

Unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento como alternativa para la construcción sostenible

Soil-cement masonry units as an alternative to sustainable construction

Rocío Durand Orellana^{1*}; Luis A. Benites Gutiérrez²

¹ Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú

² Departamento Académico de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú

* Autor correspondiente: rdurando@upao.edu.pe (R. Durand)

RESUMEN

Con este trabajo de investigación se presentan los resultados de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento de 7,5 x 13 x 23 cm en la ciudad de Trujillo; con el propósito que un nuevo material de construcción mejore las condiciones de confort, facilite los procedimientos constructivos, satisfaga la reglamentación al respecto y, fundamentalmente en su manufactura y obtención preserve el medio ambiente, ya que su fabricación requiere de un bajo nivel de energía y no cocción como el ladrillo artesanal e industrial. Se realizaron ensayos físicos-mecánicos para obtener propiedades como absorción de agua, densidad, dimensiones y resistencia a la compresión en laboratorio siguiendo los lineamientos de la norma E - 070, la norma E - 080 y afines. Los resultados se comparan con los datos establecidos en las normas antes mencionadas, por mencionar, la resistencia promedio a compresión fue de 74,78 kg/cm² con una dispersión de resultados de 11,61%; este valor supera el 36% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales de acuerdo a la norma E - 070 (50 kg/cm²). Por lo tanto, se logró determinar que las unidades de albañilería poseen propiedades semejantes con las de albañilería industrial.

Palabras clave: unidades de albañilería, ensayos físicos-mecánicos.

ABSTRACT

With this work of research is presented the results of them properties Physicomechanical of them units of masonry made with soil of 7,5 x 13 x 23 cm in the city of Trujillo; in order that a new building material to improve the conditions of comfort, facilitates the construction procedures, satisfies the regulations in this regard, and in its manufacturing and obtaining preserve the environment, since their manufacture requires a low level of energy and not cooking as artisanal and industrial brick. Físicos-mecánicos trials were conducted to obtain properties as absorption of water, density, dimensions and compressive strength in laboratory following the guidelines of the standard E - 070, E - 080 standard and related. The results are compared with the data established in the rules mentioned above, mention, the average compressive strength was 74,78 kg/cm² with a scattering of results of 11,61%; this value exceeds the 36% to the resistance minimum required for bricks of clay King Kong handmade according to the standard E - 070 (50 kg / cm²). Therefore, is managed to determine that the units of masonry have properties like with them of masonry industrial.

Keywords: units of masonry, trials físicos-mecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de este tipo de unidad de albañilería responde a las necesidades de reemplazar aquellos ladrillos de arcilla cocidos artesanalmente que se utilizan en la construcción de obras civiles principalmente en viviendas unifamiliares, bifamiliares o multifamiliares, por los bajos costos del material y que no cumplen con la normatividad vigente, y disminuir el impacto ambiental provocado en su elaboración que trae consigo la depredación del suelo muchas veces provenientes de cultivos agrícolas y contaminación ambiental, como una alternativa para la construcción sostenible integradas con políticas ambientales de Salud; ya que como referencia se cuenta con el informe del Programa Regional Aire Limpio y Ministerio de la Producción (2012),

en el Estudio del diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú; para la producción de 20 millares de ladrillos su utiliza: 1 camionada de aserrín, 5 llantas y 1 tonelada de carbón, según el Programa regional de aire limpio y el ministerio de la producción.

Además, en el sector ladrillero es importante considerar la coyuntura actual de crecimiento de la construcción, ante lo cual se pueden presentar períodos de gran demanda ocasionando un incremento en el volumen de producción que puede contribuir a optimizar la operación de los hornos y el aprovechamiento de calor residual, pero a la vez puede incrementar la operación de motores durante períodos de horas punta. (Ministerio de Energía y minas. 2008. Guía N° 8: Orientación de Uso Eficiente de la energía y de diagnóstico energético.)

Se realizó el estudio experimental de la mezcla de los materiales suelo y cemento para conocer las características físicas y mecánicas de esta nueva unidad de albañilería, aplicando los ensayos necesarios para conocer su resistencia mecánica a la compresión y a la flexión, bajo las normas técnicas de albañilería, como la NTP 339.089. Obtención En Laboratorio De Muestras Representativas (Cuarteo), la NTP 399.613 Unidades de Albañilería. Métodos y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería, entre otras relacionadas.

Es necesario mencionar que la dosificación de 1:5:0,5 fue considerada de investigaciones realizadas en España (López, 2008) y teniendo en cuenta que la cantidad de agua añadida sea lo más cercana posible al contenido óptimo de humedad de la mezcla ya que es clave para el buen desarrollo. De hecho, cualquier variación en este dato tiene gran repercusión en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería (Cabo, 2011).

Durante su vida útil, las construcciones de albañilería están sujetas a la acción de esfuerzos estáticos y dinámicos propios de la zona sísmica de nuestro país, y que generan algunos daños estructurales (Gallegos, 2005).

Si la calidad no es adecuada, pone en peligro a sus ocupantes, y el fracturamiento de las unidades de albañilería presentes en las construcciones influye en un aumento de su vulnerabilidad. Adicionalmente, se determinó también el porcentaje de alabeo y absorción de esta nueva unidad de albañilería (RNE E – 070 y RNE E – 0.80).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Objeto de estudio

La muestra del estudio proviene del distrito de Huanchaco, Centro Poblado El Milagro, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad.

En la ciudad de Trujillo se encuentran aproximadamente 27 ladrilleras artesanales (Fuente: Dirección Regional De Producción La Libertad – Sub dirección de industrias). Todas estas ladrilleras son informales y carecen de conocimientos formales sobre el proceso de producción, comercialización y gestión del negocio; por lo tanto no pueden ofrecer un certificado de calidad por el producto que elaboran.

2.2. Equipos e instrumentos

Se realizaron ensayos a la muestra para el estudio empleando suelo de la cantera “5 G” del distrito de El Milagro. La toma de la muestra se hizo mediante un muestreo sistemático por el método de cuarteos sucesivos hasta obtener 5 kg, para realizar los ensayos de caracterización física de la muestra desde el punto de vista de: clasificación granulométrica, medidas de plasticidad por el método de los límites de Atterberg, y clasificación del porcentaje de arcillas y limos por el método de análisis granulométrico por medio de hidrómetro.



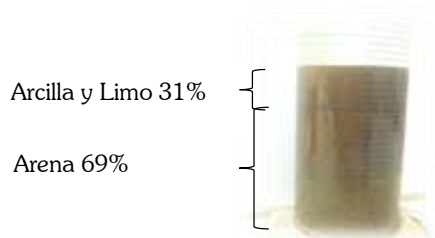


Figura 1. Clasificación del porcentaje de arcillas y limos por el método de análisis granulométrico por medio de hidrómetro.

Del ensayo correspondiente se obtuvo: de arenas (69%) y de limos y arcillas (31%), dichos rangos se encuentran establecidos y recomendados por otras investigaciones similares, que son para arena del 60 al 80 % y de limos y arcillas entre el 20 y 40%.

Con respecto al cemento, considerado este material como influyente en la resistencia de la unidad de albañilería, se ha considerado un 20% del peso total; por la tanto se concluye con un diseño de mezcla para un m³ de material suelo-cemento:

Tabla 1. Diseño de mezclas.

MATERIALES		
CEMENTO	SUELO	ARENA FINA
1	5	0,5

Además para evitar problemas de fisuración por contracción de secado se consideró añadir un 5% de arena fina, y el porcentaje de agua es aproximadamente 0,65 L/bolsa, como esta cantidad exacta es difícil de manejarla en campo mediante un sencillo ensayo de campo conocido como la "prueba de la muñeca", se determina, en forma práctica, la humedad óptima de la mezcla:

Se toma un puñado de tierra humedecida y se aprieta con la mano.

Se deja caer desde la altura de 1 metro.

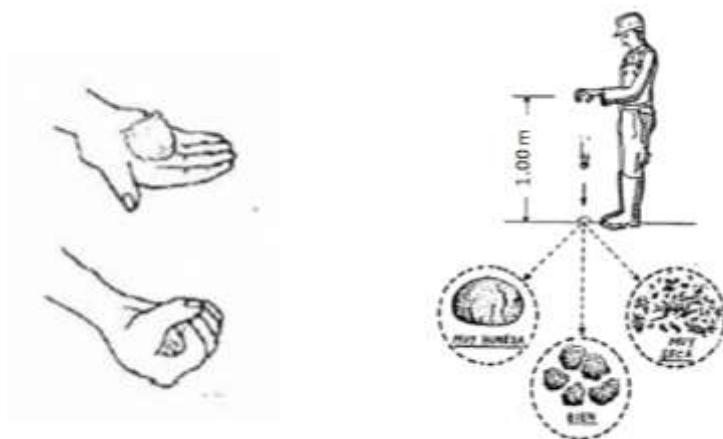


Figura 2. Prueba de humedad óptima

El resultado de la observación puede determinar las siguientes situaciones:

- La mezcla no se rompe y, al caer, se aplasta, dejando parte de la mezcla pegada en la mano, hay “Exceso de agua”.
- La mezcla se desintegra, en una cantidad considerable de terrones, semejante a la mezcla original, “La

humedad es óptima”.

- La mezcla se desmorona sin conservar la forma de la mano, hay “Insuficiencia de Agua”.

Una vez lista la preparación de la muestra de estudio se procedió a realizar la unidad de albañilería con una máquina CINVA-RAM modificada de compresión (ver Fig. 3), una herramienta muy práctica y de fácil manejo.



Figura 3. CINVA RAM modificada, prensa para fabricar bloque de construcción, empleando suelo y cemento.

La prensa está totalmente fabricada de acero, tiene una caja de molde en la cual un pistón operado a mano, comprime una mezcla de suelo y cemento ligeramente húmedo.

Esta máquina compactadora es un equipo portátil fabricado en Trujillo e instalado mediante pernos sobre una base de madera simple en las instalaciones de la Universidad Privada Antenor Orrego. Este aparato metálico es de funcionamiento manual. El molde presenta la sección transversal de la unidad de albañilería, mientras que la tapa superior es giratoria en su plano y fija verticalmente. La base es una plancha de metal. La presión se ejerce sobre la base metálica de abajo hacia arriba, accionando manualmente una palanca que desplaza verticalmente a la unidad de albañilería, el cual reacciona contra la tapa.

Una vez preparada la mezcla húmeda, realizada al instante en que se fabrica la unidad de albañilería, se limpia el molde la máquina CINVA RAM MODIFICADA, colocando un poco de arena fina para facilitar posteriormente la extracción de la unidad y con una pala se deposita la mezcla en el molde, para luego enrasarla con una varilla y cerrar la tapa. Posteriormente, se levanta la palanca para ejercer presión sobre la base metálica, desplazándose verticalmente la unidad de albañilería hacia arriba reaccionando contra la tapa. Para desmoldar, se abre la tapa girándola horizontalmente y se acciona la palanca en sentido contrario, luego se lleva la unidad de albañilería al lugar donde tendrá su curado y acopio colocándolo de canto.



Figura 4. Proceso de elaboración de la unidad de albañilería suelo-cemento.

El rendimiento observado en la fabricación de las unidades de albañilería, trabajando con 2 hombres (1 preparando la mezcla y 1 fabricando la unidad de albañilería), fue de 1 unidad de albañilería cada 4 minutos. En total se fabricaron 150 unidades de albañilería.



Figura 5. Curado y acopio de las unidades.

Debido a su poca humedad, pudo observarse que a los 14 días estaban superficialmente secos. Al igual que las piezas moldeadas en cemento u hormigón, durante las primeras 24 horas de su fabricación se controló que no se produzcan pérdidas bruscas de humedad.

Para el proceso de curado se humedecieron con una regadera hasta los 8 días de edad.

Las unidades de albañilería se dejaron secar 28 días a una temperatura ambiente normal bajo sombra.

Las dimensiones de la unidad de suelo-cemento tienen como base las medidas del ladrillo artesanal King Kong 9 x 13 x 24 cm, pero hemos variado la altura para facilitar su maniobrabilidad, quedando las mismas con las siguientes dimensiones 7,5 x 13 x 23 cm.

La unidad de albañilería suelo-cemento es una unidad sólida y compacta, que no presenta ningún tipo de orificio en ninguna cara de su cuerpo.

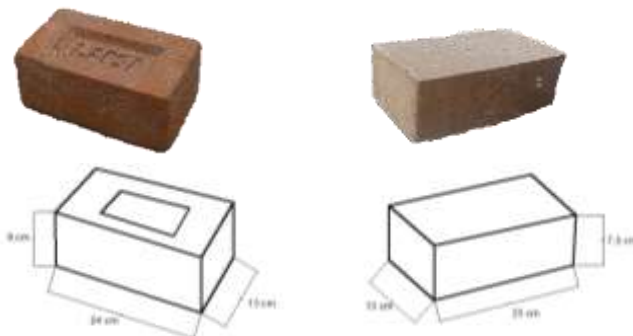
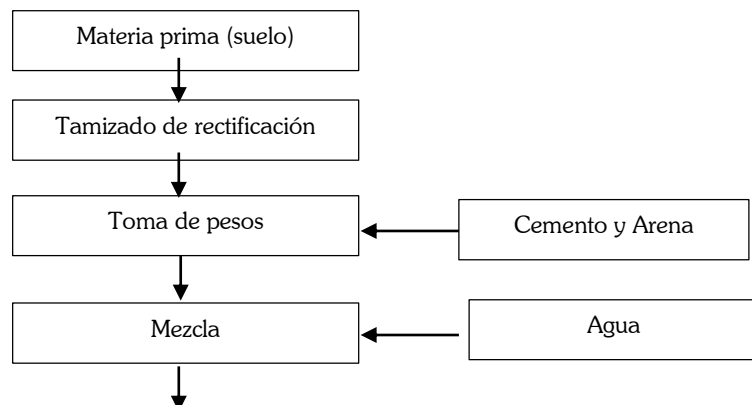


Figura 6. Ladrillo KK Artesanal (Izquierda) y Ladrillo Suelo – Cemento (Derecha)

2.3. Procedimiento experimental



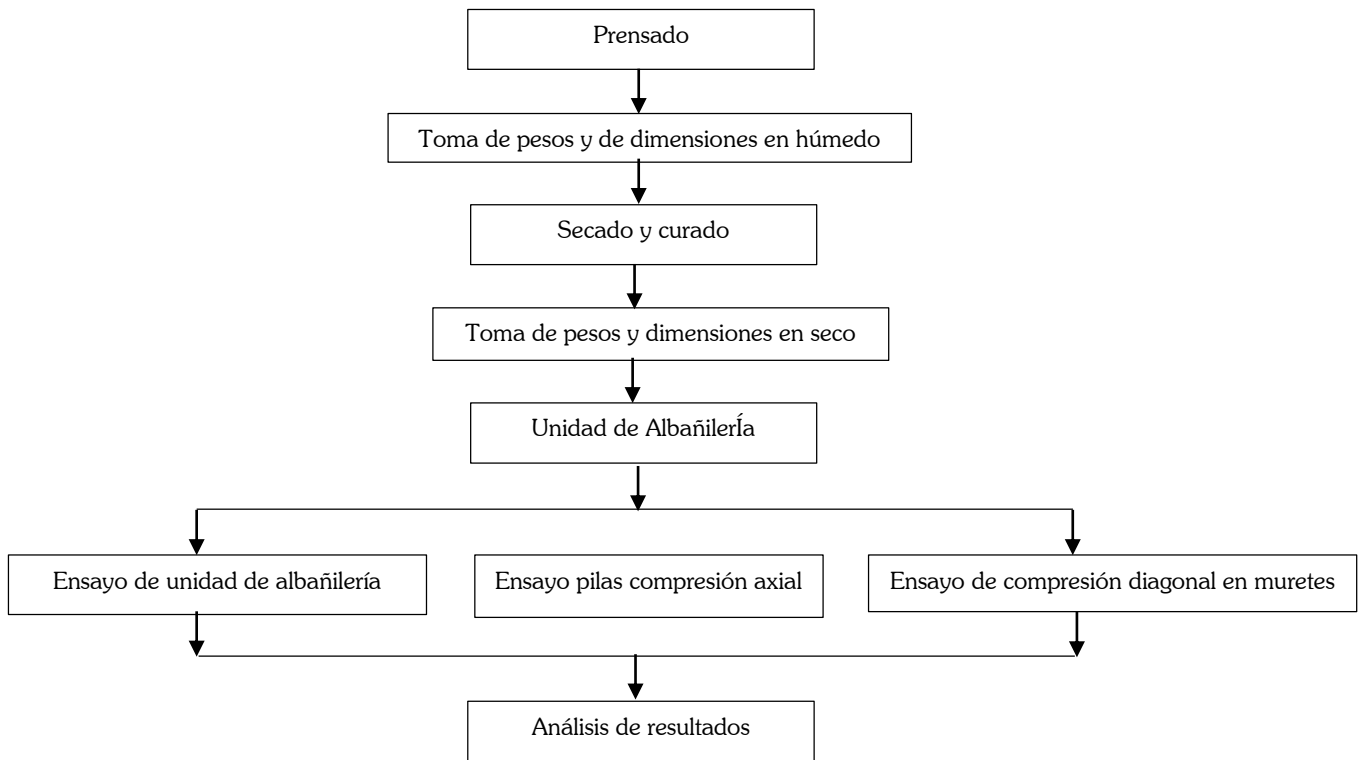


Figura 7. Procedimiento Experimental para evaluar la unidad de albañilería

2.4. Ensayos de laboratorio y campo

Ensayo de Unidades de Albañilería

En total se ensayaron 30 unidades de albañilería a variación de dimensiones, alabeo, succión y absorción, mientras que a compresión se ensayaron 5 unidades.

2.4.1. Variación de Dimensiones y Alabeo

Para ambos ensayos se tomaron como muestra 10 unidades. En el primero se midió cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm, cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.

En el segundo ensayo se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo. Posteriormente se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido (Figura 8).



Figura 8. Medición de las unidades de suelo-cemento

En la siguiente tabla se presentan los resultados promedios y la dispersión de los mismos obtenidos en las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo según las NTP 399.613 y 399.604. Además se observa que los bloques presentan dimensiones que varían ligeramente respecto a las dimensiones nominales (Tabla 3), en menos de 0.7%; así mismo, su alabeo es bajo al igual que la dispersión de resultados respectiva.

Tabla 2. Variación de dimensiones y Alabeo

Variación de Dimensiones y Alabeo de Bloques Suelo Cemento					
	Variación de Dimensiones (VD)			Alabeo	
	Promedio (mm)	Nominal (mm)	VD (%)	Promedio (mm)	Dispersión
Largo	229,2	230	- 0,35%	1	37,0%
Ancho	129,2	130	- 0,62%		
Altura	75,1	75	0,13%		

2.4.2 Absorción

Para este ensayo se tomaron como muestra tres unidades, siguiendo el procedimiento establecido por la NTP 399.604 y 399.613.

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C +/- 5°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso.

NOTA.- Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua destilada, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h, asegurando que la temperatura del baño esté comprendida entre 15°C y 30°C (Figura 9). Transcurrido el lapso indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan.



Figura 9. Unidades colocadas en horno

Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extraen del recipiente.

Finalmente, los bloques pasaron la prueba de absorción ya que el porcentaje obtenido de 11,52% es menor al establecido por la norma E - 070 (22%). De esta manera, no es necesario proteger a los muros del agua.

En la siguiente tabla mostramos los resultados con el contenido de agua absorbida:

Tabla 3. Absorción de Unidades Suelo Cemento.

Absorción de Unidades Suelo Cemento				
Unidad	Espécimen Seco (g)	Espécimen Saturado (g)	Contenido de Agua (%)	Promedio (%)
1	4145	4690	11,62%	
2	3985	4495	11,35%	11,52%
3	4160	4705	11,58%	

2.4.3 Resistencia a la Compresión

Características de los especímenes

Bajo la normatividad de la NTP 399.613 se realizaron los métodos de muestreo y ensayos; para todos los especímenes de albañilería con la unidad de albañilería prensada.

Las juntas horizontales de mortero tuvieron un espesor de 1 a 1,5 cm. Este mortero constituido por cemento, cal y arena, tuvo las siguientes proporciones volumétricas 1:0,5:4 respectivamente.

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más hiladas de unidades enteras (ladrillos o bloques) asentadas una sobre el otro mediante mortero, con una altura total que no debe ser excesiva a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte dentro del laboratorio.

Estas pilas, con una edad nominal de 28 días, se ensayan a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de un edificio, así como para controlar la calidad de la construcción de la albañilería. Sin embargo, la resistencia a compresión axial de las pilas (f'm) depende de la relación altura-espesor o esbeltez).

Para definir la altura de las pilas de albañilería, se consideró la facilidad constructiva empleando un número entero de unidades (entre 2 y 5 unidades), el almacenaje en obra, la maniobrabilidad en el laboratorio e instalarlas en la máquina de ensayos. Así, por ejemplo, se descartaron las pilas de 4 y 5 hiladas por ser grandes, pesadas y no caber en la máquina de compresión. Considerando los puntos mencionados, las pilas hechas con unidades de albañilería suelo cemento se construyeron de 2 y 3 hiladas.



Figura 10. Pilas de albañilería sujeta compresión axial

En total se construyeron dos grupos de 5 pilas, de tres y dos hiladas cada uno, de acuerdo a las especificaciones indicadas en la Figura 11.

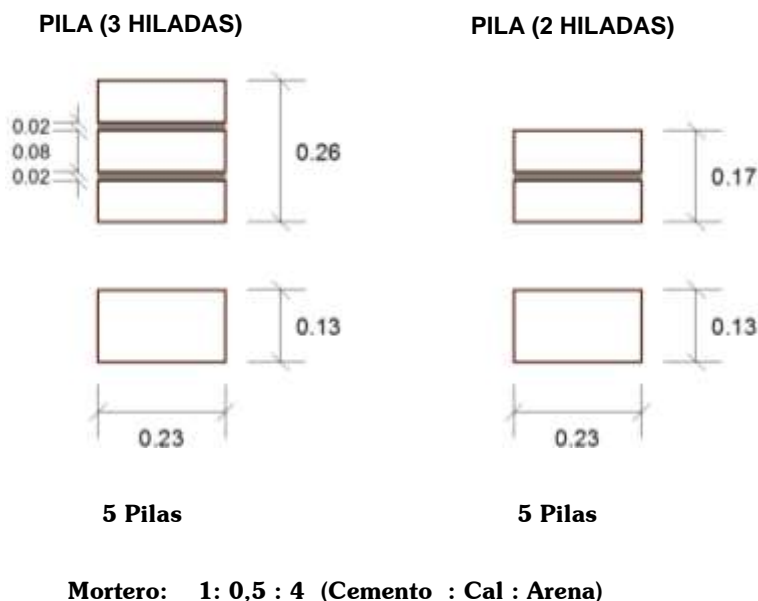


Figura 11. Características de las Pilas.

Luego de que las pilas cumpliesen 28 días de edad, fueron ensayadas a compresión axial de acuerdo a la NTP 399.613 y 399.604.

Previamente, se aplicó un refrendado de yeso, de unos 3 mm de espesor, en las caras en contacto con los cabezales del equipo de ensayo.

Adicionalmente, todas las pilas fueron almacenadas en un lugar techado para protegerlas del sol y la lluvia.

El equipo de ensayo consistió de una máquina de compresión marca ELE International ADR Touch Head con capacidad hasta 2 000 KN.

La carga fue aplicada hasta provocar la rotura de las pilas, instante después del cual se produjo la degradación de resistencia.

Para el desarrollo de este ensayo se coloca el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen.

La resistencia promedio a compresión fue de 74,78 kg/cm² con una dispersión de resultados de 11,61% (Tabla 6). Este valor supera en 36% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales de acuerdo a la Norma E - 070 (55 kg/cm²).

Tabla 4. Compresión de Unidades Suelo Cemento

Compresión de Unidades Suelo Cemento						
Und.	Peso (kg)	Dimensiones			Carga (kg-f)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)		
1	4,86	23	13	7,6	22 885,40	76,54
2	4,93	23	13	7,6	24 663,50	82,49
3	4,97	23	13	7,4	22 843,70	76,40
4	4,59	23	13	7,4	26 156,20	87,48
5	4,49	23	13	7,4	29 937,60	100,13
Promedio (kg/cm²)						84,61

Tabla 5. Resultados Finales de Compresión de Unidades

Compresión de Unidades Suelo Cemento	
Resistencia a la compresión promedio	84,61 kg/cm ²
Desviación estándar	9,82
Resistencia a la compresión final	74,78 Kg/cm²
Dispersión de resultados	11,61%

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados individuales alcanzados por las diez pilas aparecen en la Tabla 7.

La resistencia promedio para la compresión axial sin considerar el factor de corrección por esbeltez de 2 hileras fue 56,85 kg/cm², con una baja dispersión de resultados de 8,18%, del mismo modo la resistencia promedio en las pilas de 3 hileras fue 55,83 kg/cm², con una baja dispersión de resultados de 6,65% (Tabla 8).

Tabla 6. Ensayo de compresión axial en pilas

Ensayos a Compresión Axial en Pilas							
Pilas	2 Hileras	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
A = 299 cm ²	Carga Máxima	15 338,90	16 036,10	17 158,00	18 933,50	17 523,40	16 997,98
	Altura	16,70	17,00	16,80	16,20	16,30	16,60
	Espesor	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Esbeltez	1,28	1,31	1,29	1,25	1,25	1,28
	Resistencia (kg/cm ²)	51,30	53,63	57,38	63,32	58,61	56,85
Pilas	3 Hileras	P1	P2	P3	P4	P5	Promedio
A = 299 cm ²	Carga Máxima	16 734,00	17 541,80	15 760,80	15 423,00	18 005,20	16 692,96
	Altura	26,00	25,80	25,50	26,40	26,00	25,94
	Espesor	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Esbeltez	2,00	1,98	1,96	2,03	2,00	2,00
	Resistencia (kg/cm ²)	55,97	58,67	52,71	51,58	60,22	55,83

Debe indicarse que las pilas de dos hileras presentaron una esbeltez promedio de 1,28. Puesto que la misma no se encuentra en el rango comprendido de acuerdo a la Norma E - 070 (Esbeltez 2 - 5), optamos por despreciar dichos datos por reflejar resultados incongruentes.

De este modo se seleccionaron los datos de las pilas de tres hileras (Tabla N° 8), ya que la esbeltez promedio calculada si se encuentra en lo rangos descritos.

Tabla 7. Resumen ensayo de compresión axial en pilas

Resumen de Ensayos a Compresión Axial en Pilas	
3 Hileras	
Resistencia a la compresión promedio	55,83kg/cm ²
Desviación estándar	3,71
Dispersión de resultados	6,65%
Esbeltez promedio	2,00
Factor de corrección	0,73

La resistencia de las pilas a compresión axial (f'_m) se determinó por la ecuación:

$$f'_m = aC(X - m\sigma) \tag{1}$$

Donde:

a: es un coeficiente que tienes en cuenta la edad del testigo en el momento del ensayo (a es 1 para testigos ensayados a los veintiocho días, y 1,1 cuando el ensayo se hace a los siete días).

C: es el factor de corrección de la esbeltez. De acuerdo a la Norma E - 070 el factor de corrección para una esbeltez de 2,0 vendría a ser 0,73.

X: es el promedio de los resultados de las pruebas; m es un número dependiente del porcentaje de resultados defectuosos aceptables (generalmente 10%).

m: es igual a 1,3.

σ : es la desviación estándar de las pruebas.

Empleando los factores de corrección de acuerdo a la Norma E - 070, y utilizando la fórmula previamente mencionada se obtuvo la resistencia promedio final admisible ($f'm = 37,23 \text{ kg/cm}^2$) la cual supera ligeramente en 6,38% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales de acuerdo a la Norma E - 070 (35 kg/cm^2).

Al comparar la mayoría de datos obtenidos en el laboratorio, siguiendo la normatividad vigente en los diferentes ensayos, son los más óptimos que garantizan la utilización de estas unidades de albañilería.

Una de las canteras más solicitadas por los constructores de Trujillo, es la cantera "5 G" en el Distrito de Huanchaco, Centro Poblado de El Porvenir, que es de donde se escogió el material para su estudio. Para la elaboración del diseño de mezcla (cemento, suelo, arena fina) (1: 5: 0,5) el factor del material cemento se considera importante ya que este nos brinda la resistencia de las unidades. Identificando este elemento como un factor clave, podemos entender como relación directa al cemento y la resistencia, de manera que el porcentaje del mismo podría variar y generar nuevos resultados. Esto ocurre en la investigación desarrollada por el Departamento de Informática 2013 – SENCICO, el cual solo utilizó 10% de cemento en su diseño de mezclas obteniendo resultados aceptables y recomendados. En nuestro caso decidimos utilizar el 20 % de cemento con el fin de obtener grados más confiables y aumentar el grado de resistencia.

En relación con los resultados obtenidos en los ensayos de la unidad de albañilería suelo-cemento, podemos decir que los resultados alcanzados son satisfactorios por el motivo de que nuestras características alcanzadas superan y satisfacen los requisitos establecidos por el RNE E - 070. Según estas precisiones para que una unidad sea aceptada la dispersión de sus resultados no debe superar el 40% (unidades producidas artesanalmente), requisito que cumplimos en todos nuestros ensayos. Además nos exige que el porcentaje de absorción sea menor al 22%, exigencia que también cumplimos puesto que tenemos un porcentaje de 11,52%. Finalizando la resistencia promedio a compresión fue de $74,78 \text{ kg/cm}^2$, este valor supera en 36% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales (55 kg/cm^2).

Con respecto al análisis de los resultados en los ensayos de pilas, debe indicarse que las construidas de dos hileras presentaron una esbeltez promedio de 1,28. Puesto que la misma no se encuentra en el rango comprendido de acuerdo a la Norma E - 070 (Esbeltez 2 - 5), optamos por despreciar dichos datos por reflejar resultados incongruentes. En la compresión axial de 3 hileras se obtuvo la resistencia promedio final a de $37,23 \text{ kg/cm}^2$, la cual supera ligeramente en 6,38% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales (35 kg/cm^2).

4. CONCLUSIONES

Con el diseño de mezcla empleado, cemento: suelo: arena (1: 5: 0,5) se logró unidades de albañilería con una resistencia a compresión $74,78 \text{ kg/cm}^2$, mayor en 36% a la resistencia mínima exigida por la norma E - 070 (55 kg/cm^2) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

Con respecto al ensayo de las pilas, la resistencia a compresión axial, corregida por esbeltez fue $f'm = 55,83 \text{ kg/cm}^2$, la misma que supera en 6,38% a la resistencia mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales (35 kg/cm^2).

El peso de cada unidad de albañilería fue aproximadamente de 4,80 kg, con variación de sus dimensiones y alabeo mínimos. Las unidades tienen mínima absorción en consecuencia no es necesaria protegerlas del agua. La textura y el color obtenido de la unidad es favorable si queremos considerarlo como un tipo de acabado rústico, a nivel de arquitectura.

Se pudo comprobar que el suelo presenta características aceptables para ser utilizado como material en la elaboración de la unidad de la albañilería.

No se registraron fisuras por contracción de secado como parte del proceso de elaboración de la unidad de albañilería y el rendimiento observado fue de 1 unidad cada cuatro minutos aproximadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American society for testing and materials D – 422 – 68 1998. Análisis Granulométrico Por Medio Del Hidrómetro.
- Cabo, M. 2011. Ladrillo ecológico como material sostenible para la Construcción, Universidad Pública de Navarra. España.
- Cárdenas, E. & Deza, M. 2006. Influencia de la dosificación de tierra de diatomea y de la temperatura de cocción sobre el módulo de rotura, resistencia a la compresión, densidad, absorción de agua, en ladrillos ecológicos de construcción. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Flinn, T. 1991. Materiales para Ingeniería y sus Aplicaciones. Tercera Edición. Editorial Mac Graw-Hill Latinoamericana, S.A. México. 541 pp.
- Gallegos, H. 2005. Unidad de la albañilería y Propiedades de albañilería simple. En P. U. Católica (Ed), “Albañilería estructural”. Tercera edición, (pp. 75 -165, 199 – 259). Perú. (435 p.)
- Joseph E. B. 1981. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill de México. 213 pp.
- López, F. 2008. Influencia de la Variación de los Parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas. (Tesis doctoral). Universidad de Oviedo, España.
- Ministerio de Energía y Minas. 2008. Guía N°8 Orientación de Uso Eficiente de la energía y de Diagnóstico energético. Recuperado de <http://www2.congreso.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2011. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070 Albañilería. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2006. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.080 Adobe. Perú.
- NTP 339.089. Obtención en Laboratorio de Muestras Representativas (CUARTEO). Perú.
- NTP 399.613 Unidades de Albañilería. Métodos y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Perú.
- Programa Regional Aire Limpio y Ministerio de la Producción. 2012. Estudio de Diagnóstico sobre las Ladrilleras Artesanales del Perú. Disponible en: <http://www.redladrilleras.net/>
- Smith, W. 1998. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. Tercera Edición. Editorial Mac Graw-Hill España. (758) pp.
- Tomansini, G. & Olivero, F. 2015. Diseño racional de Ladrillos de Suelo-Cemento y Análisis para su utilización en viviendas económicas de interés social. Perú. Disponible en: http://www.frra.utn.edu.ar/secretarias/cyt/cientifico_tecnico/ladrillos.pdf.
- Toriac J. 2008. Diciembre. El suelo- cemento como material de construcción. Viviendas Económicas. Ciencia y Sociedad. Recuperado de <http://www.redalyc.org/>
- Zega C. J. 2010. Propiedades Físico – Mecánicas y Durables de Hormigones Reciclados. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de La Plata. Argentina.