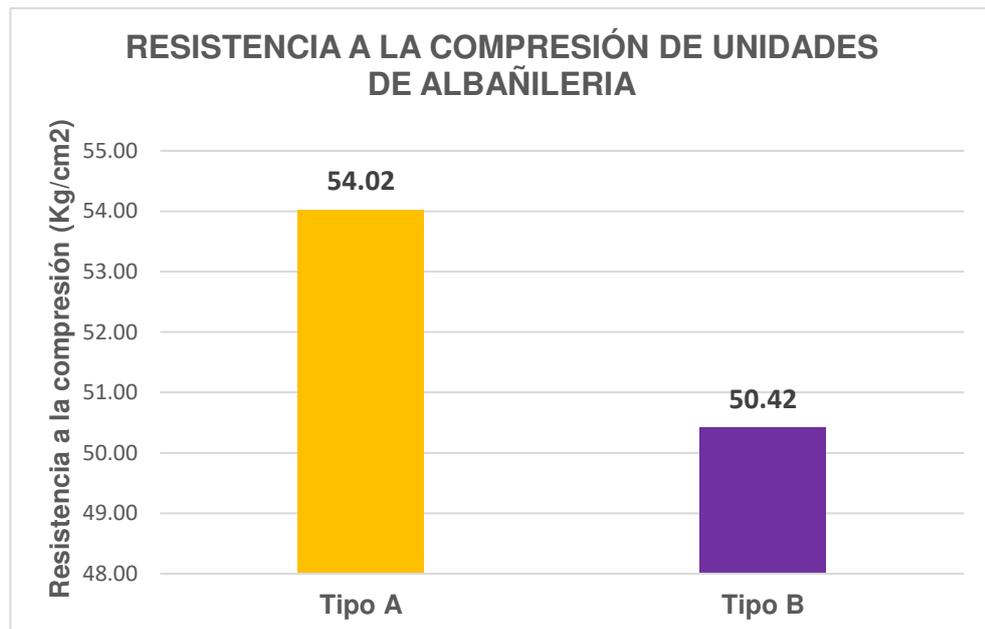
Los resultados resumidos de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería tipo "A" y tipo "B" se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 30:**

*Consolidado de resistencia a la compresión de ladrillos tipo "A" y "B"*

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>A</b>	54.02
<b>B</b>	50.42

**Fuente:** Propia



**Figura 44:** Comparación entre la resistencia a la compresión de unidades de albañilería Tipo "A" y tipo "B"

En la presente gráfica, podemos apreciar que, a medida que se aumentó del porcentaje de diatomita en la mezcla para la manufactura de unidades de albañilería, si esta excede el 15% el ladrillo tiende a perder su resistencia a esfuerzos por compresión. Si bien es cierto las unidades de albañilería artesanales

en su gran mayoría no cumplen con la resistencia mínima requerida en normativa (50 Kg/cm<sup>2</sup>) se puede apreciar que una pequeña participación de diatomita influye de manera positiva en la resistencia mecánica de las unidades de albañilería, pero si la participación de la diatomita excede el 15%, se puede apreciar que la resistencia mecánica por compresión de los ladrillos, tiende a disminuir.

En cuanto a los valores de resistencia a la compresión obtenidos, se puede apreciar que los ladrillos tanto de la muestra tipo A y B, cumplen con las especificaciones mínimas permitidas por la Norma E 070 de Albañilería, donde se menciona que para que el ladrillo sea clasificado al menos dentro del rango de Tipo I, estas unidades deben de tener una resistencia a la compresión mayor a 50Kg/cm<sup>2</sup>, condición que se cumple en ambas dosificaciones de diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani.

#### **5.4. Clasificación de las unidades de albañilería obtenidas según la Norma Técnica E.070.**

Según los resultados obtenidos de los ensayos realizados, podemos clasificar a las unidades de albañilería adicionadas con diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani, en función de fines estructurales estipulados en la Norma E 070 de Albañilería, de la siguiente manera:

##### **Unidad de albañilería tipo A (15% de diatomita):**

- ✓ Por variación dimensional, cumple las especificaciones de los ladrillos Clase I, II, III, IV
- ✓ Por Alabeo cumple las especificaciones de los ladrillos Clase I, II, III, IV y V.
- ✓ Por Resistencia a la compresión, cumple con las especificaciones de los ladrillos Clase I.

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

**Figura 45:** Clasificación de la unidad de albañilería adicionada con 15% de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.

- ✓ Por % de Absorción, cumple con el porcentaje máximo aceptado del 22%.
- ✓ Por succión, no cumple, debido a que sobrepasa la succión máxima permitida en norma del 20 gr/cm<sup>2</sup>/min al momento del asentado de ladrillo, pero es preciso mencionar que, al humedecer las unidades de albañilería hasta saturarlo, antes del asentado, se ha de disminuir la succión de esta unidad de albañilería.

Por lo tanto, se clasifica a la unidad de albañilería artesanal tipo “A” (15% de diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani), como un ladrillo clase I, según fines estructurales de la Norma E 070 de Albañilería.

#### **Unidad de albañilería tipo B (25% de diatomita):**

- ✓ Por variación dimensional, cumple las especificaciones de los ladrillos Clase I, II, III.
- ✓ Por Alabeo cumple las especificaciones de los ladrillos Clase I, II, III, IV y V.
- ✓ Por Resistencia a la compresión, cumple de manera ajusta con las especificaciones de los ladrillos Clase I.

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

**Figura 46:** Clasificación de la unidad de albañilería adicionada con 25% de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.

- ✓ Por % de Absorción, cumple de manera ajusta el porcentaje máximo aceptado del 22%, se recomienda no trabajar con adiciones del 25% de diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani.
- ✓ Por succión, no cumple al igual que la muestra tipo "A", debido a que sobrepasa la succión máxima permitida en norma del 20 gr/cm<sup>2</sup>/min, pero de la misma manera es posible emplear estas unidades de diatomita en campo, previa saturación antes del asentado.

Por lo tanto, se clasifica a la unidad de albañilería artesanal tipo "B" (25% de diatomita de la cantera de San Juan de Tarucani, como un ladrillo clase I, según fines estructurales de la Norma E 070 de Albañilería; aunque se recomienda emplea porcentajes menores al 25% de diatomita, para la manufactura de unidades de albañilería.

## CONCLUSIONES

1. Los yacimientos de arcilla en la región de Arequipa, en su mayoría se encuentran ubicados en la provincia de Caylloma; mientras que en la ciudad de Arequipa y alrededores el principal Yacimiento de Arcilla se encuentra bajo concesión de Ladrillera el Diamante. Este déficit de arcilla en la ciudad se ve reflejado en los grandes recorridos que deben de hacer las principales ladrilleras artesanales de Arequipa, las cuales en su mayoría tienen a recurrir hacia los yacimientos ubicados en Caylloma.
2. De acuerdo a la caracterización físico química realizada a la diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, se puede afirmar que este mineral es de buena calidad debido a que el contenido de Sílice es del 76 %, muy por encima del promedio de los yacimientos de diatomita en el Perú. Así también la densidad obtenida de la diatomita de la región, es altamente porosa, lo que indica que es un mineral altos niveles de absorción.
3. Las propiedades físicas de las unidades de albañilería adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani presentaron un aumento en referencia al porcentaje de Absorción y succión, esto debido a los espacios vacíos presentes producto de la elevada porosidad de la diatomita. En referencia a los niveles de participación de diatomita en el ladrillo, se puede apreciar que existe una diferencia del 6% al evaluar el porcentaje de absorción entre los ladrillos al 15% y 25% de diatomita, la cual se ve reflejada en los aumentos de los niveles de succión.
4. Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani presentaron un aumento de la resistencia a la compresión cuando el porcentaje de participación de la diatomita en el ladrillo fue de 15%, pero para un 20% de participación de diatomita en la mezcla se puede apreciar que la resistencia a la compresión disminuye, lo cual indica la diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, no debe de añadirse en más de un 15% a la mezcla de arcilla.

5. De acuerdo a la Norma técnica E 070 de Albañilería, las unidades de albañilería adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani se clasificaron dentro de los ladrillos Clase I, cumpliendo los requisitos mínimos para ser empleados con fines estructurales.
6. Las unidades de albañilería con 15 % de diatomita, cumplen largamente las propiedades mínimas requeridas para ser un ladrillo Clase I según norma; mientras que las unidades de albañilería con 25 % de diatomita, cumplen las recomendaciones mínimas de manera ajustada lo cual indica que debería de trabajarse a nivel de participación de diatomita en la mezcla.
7. La variación dimensional, así como el alabeo de las unidades de albañilería adicionadas con diatomita no son significativas y no están sujetas al porcentaje de participación de diatomita en la mezcla de arcilla.

## RECOMENDACIONES

1. Elaborar unidades de albañilería mecanizadas adicionadas con diatomita con el propósito de elevar la mejora de propiedades físico mecánica de los ladrillos.
2. Ensayar unidades de albañilería adicionadas con diatomita con porcentajes de participación del 15%, 18%, 20% y 23%, con el propósito de determinar el porcentaje máximo de adición de diatomita de San Juan de Tarucani en unidades de albañilería.
3. Añadir porcentajes de diatomita en las unidades de albañilería con diferentes tamaños de partículas.
4. Realizar estudios de diatomita calcinada y su influencia en las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería mecanizada.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMORÓS, M. Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal. Tesis (Master en innovación tecnológica en edificación). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2011. 60 pp. [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019]. Disponible en: [http://oa.upm.es/9058/2/Tesis\\_master\\_marta\\_amoros\\_garcia.pdf](http://oa.upm.es/9058/2/Tesis_master_marta_amoros_garcia.pdf)
- BARRANZUELA, J. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2014. 95 pp. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI\\_199.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf)
- CABALLERO, P. y ZUNI, D. Elaboración de filtros de diatomita activada con adición de quitosano para la descontaminación de las aguas del río Chili a nivel de laboratorio. Tesis (Título de Ingeniero de Materiales). Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín, 2017. 128 pp. [fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5076/MTcamepg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CABRERA, A. Minerales no Metálicos. Revista Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros [en línea]. Julio-octubre, 1963, 7, [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/136357181/Min-No-Met-Bentonita-Diatomita>
- CAMINO, R. y CAMINO, R. Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico-mecánicas del ladrillo King-King 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2017. 257 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/745>
- CARRANZA, R. Nuevos materiales conglomerantes a partir de tierras de diatomeas de distinto origen: reactividad puzolánica. Tesis (Máster Universitario en Ingeniería del Hormigón). España: Universidad Politécnica de València,

2017. 210 pp. [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/83725>

CHUMPITAZ, P. Estudio experimental del uso de tierras diatomáceas en la producción de concretos de alta resistencia. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2007. 140 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1032>

COMISION DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y COMERCIALES. Norma técnica peruana NTP. 399.613 Lima: INDECOPI, 2005.

DEL ANGEL, A. Elaboración de material de construcción a partir de residuos industriales sólidos granulares procedentes de tierras diatomáceas. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Mexico: Universidad Mexiquense del bicentenario, 2015. 114 pp. [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/46/130/46130352.pdf>

DIAZ, A. y RAMIREZ, J. Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores [en línea]. Mayo-Julio, 2010, 22, [fecha de consulta: 10 de setiembre del 2019]. Disponible en:  
<https://es.calameo.com/read/000820129d70f6c37c8ef>

GALLEGOS, H. y CASABONNE, C. 2005. Albañilería Estructural [en línea]. 3.ºed. Lima: Fondo editorial, 2005, pp. 1-444. [fecha de consulta: 10 de setiembre del 2019]. Capítulo 4. Unidad de Albañilería. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/369141977/106080890-Albanileria-Estructural-3ed-Hector-Gallegos-Carlos-Casabonne>

INSTITUTO de promoción cerámica. Información sobre tecnología de colocación de cerámicas. 2019 [fecha de consulta: 15 de octubre del 2019]. Disponible en:  
[http://www.ipc.org.es/guia\\_colocacion/info\\_tec\\_colocacion/sopor\\_sup\\_colocacion/superficie\\_colocacion/absorcion.html](http://www.ipc.org.es/guia_colocacion/info_tec_colocacion/sopor_sup_colocacion/superficie_colocacion/absorcion.html)

LEANDRO, J. Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo

Palma, 2010. 343 pp. [fecha de consulta: 28 de setiembre de 2019]. Disponible en: [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/168/1/leandro\\_il.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/168/1/leandro_il.pdf)

MANUEL, B. Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción. Tesis (Título de Ingeniero de Materiales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. 186 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2915>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Albañilería. E.070. Lima: SENCICO, 2019.

MAMANI, R. Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de Cusco. Tesis (Título de Ingeniero de Materiales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. 145 pp. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2918/MTmarurc048.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORDOÑEZ, J. Influencia en la resistencia a la compresión axial al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por diatomita en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , 2016. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2016. 182 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11020>

RAMIREZ, J. Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones [en línea]. Marzo-junio, 2009, [fecha de consulta: 10 de setiembre del 2019]. Disponible en: [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/NO%20METALICA/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20\(Peru%20ambiental\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/NO%20METALICA/2.-%20Jos%C3%A9%20Ram%C3%ADrez%20Diatomitas-Per%C3%BA%20(Peru%20ambiental).pdf)

RIVEROS, N. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Continental, 2019. 111 pp. [fecha de consulta:

10 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5554>

ROA, K., PAREDES, R. y LARA, L. Aplicación de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  y cenizas volantes como refuerzo en la matriz de unidades cerámicas macizas. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea]. Julio-octubre, 2017, 17(32), 36-49, [fecha de consulta: 10 de setiembre del 2019]. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v17n32/1692-3324-rium-17-32-00035.pdf>

RHODES, D. (1990). Arcilla y vidriado para el ceramista. España: Ediciones CEAC.

SALDARRIAGA, D. Fabricación de ladrillos aislantes y revestimientos cerámicos con diatomitas de San Juan, Argentina. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura, 2009. 120 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1491/ING\\_473.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1491/ING_473.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SANTOS, L. Materiales de construcción a base de lodos residuales provenientes del proceso de filtración en industrias cerveceras. Tesis (Título de Magister scientiae en ciencias ambientales). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2019. 112 pp. [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4252/santos-parra-luisa-carol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TECHNICAL Buildings. Construcción Técnica SMC. 2016 [fecha de consulta: 15 de octubre del 2019]. Disponible en:  
<https://construcciontecnicasmc.wordpress.com/>

URDAY, A. Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2015. 175 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2154>

ZANINI, R. y VÁSQUEZ, L. Estudio técnico económico para la instalación de una planta de ladrillos en el valle de jequetepeque nivel pre-factibilidad. Tesis

(Título de Ingeniero Industrial). La Libertad: Universidad nacional de Trujillo, 2018. 289 pp. [fecha de consulta: 17 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10474/Zanini%20Delgado%2C%20V%C3%A1squez%20Huaynate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZUÑIGA, A. Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente. Tesis (Doctorado en construcción y tecnologías arquitectónicas). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2018. 260 pp. [fecha de consulta: 15 de mayo del 2020]. Disponible en: [http://oa.upm.es/52643/1/ALONSO\\_ZUNIGA\\_SUAREZ.pdf](http://oa.upm.es/52643/1/ALONSO_ZUNIGA_SUAREZ.pdf)

# ANEXOS

## Certificados de Calibración de equipos

	<b>ORION LABORATORIOS E.I.R.L.</b> Calibración, Ensayos de Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto
---	--

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 17020304

**VERIFICACION**

**1.- GENERALIDADES.**  
A solicitud de: H&M INGENIERIA TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION SRL se procedió a verificar el comportamiento de un Sistema Digital de Prensa de Concreto, La verificación se realizó en Lima el 11 de Julio del 2017 y vence el 11 de Enero del 2017.

**2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.**  
Prensa : ORION  
Indicador : SAFIR  
Transductor : AEP Transducers

**3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.**  
Dispositivo : Celda de Carga  
Fabricante : AEP Transducers  
Tipo : C2S- 100T  
Serie N° : 88054-100B  
Carga Nominal : 100,000 Kg  
Modalidad : Compresión  
Indicador : MP10 N° 6094-2006-06

  
ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
ING. LUIS TABOADA PALACIOS  
Jefe de Laboratorio  
CIP 56551

Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica - (INF-LE 095-17A)

**4.- PROCEDIMIENTO**  
El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

**5.- RESULTADOS**  
En la Tabla N° 1 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondiente.  
En el Gráfico N°1 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15, Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971707204 - 936 601 894 - 945101989  
ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

TABLA N° 1

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 17020304

**CALIBRACION DE DE PRENSA DIGITAL**  
**Marca ORION, Indicador Digital SAFIR, Transductor AEP Transducers de 700 bar**

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACION (KG)				PROMEDIO "B" KG	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE ( 1 )	SERIE ( 2 )	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10.000	9.930	9.920	-0.70	-0.80	9.925,00	-0.75	0.07
20.000	19.910	19.920	-0.45	-0.40	19.915,00	-0.43	0.04
30.000	29.930	29.925	-0.23	-0.25	29.927,50	-0.24	0.01
40.000	40.120	40.115	0.30	0.29	40.117,50	0.29	0.01
50.000	50.150	50.145	0.30	0.29	50.147,50	0.30	0.01
60.000	60.190	60.180	0.32	0.30	60.185,00	0.31	0.01
70.000	70.240	70.250	0.34	0.36	70.245,00	0.35	0.01
80.000	80.340	80.360	0.43	0.45	80.350,00	0.44	0.02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-01
- 2.- Ep y Rp son el Error Percentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) \cdot 100$      $Rp = Error(2) \cdot Error(1)$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan al +/- 1.0 %

Coefficiente de Correlación:

$R^2 = 1$

Ecuación de ajuste:

$y = 1,0065 \cdot x - 189,2$

Donde:

X : Lectura de la pantalla  
 Y : fuerza promedio ( KG )

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
 INC. LUIS TABOADA PALACIOS  
 Oficina de Laboratorio  
 CIP 56551

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 17020304

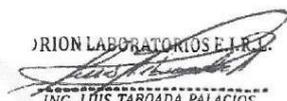
**VERIFICACION****1.- GENERALIDADES.**

A solicitud de: H&M INGENIERIA TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION SRL se procedió a verificar el comportamiento de un Sistema Digital de Prensa de Concreto. La verificación se realizó en Lima el 11 de Julio del 2017 y vence el 11 de Enero del 2017.

**2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.**

Prensa : ORION  
Indicador : SAFIR  
Transductor : AEP Transducers

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

  
ING. LUIS TABOADA PALACIOS  
Jefe de Laboratorio  
CIP 56551**3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.**

Dispositivo : Celda de Carga  
Fabricante : AEP Transducers  
Tipo : C2S- 100T  
Serie N° : 88054-100B  
Carga Nominal : 100,000 Kg  
Modalidad : Compresión  
Indicador : MP10 N° 6094-2006-06

Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica - (INF-LE 095-17A)

**4.- PROCEDIMIENTO**

El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

**5.- RESULTADOS**

En la Tabla N° 1 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondiente.

En el Gráfico N°1 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.



## CERTIFICADO DE CALIBRACION BP-019-2020

<b>EMISIÓN</b>	2020-01-12
<b>VENCIMIENTO</b>	2020-06-12

**1. RAZÓN SOCIAL** : GERGUS S.R.L.  
**RUC** : 20532799881  
**DIRECCIÓN** : PJE. CALDERON DE LA BARCA N° 250 – TACNA.  
**SOLICITANTE** : GERMAN LUIS FUENTES ZEGARRA

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA DE PRECISION ELECTRONICA  
**MARCA** : OHAUS **RESOLUCIÓN** : 0.1 g.  
**N° DE SERIE** : 725311601 **RANGO OPERATIVO** : 0 - 6000 g.  
**MODELO** : SE6001F **SENSIBILIDAD** : 0.1 g.  
**CAPACIDAD** : 6000 g. **INDICACIÓN** : DIGITAL

**3. MÉTODO DE MEDICIÓN**

Norma Metrológica Peruana NMP-003-96 "Instrumentos de Pesaje" y PC-001-2000 Procedimientos de Calibracion, utilizando pesas patrones E1, E2, F1, F2, M1, M2 y M3; con Certificados N° LM-041-2015-INDECOPI y M-0006-2017-METROIL-INACAL. Instituto Nacional de Calidad. se adjunta copias.

**4. RESULTADOS**

A una temperatura ambiental de 21°C y Humedad Relativa 68%, se obtiene los siguientes resultados:

CARGA APLICADA	LECTURA NOMINAL	ERROR (g)
001 gramo	001 gramo	----
200 gramos	200 gramos	----
500 gramos	500 gramos	----
1000 gramos	1000 gramos	----
2000 gramos	2000 gramos	----

**5. CONCLUSIÓN**

➤ La balanza que se detalla en el numeral 2, es **APROBADA**, considerando que no presenta errores en todas las pruebas efectuadas.

**6. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES**

- La periodicidad del control debe efectuarse de acuerdo a la frecuencia de uso.
- No exceder de su máxima capacidad durante los pesajes.
- Mantener limpia, utilizar en lugar fijo y con cuidado para no alterar su calibración.



**METROLOGICA E.I.R.L.**  
**SERMEP**  
*Natalia Coela Choque*  
**GERENTE**



**CERTIFICADO DE CALIBRACION BC-042-2020**

<b>EMISIÓN</b>	2020-01-12
<b>VENCIMIENTO</b>	2020-06-12

**1. RAZÓN SOCIAL :** GERGUS S.R.L.  
**RUC :** 20532799881  
**DIRECCIÓN :** PJE. CALDERON DE LA BARCA N° 250 – TACNA.  
**SOLICITANTE :** GERMAN LUIS FUENTES ZEGARRA

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** BALANZA COMERCIAL ELECTRONICA  
**MARCA :** OHAUS **RESOLUCIÓN :** 10 g.  
**N° DE SERIE :** 8336130211 **RANGO OPERATIVO :** 0 - 30000 g.  
**MODELO :** R31P30 **SENSIBILIDAD :** 10 g.  
**CAPACIDAD :** 30000 g. **INDICACIÓN :** DIGITAL

**3. MÉTODO DE MEDICIÓN**  
 Norma Metrológica Peruana NMP-003-96 "Instrumentos de Pesaje" y PC-001-2000 Procedimientos de Calibración, utilizando pesas patrones E1, E2, F1, F2, M1, M2 y M3; con Certificados N° LM-041-2015-INDECOPI, M-0005-2017 y M-0006-2017-METROIL INACAL. Instituto Nacional de Calidad. se adjunta copias.

**4. RESULTADOS**  
 A una temperatura ambiental de 21°C y Humedad Relativa 68%, se obtiene los siguientes resultados:

CARGA APLICADA	LECTURA NOMINAL	ERROR (g)
0010 gramo	0010 gramo	----
1000 gramos	1000 gramos	----
2000 gramos	2000 gramos	----
3000 gramos	3000 gramos	----
5000 gramos	5000 gramos	----

**5. CONCLUSIÓN**  
 ➤ La balanza que se detalla en el numeral 2, es **APROBADA**, considerando que no presenta errores en todas las pruebas efectuadas.

**6. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES**  
 ➤ La periodicidad del control debe efectuarse de acuerdo a la frecuencia de uso.  
 ➤ No exceder de su máxima capacidad durante los pesajes.  
 ➤ Mantener limpia, utilizar en lugar fijo y con cuidado para no alterar su calibración.



**METROLOGICA SERMEP E.I.R.L.**  
 Natalio Choque  
 GERENTE

# Norma Técnica E 070 de Albañilería



## NORMA E.070

### ALBAÑILERÍA

#### ÍNDICE DE FÓRMULAS Y VALORES DE DISEÑO

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo
Resistencia característica de la albañilería ( $f_c, \gamma_c$ )	13.7
Espesor efectivo mínimo de los muros portantes (l)	19.1a
Esfuerzo axial máximo permitido en los muros portantes	19.1b
Resistencia admisible en la albañilería por carga concentrada confinada o resistencia al ardastramiento	19.1c
Densidad mínima de muros reforzados	19.2b
Módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_c$ )	24.7
Fuerza cortante admisible en los muros ante el sismo moderado	26.2
Fuerza cortante de agrietamiento diagonal o resistencia al corte ( $V_c$ )	26.3
Resistencia al corte mínima del edificio ante sismos severos	26.4
Reforzo horizontal mínimo en muros confinados	27.1
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	29.6
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 confinadas	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-

**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.
- $A_{c,r}$  = área de una columna de confinamiento por corte fricción.
- $A_{c,n}$  = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- $A_v$  = área del acero vertical u horizontal.
- $A_{v,r}$  = área del acero vertical por corte fricción en una columna de confinamiento.
- $A_{v,t}$  = área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
- $A_s$  = área de estribos cerrados.
- $d$  = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- $D_b$  = diámetro de una barra de acero.
- $e$  = espesor bruto de un muro.
- $E$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E_s$  = módulo de elasticidad de la albañilería.
- $f_c^m$  = 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.
- $f_c^m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_r$  = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- $G_c$  = módulo de corte de la albañilería.
- $h$  = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
- $I$  = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- $L$  = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (si existiesen).
- $L_m$  = longitud del paño mayor en un muro confinado, o  $0,5 L$ ; lo que sea mayor.
- $L_t$  = longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
- $M_e$  = momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $M_s$  = momento flector en un muro producido por el sismo severo.
- $N$  = número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
- $N_c$  = número total de columnas de confinamiento.  $N_c \geq 2$ . Ver la Nota 1.
- $P$  = peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- $P_s$  = carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- $P_v$  = carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
- $P_c$  = carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $P_m$  = carga gravitacional máxima de servicio en un muro, medida con el 100% de sobrecarga.
- $P_a$  = 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.
- $V_{e1}$  = fuerza cortante en el entrepiso «1» del edificio producida por el sismo severo.
- $V_{e2}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «1» de uno de los muros.
- $V_{e3}$  = resistencia al corte en el entrepiso «1» 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 =  $A_s / (s.d)$ .
- $\sigma$  = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro =  $P_v / (t.L)$ .
- $\sigma_c$  =  $P_c / (t.L)$  = 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 26 (26.3).

**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 DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_c^m$ 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 (30)
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>II</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (30)
Bloque NP <sup>I</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

## Norma Técnica NTP 399.604

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 399.604  
2002**

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

Lima, Perú

---

### **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto**

MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units

**2002-12-05  
1ª Edición**

R.0130-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-12-15

Precio basado en 16 páginas

L.C.S.: 91,100.01

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Absorción, resistencia a la compresión, unidades de albañilería de concreto, densidad, espesor equivalente, espesor equivalente del tabique, cara lateral, contenido de agua, espesor del tabique, tabique

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	1
4. DEFINICIONES	2
5. MUESTREO	2
6. MEDICION DE DIMENSIONES	3
7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	4
8. ABSORCIÓN	9
9. CÁLCULOS	10
10. INFORME	13
11. ANTECEDENTE	16

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a setiembre del 2002, utilizando como antecedente la ASTM C 140:1997 Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2002-09-24, el PNTP 399.604:2002 para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-10-04. No habiéndose presentado observaciones fue oficializada como Norma Técnica Peruana NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. **Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto**, 1ª Edición, el 15 de diciembre del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana tomó en su totalidad la ASTM C 140:1997 Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TECNICA PERUANA

Secretaría	SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardales - SENCICO
Secretaría	Gabriela Esparza - SENCICO
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Firth Industries Perú S.A.	María Inés Castillo
Ladrillos LARK	Rubén Aspilcueta

## UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albanilería de concreto

### 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albanilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

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

#### 2.1 Norma Técnica Peruana

NTP 339.035:1999 HORMIGÓN (Concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams

#### 2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1 ASTM E 4:2001 Standard practices for force verification of testing machines

Rosaura Vasquez

Gerardo Jauregui

María Teresa Siemund

Javier Vargas

Carlos Carbajal

Francisco Gimocchio  
Gladys Villagarcía

Javier Moreno  
Rafael Cachuy

Victor Edgardo Venero  
Liliana Chavarria

Gisela Silva

Ana Biondi

Manuel Gonzales de la Cotera

Cementos Pacasmayo S.A.A.

Compañía Minera Luren S.A. LA CASA

Unión de Concretos S.A. UNICON

Grupo HUACHIPA

Ministerio de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento

Pontificia Universidad Católica  
del Perú

Universidad Nacional de Ingeniería

Universidad Ricardo Palma

Ladrillos Piramide

Colegio de Ingenieros del Perú

ASOCEM

--0000000--

2.2.2 ASTME 6:1999e2 Standard terminology relating to methods of mechanical testing

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de albañilería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto.

### 4. DEFINICIONES

Para los efectos de la presente Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en las NTP 399.602 y NTP 399.601

### 5. MUESTREO

#### 5.1 Selección de los especímenes para los ensayos

5.1.1 Para propósito de los ensayos, unidades enteras de albañilería de concreto serán seleccionadas por el comprador y el vendedor o sus representantes de acuerdo a lo establecido por un método aceptado para el muestreo aleatorio que acuerden o adopten. En todo caso las unidades deberán ser seleccionadas utilizando una tabla estadística de números aleatorios. Se deberá tener cuidado para que no se modifiquen las características de las unidades. Los especímenes serán representativos del lote total de unidades de los cuales han sido seleccionados. Si los especímenes para el ensayo son seleccionados en obra, las unidades para el ensayo del contenido de humedad serán muestreadas de la remesa del comprador y colocadas en un envase sellado hasta que el peso recibido (Wr) sea determinado de acuerdo con el ítem 4.3.2. Los especímenes seleccionados tendrán configuración y dimensiones similares.

5.1.2 El término "lote" se refiere a cualquier número de unidades de albañilería de

concreto de cualquier configuración o dimensión fabricado por el productor usando los mismos materiales, diseño de mezcla de concreto, proceso de fabricación, y método de curado.

#### 5.2 Número de especímenes

Para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad, se seleccionarán seis unidades de cada lote de 10 000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se seleccionarán seis unidades por cada 50 000 unidades o fracción. Especímenes adicionales se pueden tomar por acuerdo del comprador y el vendedor.

#### 5.3 Identificación

5.3.1 Marcar cada espécimen de manera que puedan ser identificados en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5 % del área superficial del espécimen.

5.3.2 Pesar las unidades para los ensayos del contenido de humedad inmediatamente después de muestreadas, marcar y registrar como Wr (peso recibido).

### 6. MEDICIÓN DE DIMENSIONES

#### 6.1 Aparatos

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1,0 mm . Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se medirán con un calibre Vernier (pie de rey), graduado en divisiones de 0,4 mm y con quijadas paralelas de no menos de 12,7 mm ni más de 25,4 mm de longitud.

## 6.2 Especímenes

Se medirán tres unidades enteras para el ancho, la altura, longitud, y los espesores mínimos de las paredes laterales y tabiques.

NOTA 1: Los mismos especímenes podrán utilizarse en otros ensayos.

## 6.3 Dimensiones

6.3.1 Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara, y la longitud (L) en la altura media de cada cara.

6.3.2 Para cada unidad, se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12,7 mm encima del plano de la cama de mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador. Cuando la parte más delgada lateral opuesta de la pared difiera en espesor por lo menos en 3,0 mm, promediar sus medidas para determinar el espesor mínimo de pared lateral de la unidad. No considerar los surcos de la banda, los empalmes simulados, y detalles similares en las mediciones.

## 7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 7.1. Aparatos

7.1.1 **Máquina de ensayo:** La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero ( Véase NOTA 2), uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería refrentado, se colocará entre éstos y el espécimen placas de acero que cumplan los requisitos del apartado 7.1.2, después que el centroíde de la superficie de apoyo de la albañilería se haya alineado con el centro de la rótula (Véase el apartado 7.4.1).

7.1.2 **Bloques de soporte de acero y platos:** Las superficies de los bloques de soporte de acero y las placas no se apartarán de un plano por más de 0,025 mm en cualquier dimensión de 152,4 mm . El centro de la esfera de la rótula coincidirá con el centro de su cara de apoyo. Si se utiliza placa de apoyo, el centro de la esfera de la rótula reposará en una línea que pasa verticalmente a través del centroíde de la cara de apoyo del espécimen. El plato de la rótula podrá girar en cualquier dirección. El diámetro de la cara de los bloques de soporte será por lo menos de 152,4 mm . Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, se colocará entre éstos y el espécimen refrentado, placas de acero con un espesor no menor de 25,4 mm . La longitud y el ancho de la placa de acero serán de por lo menos 15 mm mayor que la longitud y ancho del espécimen.

NOTA 2: Es deseable que las caras de apoyo de los bloques y placas usadas para la prueba de la compresión de hormigón (concreto) de albañilería tengan una dureza Rockwell de no menos que HRC 60 (BHN 620).

### 7.2 Especímenes de prueba

7.2.1 De las seis unidades muestreadas, tres serán ensayadas en compresión. Después de la llegada al laboratorio, almacene (no aplastadas y separadas por no menos de 13 mm en todas sus lados) en aire a una temperatura de  $24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 8 \text{ }^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de menos de 80 % por no menos de 48 horas. Alternativamente, si los resultados de la compresión son requeridos prontamente, almacene unidades no aplastadas en el mismo ambiente descrito arriba con una corriente de aire proporcionada por un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un periodo no menor de 4 horas. Se continúa hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida no mayor que 0,2 % del peso previo determinado del espécimen y hasta que ninguna humedad o mancha de humedad sea visible sobre cualquiera de las superficies de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado en horno. Los especímenes serán unidades enteras excepto según lo modificado en los apartados 7.2.2 hasta 7.2.4.

NOTA 3: En este método de ensayo, el área neta (con excepción de ciertas unidades sólidas, véase el apartado 9.4) se determina con otros especímenes distintos de los sujetos al ensayo de compresión. El método de la resistencia a la compresión se basa en la asunción que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (especímenes de absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades usadas para el ensayo de compresión. Las unidades con caras partidas, que tienen superficies irregulares, se deben separar al mismo tiempo que son muestreadas del lote, de tal modo que los especímenes del ensayo de absorción tengan un volumen neto que sea visualmente representativo y un peso que sea representativo de los especímenes del ensayo de compresión.

7.2.2 Las proyecciones sin apoyo que tienen una longitud mayor que su espesor serán removidas por cortadora. Para unidades con tabiques rebajados, se cortarán las caras laterales al mismo nivel para proporcionar una superficie de sustento completa sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura de la unidad que resulta quede reducida por más de un tercio de la altura original de la unidad, la unidad cortada será ensayada de acuerdo con el apartado 7.2.4.

7.2.3 Cuando las unidades enteras para el ensayo de compresión sean demasiado grandes para los bloques de la máquina de ensayo o excedan la capacidad de carga de la misma, cortar las unidades para adecuarlas correctamente con las capacidades de la máquina de ensayo. El espécimen resultante no tendrá proyecciones de las caras laterales ni tabiques irregulares y constará de celda o celdas completas de 4 caras. La resistencia a la compresión del segmento será considerada como la resistencia a la compresión de la unidad entera.

7.2.4 Cuando las unidades del ensayo de compresión tengan dimensiones y formas inusuales (tales como, pero no limitadas a, unidades en enlace de vigas, unidades del extremo abierto, y unidades de pilastras), los especímenes serán aserrados para quitar cualquier proyección de la cara lateral. El espécimen resultante será una celda o celdas que contienen cuatro caras que aseguren una superficie de apoyo del 100%. Cuando el corte no de lugar a una unidad con cuatro lados, el espécimen será un segmento cortado de la cara lateral de cada unidad. Este segmento cortado tendrá una relación altura espesor de 2 a 1 antes del refrentado y una relación de longitud a espesor de 4 a 1. El segmento será cortado de la unidad de modo que su altura esté en la misma dirección que la altura de la unidad entera. La resistencia a la compresión del segmento será la resistencia a la compresión del área neta de la unidad entera.

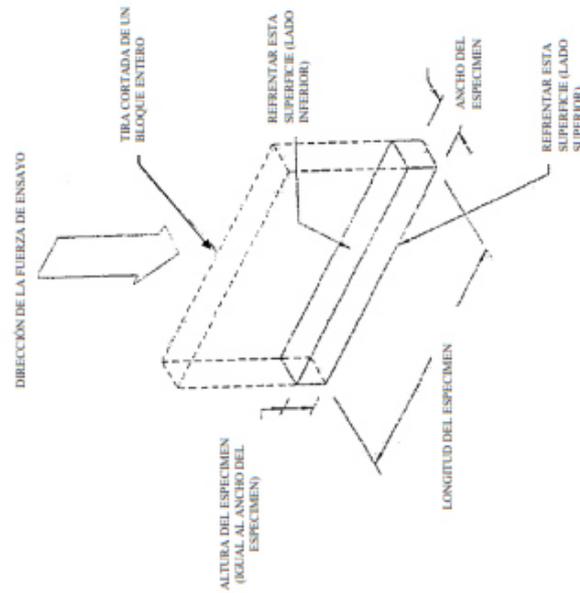


FIGURA 1 - Esquema de ensayo de compresión

7.2.5 Para el ensayo de resistencia a la compresión de segmentos cortados de muros, los especímenes ensayados serán no menos del 75% sólidos y tendrán una relación de altura a espesor de no menos que 1:1 y no más que 2:1. Si es necesario el corte del espécimen en el ensayo, será realizado de acuerdo con los apartados 7.2.3 y 7.2.6.

7.2.6 El aserrado será realizado de una manera exacta y competente sometiendo al espécimen a la mínima vibración posible de la sierra. Utilizar una sierra de diamante con dureza apropiada. Si el espécimen se moja durante el aserrado, permita que el espécimen se seque a las condiciones del aire del laboratorio antes del ensayo utilizando los procedimientos indicados en el apartado 7.2.1.

7.2.7 Si los especímenes del ensayo de compresión han sido cortados de unidades enteras de acuerdo con las provisiones de los apartados 7.2.2 a 7.2.4 y el área neta de compresión de los especímenes de prueba no puede ser determinada por el apartado 9.4.1, cortar tres unidades adicionales con las dimensiones y configuración de los tres especímenes del ensayo de compresión. El área neta promedio de los especímenes de compresión cortados será el promedio del área neta de las tres unidades adicionales cortadas calculada de acuerdo a lo referido en el apartado 9.4. Los volúmenes netos calculados de los especímenes cortados no deberán usarse en el cálculo del espesor equivalente.

### 7.3 Refrentado de los especímenes de prueba

7.3.1 Refrentar las superficies de apoyo de las unidades por uno de los métodos de los apartados 7.3.2 ó 7.3.3.

7.3.2 Azufre y materiales granulares: Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite (Véase NOTA 5) o rociada con una capa de TFE - fluoro- carbono. Utilizar mezclas preparadas por el propietario o el laboratorio de 40 % a 60 % de azufre por peso, el resto es bentonita molida convenientemente u otro material inerte que pase por el tamiz N° 100 ( 150 µm) con o sin plastificante. Calentar la mezcla de azufre en una olla de calefacción controlada por termostato a una temperatura suficiente para mantener la fluidez después del contacto con la superficie de refrentado. Tener cuidado para evitar el sobrecalentamiento, y revolver el líquido en la olla momentos antes de su uso. La superficie de refrentado será plana dentro de los 0,08 mm en 406,4 mm y será lo suficientemente rígida para no flexionarse durante la operación de refrentado. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa superficial del refrentado para formar un molde rectangular aproximadamente de 12,7 mm mayor en cualquier dimensión interior que la unidad de albañilería. Llene a una profundidad de 6,4 mm con material fundido de azufre. Lleve la superficie de la unidad para ser refrentada rápidamente en contacto con el líquido e inserte el espécimen, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie del líquido de refrentado. Permitir que la unidad no sea perturbada hasta que la solidificación este completa. Permitir que el refrentado enfrie por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes. No se permitirá el parchado del refrentado. Quitar los refrentados imperfectos y sustituirlos por nuevos.

NOTA 4: El uso del aceite en las placas de refrentado puede ser omitido si se encuentra que la placa y la unidad pueden ser separadas sin dañar el refrentado.

7.3.3 Refrentado con yeso-cemento: Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite (Véase NOTA 4) o rociado con una capa de TFE-fluorocarbono, una pasta de yeso-cemento de alta resistencia (Véase NOTA 5) y agua. Este yeso-cemento cuando esté mezclado con agua a la consistencia de refrentado, tendrá una resistencia a la compresión a las 2 horas no menor de 24,1 MPa ensayada en cubos de 50,8 mm . La superficie de la placa del bastidor estará conforme con los requisitos descritos en el apartado 7.3.2. Poner la superficie de la unidad para ser refrentada en contacto con la pasta de refrentado; presionar firmemente hacia abajo el espécimen con un solo movimiento, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie de refrentado. El espesor medio del refrentado no excederá de 3,2 mm . No se permitirá el parchado del refrentado. Retirar capas imperfectas y reemplazar con capas nuevas. El refrentado se realizará al menos 2 horas antes del ensayo de los especímenes.

NOTA 5: Los dos yeso-cementos siguientes se consideran dentro de esta clasificación: yeso-cemento blanco Hydrosone e Hydrocal. Otros yeso-cementos no deben ser utilizados a menos que se demuestre por ensayos estar dentro de los requerimientos del ensayo de resistencia.

## 7.4 Procedimiento

7.4.1 **Colocación de los especímenes:** Ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo (Véase NOTA 6). A excepción de unidades especiales para uso con sus paredes en una dirección horizontal, ensayar todas las unidades huecas de la albañilería de concreto con sus paredes en dirección vertical. Las unidades de albañilería que sean 100 % sólidas y unidades huecas especiales previstas para su uso, ensayarlas con sus huecos en dirección horizontal, en la misma dirección de servicio.

NOTA 6: Para las unidades de albañilería que sean simétricas respecto a un eje, la localización del eje puede ser determinada geoméricamente dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) por dos. Para unidades de albañilería que sean asimétricas respecto a un eje, la localización de ese eje puede ser determinada balanceando la unidad de albañilería sobre el borde de un cuchillo o una barra metálica colocada paralela a dicho eje. Si se utiliza una barra de metal, la barra será recta, cilíndrica (capuz de rodar libremente en una superficie plana), tener un diámetro de no menos de 6,4 mm y no más que 19,1 mm, y su longitud sobrepasará cada extremo del espécimen cuando está colocado sobre ella. La barra de metal será colocada sobre una superficie lisa y plana. Determinado el eje centroidal será marcado en el extremo de la unidad usando un lápiz o etiqueta de plástico que tenga un ancho de marca no mayor que 1,3 mm. Una barra de chucuco usada para la consolidación del concreto y para el ensayo de asentamiento conformadas de acuerdo con la NTP 339.035 se utiliza a menudo como barra de balanceo.

**7.4.2 Condición de humedad de los especímenes:** Cuando se ensayen los especímenes, estarán libres de humedad visible o manchas de humedad.

**7.4.3 Velocidad de ensayo:** Aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.

**7.4.4 Carga máxima:** Registrar la carga de compresión máxima en Newtons como P<sub>máx</sub>.

## 8. ABSORCIÓN

**8.1 Aparato:** La balanza utilizada será sensible dentro del 0,5 % del peso del espécimen más pequeño probado.

**8.2 Ensayo de especímenes:** Se utilizarán tres unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas, y registradas de acuerdo con el apartado 5.3.2. Las pruebas serán realizadas en unidades enteras cuando los resultados de la prueba deben ser utilizados para determinar el contenido de humedad de acuerdo con el apartado 9.2 o espesor equivalente de acuerdo con el apartado 9.7.

**8.2.1** Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe del ensayo.

## 8.3 Procedimiento

**8.3.1 Saturación:** Sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15,6 °C a 26,7 °C por 24 horas. Pesar los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y sumergidos totalmente en agua y registrar W<sub>i</sub> (peso sumergido).

Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9,5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; pesar y registrar como W<sub>s</sub> (peso saturado).

**8.3.2 Secado:** Subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0,2 % del peso último previamente determinado del espécimen. Registrar los pesos de los especímenes secados W<sub>d</sub> (peso secado al horno).

## 9. CÁLCULOS

**9.1 Absorción:** Calcular la absorción como sigue:

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = [(W_s - W_d) / (W_s - W_i)] \times 1000,$$

$$\text{Absorción, \%} = [(W_s - W_d) / W_d] \times 100 \quad (1)$$

donde:

W<sub>s</sub> = peso saturado del espécimen, (kg)

W<sub>i</sub> = peso sumergido del espécimen, (kg)

W<sub>d</sub> = peso seco al horno del espécimen, (kg).

**9.2 Contenido de humedad:** Calcular el contenido de humedad como sigue:

$$\text{Contenido de humedad, \% de absorción total} = [(W_r - W_d) / (W_s - W_d)] \times 100 \quad (2)$$

donde:

W<sub>r</sub> = peso recibido de la unidad, (kg),

W<sub>d</sub> = peso seco al horno de la unidad, (kg), y

W<sub>s</sub> = peso saturado de la unidad, (kg)

donde:

$P_{max}$  = carga de compresión máxima, N (Véase el apartado 6.4.3), y  
 $A_n$  = área neta promedio del espécimen,  $mm^2$  (Véase el apartado 9.4)

**9.6.2 Esfuerzo de compresión del área bruta:** Calcular el esfuerzo de compresión del área bruta del espécimen como sigue:

$$\text{Esfuerzo de compresión del área bruta, MPa} = P_{max} / A_g \quad (8)$$

donde:

$P_{max}$  = carga, (N), y  
 $A_g$  = área bruta del espécimen,  $mm^2$

**9.6.3 Resistencia a la compresión del área neta corregida para especímenes cortados de muros de contención:** Multiplique la fuerza de compresión del área neta calculada de cada espécimen por el factor de corrección de la relación altura a espesor de la tabla 1.

**9.7 Espesor equivalente del tabique:** El espesor equivalente del tabique de cada unidad es igual a la suma de los espesores medidos de todos los tabiques en la unidad multiplicada por 12 y dividida por la longitud de la unidad.

NOTA 7: El espesor equivalente del tabique no se aplica a la porción de la unidad que se llenará con lechada. La longitud de esa porción se debe deducir de la longitud total de la unidad.

**9.8 Espesor equivalente:** El espesor equivalente para la albañilería de concreto se define como el espesor promedio del material sólido en la unidad y se calcula como sigue:

$$T_e, \text{ mm} = [ V_n / (L \times H) ] \quad (9)$$

donde:

$T_e$  = espesor equivalente, mm,  
 $V_n$  = volumen neto promedio de unidades enteras,  $mm^3$ ,  
 $L$  = longitud promedio de las unidades enteras, mm, y  
 $H$  = altura promedio de las unidades enteras, mm.

**10. INFORME**

10.1 Un informe completo incluirá lo siguiente:

10.1.1 La resistencia a la compresión del área bruta con aproximación a las 0,1 MPa por separado para cada espécimen y como el promedio para de especímenes según lo determinado por el apartado 9.6.1.

a) Para las unidades segmentadas de muros, reportar la resistencia a la compresión con aproximación a 0,1 MPa, la relación altura espesor, y la resistencia a la compresión corregida por separado para cada espécimen según lo determinado por el apartado 9.6. También, reportar la resistencia a la compresión del promedio corregida para el conjunto de tres especímenes.

10.1.2 La absorción y la densidad resultante por separado para cada unidad y como el promedio para las tres unidades según lo determinado por los apartados 9.1 y 9.3. También, en caso sea necesario, reportar la razón de la reducción de medida de los especímenes utilizados en el ensayo de absorción.

10.1.3 El ancho, la altura, y la longitud promedios de cada espécimen según lo determinado por el apartado 6.3.2.

10.1.4 El espesor mínimo de la pared lateral del bloque como promedio de las medidas en cada uno de los tres especímenes según lo determinado en el apartado 6.3.2.

10.1.5 El espesor mínimo del tabique como promedio del espesor mínimo del tabique registrado para cada uno de tres especímenes según lo determinado en el apartado 6.3.2.

10.1.6 El espesor equivalente del tabique como promedio de tres especímenes según lo determinado por el apartado 9.7.

Panel fotográfico







