




# Influence of The Addition of Steel Chips on the Compression Resistance of Artisan Bricks in Masonry Prisms

Hernandez-Rodriguez Jasmin Yahira Br.<sup>1</sup>, Vaca-Rodriguez John Jorginho Br.<sup>2</sup>, Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, [N00091342@upn.pe](mailto:N00091342@upn.pe), [german.sagastegui@upn.edu.pe](mailto:german.sagastegui@upn.edu.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, [N00153930@upn.pe](mailto:N00153930@upn.pe)

*This research aims to determine the influence of the addition of steel shavings (VA) on the compressive strength of artisan bricks in masonry prisms, for which 30 prisms were made, each prism made up of three bricks and a 1.5 joint. cm, 6 of these for each percentage that was 0%, 5%, 10%, 15% and 20% addition of steel chips. The research is experimental and according to its nature it is quantitative. The results indicate that for an addition of 15% (V.A.), the compressive strength in brick units increases and is optimal, resulting in 74.31 kg/cm<sup>2</sup>, unlike the standard brick, which is 54.33 kg/cm<sup>2</sup>; In prisms the same thing happens for an addition of 15% (V.A.) the compressive strength reaches 49.30 kg/cm<sup>2</sup> unlike the standard prism which is 23.88 kg/cm<sup>2</sup>, however, if the resistances are added to more than this percentage they start to go down. It was concluded that the influence of the addition of (V.A.) in handmade bricks and masonry prisms has a positive influence, improving this property by 206.44% with respect to the standard prisms, but up to 15% of addition of (V.A.).*

**Keywords:** *Compressive Strength, Steel Chips (V.A.), Prisms and influence.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Influencia de la adición de viruta de acero en la resistencia a compresión en ladrillos artesanales en prismas de albañilería

Hernandez-Rodriguez Jasmin Yahira Br.<sup>1</sup>, Vaca-Rodriguez John Jorginho Br.<sup>2</sup>, Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, [N00091342@upn.pe](mailto:N00091342@upn.pe), [german.sagastegui@upn.edu.pe](mailto:german.sagastegui@upn.edu.pe)

<sup>2</sup>Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, [N00153930@upn.pe](mailto:N00153930@upn.pe)

**Resumen**– Esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la adición de viruta de acero (V.A.) en la resistencia a compresión de ladrillos artesanales en prismas de albañilería, por lo que se elaboraron 30 prismas, cada prisma conformado por tres ladrillos y una junta de 1.5cm, 6 de estos por cada porcentaje que fue de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de adición de viruta de acero. La investigación es experimental y según su naturaleza es cuantitativa. Los resultados indican que para una adición de 15% (V.A.), la resistencia a compresión en unidades de ladrillos aumenta y es óptima, teniendo como resultado un 74.31 kg/cm<sup>2</sup> a diferencia del ladrillo patrón que es de 54.33 kg/cm<sup>2</sup>; en prismas sucede lo mismo para una adición de 15% (V.A.) la resistencia a compresión llega a 49.30 kg/cm<sup>2</sup> a diferencia del prisma patrón que es de 23.88 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, si se adiciona a más de este porcentaje las resistencias empiezan a bajar. Se llegó a la conclusión que la influencia de la adición de (V.A.) en ladrillos artesanales y prismas de albañilería influye positivamente mejorando esta propiedad en un 206.44 % con respecto a los prismas patrón, pero hasta el 15% de adición de (V.A.).

**Palabras clave:** Resistencia a Compresión, Viruta de Acero (V.A.), Prismas y influencia.

*This research aims to determine the influence of the addition of steel shavings (VA) on the compressive strength of artisan bricks in masonry prisms, for which 30 prisms were made, each prism made up of three bricks and a 1.5 joint. cm, 6 of these for each percentage that was 0%, 5%, 10%, 15% and 20% addition of steel chips. The research is experimental and according to its nature it is quantitative. The results indicate that for an addition of 15% (V.A.), the compressive strength in brick units increases and is optimal, resulting in 74.31 kg/cm<sup>2</sup>, unlike the standard brick, which is 54.33 kg/cm<sup>2</sup>; In prisms the same thing happens for an addition of 15% (V.A.) the compressive strength reaches 49.30 kg/cm<sup>2</sup> unlike the standard prism which is 23.88 kg/cm<sup>2</sup>, however, if the resistances are added to more than this percentage they start to go down. It was concluded that the influence of the addition of (V.A.) in handmade bricks and masonry prisms has a positive influence, improving this property by 206.44% with respect to the standard prisms, but up to 15% of addition of (V.A.).*

**Keywords:** Compressive Strength, Steel Chips (V.A.), Prisms and Influence.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crecimiento de la población en las ciudades es exponencial, debido a ello surge la necesidad de buscar un techo donde puedan vivir, es ahí donde surgen las llamadas “invasiones de terrenos”, estas invasiones se dan en lugares que no son apropiados para la construcción de viviendas, y si son apropiados, dichas viviendas son autoconstruidas de manera informal, muchas veces por personal obrero que no tiene la capacitación técnica suficiente como para llevar a cabo estas construcciones. [14] mencionan que las ciudades latinoamericanas tienen una acelerada expansión, que la cual es percibida como un crecimiento desmedido y descontrolado que generan ciudades duales donde coexiste una ciudad informal y ciudad formal.

Tendremos que tener en cuenta que la informalidad no solo trae consigo problemas estructurales en las edificaciones que son construidas de esta manera, sino que también trae consigo problemas de salud para sus habitantes. [8] menciona que, en México, existe la vivienda precaria de autoconstrucción que se ubica en asentamientos periurbanos, y que habita un 38.4% de población urbana de este país, en donde se presenta condiciones técnico-constructivas que ayudan a un desgaste en la salud familiar.

El aumento de población en las ciudades de Latinoamérica y la necesidad de obtener un techo donde vivir, para esa población, siempre fue un problema que aún no se ha podido resolver, tal es el caso de Colombia que su déficit de vivienda ha disminuido poco o nada desde 1997 [2]. Los pobladores al no recibir indicaciones formales por parte del gobierno para construir viviendas seguras y dignas se ven en la obligación de realizar autoconstrucciones, que en muchas ocasiones carecen de opiniones técnicas en su estructuración y proceso constructivo, lo cual los vuelve vulnerable al momento de resistir solicitaciones sísmicas y de gravedad, estas viviendas en su mayoría no cumplen con lo estipulado en las normas de cada país.

En Perú el crecimiento económico ha tenido un aumento elocuente en la última década, lo cual va de la mano con la movilización de masas de personas hacia las ciudades en busca de una mejor calidad de vida y un futuro prometedor para su descendencia, es por eso que la población de las ciudades de este país ha aumentado considerablemente en los últimos años,

pero así como a aumentado la población también tuvo un crecimiento el número de viviendas, dichas viviendas de los inmigrantes en su mayoría son autoconstruidas, las cuales sus estructuras no cumplen con los indicado en nuestras normas como la E0 30, E0 20 y E0 70. [17] Afirman que las viviendas asentadas en las barriadas de las ciudades de nuestro país son gestadas a través de la autoconstrucción, lo que genera a las familias peruanas un proceso de construcción de sus viviendas que son costosos y lentos, y que dejan resultados deficitarios.

En la ciudad de Trujillo, el aumento de la población ha sido muy significativo en los últimos 20 años, los lugares preferidos por la gente que a inmigrado son los asentamientos humanos tales como Alto Trujillo, en donde se ha podido ver un aumento de viviendas precarias que son autoconstruidas por mano de obra no calificada (MONC) y que brindan poco o nada de seguridad a sus habitantes. En la ciudad de Trujillo se ha generado un boom inmobiliario en los últimos años, siendo el 60% de construcciones informales [6]. En dichas viviendas autoconstruidas existen tres grandes deficiencias que hacen que no sean seguras ante cualquier fenómeno natural que atente contra la integridad de la estructura, dichas deficiencias son: Calidad de materiales, Proceso constructivo y distribución de ambientes de la vivienda. Uno de los materiales más importantes en la construcción de las viviendas es el ladrillo, pues este debe reunir las condiciones necesarias e indicadas en la norma E070 para poder cumplir con su función de formar muros junto con el mortero, como componente adherible, para poder resistir diferentes sollicitaciones, en las autoconstrucciones mayormente se usa el ladrillo artesanal, el cual no reúne las características para uso en la construcción de vivienda, pero también existen autoconstrucciones que usan el ladrillo industrial, el cual reúne las características que se requiere en la norma para obtener construcciones de calidad, pero que por el deficiente conocimiento del proceso constructivo, este ladrillo no cumple con su función. Para tener un buen proceso constructivo debemos de echar un vistazo a la norma E0 70, la cual es la indicada para un sistema de albañilería confinada, en este sistema el principal elemento que es el llamado a resistir sollicitaciones son los muros, los cuales para su construcción deben de seguir parámetros como que en una jornada laboral no se debe de construir más de 1.30 m de altura, las juntas de mortero horizontales deben de tener un espesor de 1.5 cm como máximo y como mínimo 1cm, ante ello debemos cuestionarnos lo siguiente ¿Cumplimos lo que nos indica la norma acerca de la construcción de viviendas de albañilería confinada?. Sabemos que el problema de la autoconstrucción es difícil de erradicar, por lo que se seguirá construyendo con materiales que no cumplen con lo indicado en la norma, dentro de la autoconstrucción tenemos a uno de los materiales que van de la mano con la informalidad, el cual es “el ladrillo artesanal”.

El sistema de albañilería confinada es definido como un conjunto de unidades de arcilla trabadas y adheridas entre sí por un material de pega como el mortero [3]. Dicho conjunto de unidades adheridas entre sí, puede formar muros que son capaces de resistir grandes cargas de gravedad y laterales,

siempre y cuando los elementos que componen al muro hayan pasado por diferentes estándares de calidad donde garanticen que cumplirán su función estructural, así mismo para tener una buena respuesta estructural se debe tener en cuenta el proceso constructivo, que influye en gran proporción, en el cumplimiento a cabalidad de una respuesta estructural aceptable en estructuras que son construidas con el sistema de albañilería confinada.

#### *Unidad de Albañilería*

La unidad de albañilería es un componente importante para la construcción. Se elabora de materias primas como la arcilla, el concreto, cemento y la cal. Se forma mediante el moldeo, elaborados con diferentes métodos de compactación [4]. De acuerdo a sus dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques [16].

#### *Unidad Artesanal*

El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad. Son unidades fabricados utilizando solo recursos humanos; generalmente tienen dimensiones no muy uniformes. Se deberán sumergirse en agua por lo menos una hora antes del asentado. En términos generales no debe usarse ladrillos artesanales en edificaciones de más de un piso [15].

#### *Clasificación de la Unidad de Albañilería con Fines Estructurales*

Las unidades de albañilería se clasifican de acuerdo a su función que cumplen en una construcción.

#### *Ensayos de la Unidad de Albañilería*

Los ensayos que se deben de practicar a una unidad de albañilería son aquellas que nos brindan datos de las características y parámetros de cada propiedad de las unidades, dentro de las propiedades más importantes tenemos a la Resistencia a compresión, alabeo, variación dimensional, succión y absorción. El procedimiento para realizar estos ensayos, son detallados en la norma ASTM C 67 y la norma peruana NTP 399.613

#### *Prismas de Albañilería*

Son muestras compuestas por dos (2) o más unidades de ladrillos apiladas una sobre otra y con una junta de mortero definida. Para la elaboración y ensayo de resistencia a compresión de estas muestras se usó la norma peruana NTP 399.605.

#### *Viruta de Acero*

La viruta de acero es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral, que se extrae mediante el uso de brocas al realizar trabajos de cepillado, desbastado o

perforación en metales, considerados como un desecho en los talleres mecánicos y metalmecánicas [1].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Agregado Fino (Suelo)

El agregado fino (suelo) se extrajo de la cantera Conache, la cual se encuentra ubicada en el centro poblado de Conache, distrito de Laredo, provincia de Trujillo y departamento de La Libertad.

La materia prima es la arcilla, de la cual se tienen a las calcáreas y no calcáreas. Sin embargo, para tener un excelente producto (ladrillos) debemos usar aquellas arcillas que contengan una aproximación de más de 30% de limo y arena, siendo la arena un componente esencial para aminorar el impacto de la contracción en el secado de las unidades [4].

### B. Viruta de Acero (V.A.)

La viruta de acero es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral, que se extrae mediante el uso de brocas al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación en metales, considerados como un desecho en los talleres mecánicos y metalmecánicas [1].

Este compuesto se puede obtener a partir del cepillado de piezas mecánicas de los vehículos, a partir de la elaboración de elementos de metal como puertas, ventanas, pasamanos y de cualquier otro elemento que se haya fabricado a base de acero [1]. En la ciudad de Trujillo, la viruta de acero se produce en los tornos (lugar donde se perfila piezas mecánicas), en estos talleres la viruta de acero es prácticamente inservible por lo que tienden a venderlo en un precio mínimo.

En esta investigación se determina la influencia de la adición de V.A., en proporciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, en la resistencia a compresión para prismas de albañilería, que se encuentran formados por tres unidades de ladrillo por cada prisma.

### C. Ensayos para el Agregado Fino (Suelo).

Contenido de Humedad Natural (NTP 339.127) [9]: Un contenido de humedad de una muestra es la relación existente entre el peso del agua contenida en una masa determinada y el peso de las partículas sólidas de esta masa, expresada en porcentaje.

Ecuación N° 1 Contenido de Humedad

$$W\% = \left( \frac{W_w - W_s}{W_s} \right) * 100$$

Donde:

W%: Contenido total de humedad natural de la muestra.

Ww: Masa de la muestra húmeda original (gr).

Ws: Masa de la muestra seca (gr).

Análisis granulométrico (NTP 339.128) [10]: Se eligen aquellos tamices idóneos para realizar la granulometría en el suelo, siguiendo el siguiente procedimiento: se seca la muestra en el horno por 24 horas, lavado de la muestra, secado de la muestra y luego se ordena los tamices de mayor a menor (1/2", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 140, N° 200 y cazoleta), se coloca el material en los tamices y agitamos, pesamos el contenido retenido en cada uno de ellos.

Realizamos la curva granulométrica:

Ecuación N° 2 Calculo del módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. en los tamices } 1/2", 3/8", N^\circ 4, N^\circ 10, N^\circ 20, N^\circ 40, N^\circ 60, N^\circ 100}{100}$$

Límites de Consistencia del Suelo (NTP 339.129) [11]: Tenemos a dos (2) límites de consistencia que son el Límite Líquido y Límite Plástico. El primero es un contenido de humedad que se encuentra en el límite entre 2 estados que son el plástico y el líquido, y está expresado en porcentaje, siendo la copa de Casagrande una herramienta indispensable en este ensayo; el Límite plástico es un contenido de humedad que, está expresado en porcentaje, y que la muestra de suelo se encuentra en el límite entre 2 estados que son el plástico y el semisólido.

### D. Ensayos de propiedades de Unidades de Ladrillos

**Absorción (NTP 399.613 - ) [13]:** Es la relación que existe entre el peso del agua absorbida por el espécimen, después de haber sido sumergida por 24 hrs., sobre el peso seco del espécimen. Dicha fórmula para calcular es la siguiente:

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

Donde:

Wd: Peso seco del espécimen

Ws: Peso del espécimen saturado, después de la sumersión

**Variación Dimensional (NTP 399.613) [13]:** Son los cambios de medidas, en las diferentes dimensiones del ladrillo, existentes en un ladrillo después de haberlos elaborado y con respecto de las medidas estándar. La fórmula para calcular es la siguiente:

$$\%VD = \frac{M_t - M_p}{M_t} * 100$$

Donde:

Mt: Medida Teórica (cm)

Mp: Medida Promedio (cm)

%VD: Variación Dimensional (%)

Alabeo (NTP 399.613) [13]: El alabeo es la distorsión que sufre el ladrillo tomando una forma de curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes, pudiendo tener dos tipos como cóncava y convexa. la concavidad se realizó colocando, el lado de menor inercia de la regla en diagonal sobre una de las caras de mayor área del espécimen, para luego medir la distancia en un punto donde se generaba una flecha máxima.

Succión (NTP 399.613) [13]: Es la capacidad de un espécimen de absorber agua en un determinado tiempo, en este caso en un minuto. Se empezará con el secado de los especímenes, pasando a calcular el área, en un recipiente nivelado con agua se colocará el espécimen hasta cubrir la base del espécimen por 1cm y se dejará por un minuto. Se calculará la succión por medio de la siguiente formula:

$$S\% = \frac{(P_h - P_s)}{A} * 100$$

Donde:

Ph: Peso húmedo (gr)

Ps: Peso seco (gr)

A: Área bruta (cm<sup>2</sup>)

S%: Succión (%)

En caso de que el área del espécimen difiere en más de ± 2.5% de 200 cm<sup>2</sup>, el peso será corregido con la ecuación indicada a continuación:

$$P_c = \frac{200 * (P_h - P_s)}{A}$$

Donde:

Ph: Corrección de pesos, sobre la base de 200 cm<sup>2</sup>

Ps: Peso seco (gr)

A: Área bruta (cm<sup>2</sup>)

S%: Succión (%)

Resistencia a Compresión (NTP 399.613) [13]: Es la relación ente la máxima carga que se aplica sobre un área dada. A continuación, se muestra la fórmula para calcular esta resistencia y la fórmula para el cálculo de la resistencia característica promedio.

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

$$\sigma' = \sigma - \delta$$

Donde

$\sigma$ : resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

W: Máxima carga (kg)

A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto (cm<sup>2</sup>)

$\sigma'$ : Resistencia Característica a Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$\delta$ : Desviación estándar (kg/cm<sup>2</sup>)

## E. Elaboración de Unidades de Ladrillo y Prismas

Se inicio extrayendo la arcilla de una cantera conocida y de materiales de calidad, esta arcilla fue llevada a una ladrillera (lugar donde se elaboraron los ladrillos), ahí la arcilla se trituro por medio de mazos de goma (hasta dejarla en porciones pequeñas), se agrego agua a esta arcilla y se dejo macerar por tres (3) días, paso ese tiempo se mezclo la arcilla (con una pala) hasta obtener una mezcla uniforme, la masa total fue dividida en cantidades de manera que cada cantidad alcance para fabricar 20 ladrillos, la dosificación de la viruta de acero se realizó por los porcentajes indicados del peso seco de un ladrillo (previamente fabricado) es así que para una adición del 5 % de viruta de acero, se pesaba una unidad de ladrillo y el 5 % de ese peso debería ser de viruta de acero que servía para fabricar una unidad con adición de 5 % de viruta de acero y así para los demás porcentajes. Las unidades después de fabricadas fueron puestas a un lugar expuesto al sol por 20 días, pasado ese tiempo

se llevaron a un horno artesanal por un lapso de 7 días, pasado ese tiempo se retiraron del horno y se llevaron a un laboratorio para la elaboración de los prismas siguiendo lo indicado en NTP 399.605.

Las muestras se elaboraron en condiciones similares a las existentes en una construcción, en donde se usan estos ladrillos artesanales. Se apilaron tres ladrillos con una junta de mortero de 1.5 cm.

Las muestras son sometidas a la carga axial en la máquina indicada.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$\sigma$ : Resistencia a la compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>)

Pmax: Carga de rotura (kg)

A: Área de sección del espécimen (cm<sup>2</sup>)

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. ENSAYOS DE PROPIEDADES DEL SUELO

En tabla N° 1 se muestra el contenido de humedad del suelo a usar para la elaboración de las unidades de ladrillo

TABLA 1  
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL SUELO

DESCRIPCIÓN		Muestra 01	Muestra 02
Masa de Recipiente	gr	114.60	107.60
Masa de Recipiente + Suelo Húmedo	gr	1,425.30	1,236.70
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial	gr	1,298.25	1,136.63
Masa de Recipiente + Suelo Seco 02	gr	1,295.90	1,134.30
Masa de Recipiente + Suelo Seco Final	gr	1,295.90	1,134.30
Masa de Suelo Seco	gr	1,181.30	1,026.70
Masa de Agua	gr	129.40	102.40
Contenido de Humedad	%	10.95	9.97
Promedio de Contenido de Humedad	%	10.46	

En tabla N° 2 se muestra el cálculo del límite Líquido del suelo, en donde nos indica que es de 24.43%.

TABLA 2  
LÍMITE LÍQUIDO DEL SUELO ANALIZADO

Descripción		1	2	3
N° de golpes		15	26	38
Peso de Tara	gr	12.80	13.60	12.80
Peso de Tara + suelo húmedo	gr	34.30	35.30	33.90

Peso de Tara + suelo seco	gr	29.60	31.40	29.90
Peso de Agua	gr	4.70	3.90	4.00
Humedad (%)		27.98%	21.91%	23.39%
Limite Líquido		24.43%		

En tabla N° 3 se presenta que el límite Líquido es de 17.39%, el cual viene a ser el promedio del contenido de humedad existente en el suelo analizado.

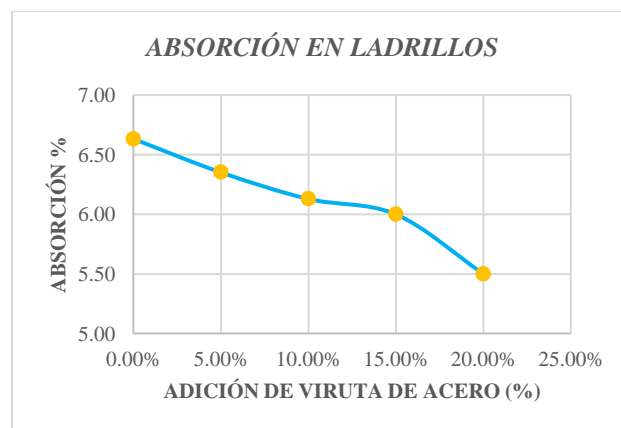
TABLA 3  
LÍMITE LÍQUIDO DEL SUELO ANALIZADO

Descripción		1	2
Peso de Tara	gr	12.70	14.40
Peso de Tara + suelo húmedo	gr	19.40	21.20
Peso de Tara + suelo seco	gr	18.40	20.20
Peso de Agua	gr	1.00	1.00
Humedad (%)		17.54%	17.24%
Limite Plastico		0.17	

#### B. ENSAYOS DE PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS

En la figura N° 1 se puede apreciar que la curva de absorción vs la adición de V.A. en % va en pendiente negativa

FIGURA 1  
CURVA DE ABSORCIÓN EN LAS UNIDADES DE LADRILLO



Las unidades de ladrillo cumplen con la Norma E070, según la tabla 1 del artículo 5 – párrafo 5.5 indica que en unidades de arcilla no tendrán una absorción mayor a 22 %.

En tabla N° 4 se presenta los resultados del ensayo de Variación Dimensional, de los ladrillos, en donde se puede apreciar que la mayor variación se ha dado en la altura, en una adición de V.A. de 15%.

TABLA 4  
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LAS UNIDADES DE LADRILLOS

VARIACIÓN DIMENSIONAL			
muestra	ancho %	altura %	largo %
0%	-1.83	-4.13	0.52
5%	0.67	-5.13	1.64
10%	1.95	-4.13	1.95
15%	-0.50	-6.50	1.14
20%	-0.08	-6.00	1.05

Las unidades de ladrillo cumplen con la Norma E070, según la tabla 1 del artículo 5 – párrafo 5.2 de dicha norma estos ladrillos clasifican como un Ladrillo tipo I.

En tabla N° 5 se presentan los promedios de la existencia de distorsión en las unidades, siendo una de las particularidades que en todos los ladrillos con un % de adición de V.A. presentaban deformaciones convexas y cóncavas.

TABLA 5  
ALABEO DE LAS UNIDADES DE LADRILLOS

Muestra	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Con V.A.	1.20	2.05
5% de V.A.	1.6	4.9
10% de V.A.	2.45	4.5
15% de V.A.	2.6	5.5
20% de V.A.	3.1	6.3

Las unidades de ladrillo cumplen con la Norma E070, según la tabla 1 del artículo 5 – párrafo 5.2, en general los ladrillos clasifican como ladrillos tipo III.

En tabla N° 6 se visualiza los resultados del ensayo de succión en las unidades de ladrillo, en donde se aprecia que aquellas unidades con una adición de un 20% de V.A son las que más tienen necesidad de absorber agua.

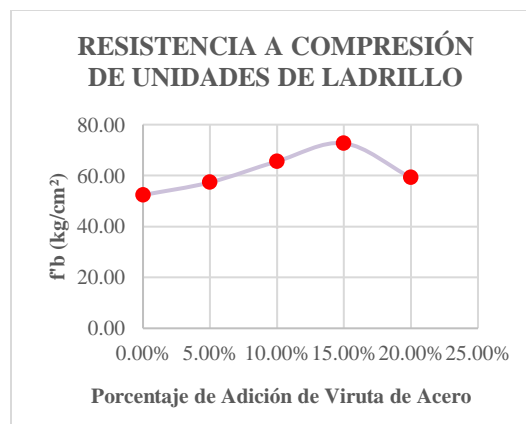
TABLA 6  
SUCCIÓN DE LAS UNIDADES DE LADRILLOS

SUCCIÓN DE LADRILLOS	
Muestra	Succión (gr/200cm <sup>2</sup> - min)
0.00%	51.87
5.00%	74.03
10.00%	85.59
15.00%	129.16
20.00%	151.22

Las unidades de ladrillo no cumplen con la Norma E070, según esta norma el máximo de succión que debe tener un ladrillo artesanal será de 20 g/200cm<sup>2</sup>/min.

En la figura N° 2 se puede apreciar la curva tiende a bajar cuando se adiciona más de 15% de viruta de acero

FIGURA 2  
CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LAS UNIDADES DE LADRILLO



Las unidades de ladrillo cumplen con la Norma E070, según la tabla 7 del artículo 13 – párrafo 13.9 de dicha norma se indica que la mínima resistencia a compresión de un ladrillo de arcilla será de 50 kg/cm<sup>2</sup>.

En tabla N° 8 se presentan los promedios de la resistencia corregida a compresión de los prismas por cada adición de % de V.A., en donde se aprecia que en un 15% de adición se presenta una mayor resistencia.

TABLA 7  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

Descripción de Muestra (%)	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00 %	23.88
5.00 %	33.14
10.00 %	40.73
15.00 %	49.30
20.00 %	42.51

Los prismas que cumplen con la Norma E070 son aquellos fabricados con unidades de ladrillo con adición de 10 %, 15 % y 20 % de viruta de acero, según la tabla 7 del artículo 13 – párrafo 13.9 de dicha norma se indica que la mínima resistencia a compresión de un prisma de albañilería de arcilla será de 35 kg/cm<sup>2</sup>.

#### IV. CONCLUSIONES

Mozo et al. (2015) [7] evaluó la adición de biosólido como componente de una pasta cerámica para la fabricación de ladrillos. Es una investigación con metodología experimental, llevado a cabo sobre las materias primas utilizadas: arcilla y biosólido. La arcilla proviene de una empresa ladrillera de Boyacá en Colombia; el biosólido corresponde a un subproducto proveniente de Bogotá. Se caracterizaron las materias primas en cuanto a composición química, fases mineralógicas, comportamiento térmico y características físicas. Luego se fabricaron ladrillos adicionando hasta un 15 % de inclusión de biosólido en estado seco, de dimensiones estándar según Norma Técnica Colombiana (NTC) 296 y cocidos a temperaturas de 950 °C, 1000 °C y 1050 °C. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión bajo los lineamientos de la NTC 4017, con el fin de evaluar el efecto para esta propiedad respecto a la cantidad porcentual de adición del biosólido. Llegando a la conclusión que todos los elementos cerámicos elaborados con las diferentes combinaciones de temperatura y biosólido cumplen con el requisito mínimo de resistencia a la compresión para ser clasificados como mampostería no estructural. Los elementos cocidos a 1000 °C y 1050 °C con los diferentes porcentajes de biosólido (0 %, 5 %, 10 % y 15 %) cumplen con los requerimientos de la norma para ser clasificados como mampostería estructural. Esta investigación ha demostrado que es posible obtener ladrillos que cumplan con estándares de calidad, siempre y cuando controlando el porcentaje de adición de biosólido y la temperatura de cocción. Por lo que en comparación con la presente investigación existe una coincidencia en que aquellos ladrillos fabricados con adiciones de un compuesto en porcentajes de 0 %, 5 %, 10 % y 15 % aumentan la resistencia a la compresión.

García y Sarmiento (2013) [5] observaron del comportamiento del concreto con adiciones de viruta de acero de 6 %, 8 % y 10 %, con respecto al agregado fino. La investigación es experimental, la población fue de 30 muestras patrón, 30 muestras con adición de 6 %, 30 muestras con adición de 8 % y 30 muestras con adición de 10 %. Los resultados a los 28 días fueron, para las muestras patrón fue de 22,51 MPa, para una adición de 6 % fue de 26,82 MPa, para una adición de 8 % fue de 31,79 MPa y para una adición de 10 % fue de 36,60 MPa. Concluyendo que para una adición de 10 % de viruta de acero, el concreto tiene su máxima resistencia a compresión, lo cual lo faculta como un porcentaje óptimo. La presente investigación es de gran aporte, pues indica que el porcentaje óptimo para mejorar un concreto, en cuanto a su resistencia, es de 10 % de adición de viruta de acero. Este aporte guiara a futuros investigadores a tener una noción de que cantidad de viruta de acero es la indicada, y que se tengan resultados aproximados en las hipótesis. En comparación con la presente investigación se concluye que, al adicionar viruta de acero a los ladrillos se aumenta la resistencia a la compresión.

En el parámetro de largo de las unidades de ladrillos, las que sufrieron una mayor variación en su dimensión (largo) fueron aquellas unidades con adición de 10 % de Viruta de Acero, se infiere que la viruta de acero ayudo a que el ladrillo se contrajera en su largo; en el ancho de los ladrillos la mayor variación dimensional que sufrieron las unidades fueron aquellas que se elaboraron con adición de 0 % de Viruta de Acero, se deduce que al adicionar viruta de acero se redujo la expansión de la medida en cuestión; en cuanto a la dimensión de altura, las unidades que mayor sufrieron variación en su dimensión son aquellas que se elaboraron con 15 % de adición de Viruta de Acero, esto debido a que las unidades de ladrillo son moldeadas en gaveras (moldes con la cara superior descubierta) por lo que no existe ningún impedimento para que el bloque se dilate en cuanto a su altura, y el acero también pudo ayudar a la dilatación.

En el alabeo de las unidades, el mayor se presentó en las unidades con adición de 20 % de viruta de acero en cuanto a la convexidad con 6,3 mm, para la concavidad el mayor alabeo se presentó en las unidades con adición de 20 % de viruta de acero en 3,1 mm. Los resultados muestran que el porcentaje adicionado de viruta de acero es lo que influye en esta propiedad física de las unidades.

La mayor absorción promedio se presentó en los ladrillos patrón con 6,63 % y la menor absorción promedio se presentó en las unidades con 20 % de adición de viruta de acero (V.A.) en 5,50 %. Estas unidades cumplen con lo establecido en la norma E.070 que indica que la absorción de las unidades de arcilla no será mayor a 22 %, por lo que podemos afirmar que todas las unidades con diferentes porcentajes de adición de V.A. cumplen con este requisito, puesto que las unidades patrón tiene una absorción promedio de 6,63 %, las unidades con 5 % de V.A. tienen una absorción de 6,35 %, las unidades con 10 % tienen una absorción de 6,13 %, las unidades con 15 % de V.A. tienen una absorción de 6 % y las unidades con 20 % de V.A. tienen una absorción de 5,50 %, este fenómeno se da debido a que en las unidades patrón existe una mayor cantidad de arcilla y por lo que absorbe más cantidad de agua.

Las unidades de ladrillos que tuvieron una mayor succión fueron aquellas que tenían una adición de Viruta de Acero (V.A.) de 20 % con 151,22 g/200cm<sup>2</sup>/min, las unidades con adición de 15 % (V.A.) con 129,16 g/200cm<sup>2</sup>/min, las unidades con adición de 10 % (V.A.) con 85,59 g/200cm<sup>2</sup>/min, las unidades con adición de 5 % (V.A.) con 74,03 g/200cm<sup>2</sup>/min, las unidades con adición de 0 % (V.A.) con 51,87 g/200cm<sup>2</sup>/min, todas estas unidades no cumplen con lo recomendado en la norma E.070 que menciona que máximo debe tener 20 g/200cm<sup>2</sup>/min, lo cual indicamos que estos ladrillos deben ser regados antes de su asentado en un muro con la finalidad de no absorber el agua del mortero y que este pueda llegar a tener un rápido endurecimiento.

El óptimo porcentaje, para la resistencia a compresión característica de las unidades de ladrillos es de 15 % de adición de viruta de acero con un 72,68 kg/cm<sup>2</sup>, el cual supera al de la muestra patrón que es de 52,35 kg/cm<sup>2</sup> en un 38,83 %. Así



mismo de resalta que para una adición de 20 % de viruta de acero la resistencia empieza a decaer, ante ello se infiere que, la viruta de acero ayuda a resistir a compresión hasta un cierto porcentaje de adición y que pasado ese porcentaje la viruta influye de manera negativa y que la curva de resistencia vs adición de viruta de acero (%) empieza a tener un comportamiento con pendiente negativa.

Los prismas elaborados con ladrillos con 0 % de adición de viruta de acero tienen una resistencia baja de 21,21 kg/cm<sup>2</sup> y no cumplen con la resistencia mínima de 35 kg/cm<sup>2</sup> indicada en la Norma Técnica E.070, aquellos prismas elaborados con ladrillos con adición de 5 % de viruta de acero aumentan su resistencia a 31,16 kg/cm<sup>2</sup> pero tampoco cumplen con la Norma Técnica E.070, los prismas elaborados con ladrillos con adición de 10 % de viruta de acero tienen una resistencia característica de 37,63 kg/cm<sup>2</sup> y cumplen con lo indicado en la Norma Técnica E.070, los prismas elaborados con ladrillos con adición de 15 % de viruta de acero tienen una resistencia característica de 48,10 kg/cm<sup>2</sup> y cumplen con la Norma Técnica E.070 y es un óptimo porcentaje para esta investigación, por último los prismas elaborados con ladrillos con adición de 20 % de viruta de acero tienen una resistencia de 41,45 kg/cm<sup>2</sup> y cumplen con lo señalado en la Norma Técnica E.070 pero no es un porcentaje óptimo ya que la resistencia es menor con respecto al de 15 % de adición.

#### AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor el Ing. German Sagastegui Vásquez, por la guía oportuna, constante e incondicional para poder terminar de manera exitosa este trabajo de investigación. La investigación nos abre las puertas a la innovación de mejorar la calidad de materiales usados en la construcción.

#### REFERENCIAS

[1] Alfaro, S., & Cuadra, E. (2020). Adición de viruta de acero y agregados de la cantera Milagro en el mejoramiento de las características mecánicas del concreto. Trujillo 2020. Trujillo: [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58077/Alfaro\\_HSP-Cuadra\\_LEV-SD.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58077/Alfaro_HSP-Cuadra_LEV-SD.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[2] Baena, A., & Olaya, C. (2013). Vivienda de Interés Social de calidad en Colombia: hacia una solución integral. *Sistemas & Telemática*, 11(24), 9-26. <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/4115/411534392001.pdf>

[3] Bartolomé R., Angel (1994). Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. [https://www.academia.edu/36271075/LIBRO\\_DE\\_ALBA%20C3%91ILERIA\\_ANGEL\\_SAN\\_BARTOLOME](https://www.academia.edu/36271075/LIBRO_DE_ALBA%20C3%91ILERIA_ANGEL_SAN_BARTOLOME)

[4] Gallegos, H; Casabonne, C. 2005. Albañilería estructural. Tercera edición. Lima, fondo editorial PUCP. 404 p.

[5] García Cordova, H. A. y Sarmiento Gutiérrez, J. E. (2013). Mejoramiento de un concreto de 3000 PSI con adición de viruta de acero con porcentajes de 6%, 8% y 10% respecto al agregado fino de la mezcla [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga]. Archivo digital. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/135>

[6] Gerencia de Desarrollo Urbano MPT (2015). El 60% de Construcciones en Trujillo es Informal. <http://enfoquesperu.com/el-60-de-construcciones-en-trujillo-es-informal/>

[7] Mozo, W., Gómez, A., y Camargo, G. (2015). Efecto de la adición de biosólido (seco) a una pasta cerámica sobre la resistencia mecánica de ladrillos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 61-78. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242015000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242015000200005)

[8] Mundo-Hernández, J. J., Díaz-Rojas, I., & Moreno-Tochihuitl, M. (2020). MODELO DE ADECUACIÓN DE VIVIENDA PRECARIA DE AUTOCONSTRUCCIÓN PERIURBANA Y SUS BENEFICIOS EN LA SALUD FAMILIAR. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 15(28). Recuperado://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/journal/4779/477963932001/477963932001.pdf

[9] NTP 339.127. (1998). SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima: INDECOPI. <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>

[10] NTP 339.128. (1999). SUELOS. Método de ensayo para el Análisis granulométrico. Lima: INDECOPI. <https://www.udocz.com/apuntes/26394/ntp-339-128-1999-suelos-metodo-de-ensayo-para-el-analisis-granulometrico>

[11] NTP 339.129. (1999). SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. Lima: INDECOPI. <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391291998-revisada-el-2019-limites-de-atterberg/34415129>

[12] NTP 399.605. (2003). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Lima: INDECOPI. <https://es.scribd.com/document/525659236/NTP-399-605-2003-Albanileria-Compresion-en-prisma>

[13] NTP 399.613. (2005). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima: INDECOPI. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-piura/materiales-de-construccion/ntp-399613-2005-disfruta/13633398>

[14] Pino Vásquez, A., & Ojeda Ledesma, L. (2013). Ciudad y hábitat informal: Las tomas de terreno y la autoconstrucción en las quebradas de Valparaíso. *Revista Invi*, 28(78), 109-140. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-83582013000200004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-83582013000200004&script=sci_arttext)

[15] Quispe, N. (2006). CONSTRUCCIONES II. Facultad de ingeniería de minas, geología y civil, (pág. 104).

[16] San Bartolomé, A., Quiun, D., y Silva, W., (2011) “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería”. Lima. Fondo Editorial PUCP.

[17] Schreier, C., Acevedo, A., & Seinfeld, C. (2017). Papel del estado frente a la autoconstrucción en el Perú, 1950-1968. *Paideia XXI*, 6(7), 219-241. <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/1610/1484>