



Revista Politécnica

ISSN: 1900-2351

ISSN: 2256-5353

rpolitecnica@elpoli.edu.co

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Colombia

Fragozo-Frías, Gisela Yulieth; López-Caballero, Jessica Lorena; Ortega-Sinning, Eberto Rafael; Vanegas-Padilla, Angélica Patricia; Pedroza-Padilla, Carmen Julia

Eficiencia del ladrillo utilizando mezcla de arcilla y residuos de vidrio como agregado fino en los procesos constructivos del municipio de Valledupar – Cesar

Revista Politécnica, vol. 20, núm. 40, 2024, Julio-Diciembre, pp. 124-138

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n40a8>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607878976008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante

Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Eficiencia del ladrillo utilizando mezcla de arcilla y residuos de vidrio como agregado fino en los procesos constructivos del municipio de Valledupar – Cesar.

Gisela Yulieth Fragozo-Frías¹, Jessica Lorena López-Caballero², Eberto Rafael Ortega-Sinning³,
Angélica Patricia Vanegas-Padilla⁴ Carmen Julia Pedroza-Padilla⁵

¹Ingeniera Ambiental y Sanitaria Valledupar, Colombia. Contacto: gyfragozo@unicesar.edu.co
<https://orcid.org/0009-0002-7238-1432>

²Ingeniera Ambiental y Sanitaria Valledupar, Colombia Contacto: jllorenalopezc@unicesar.co
<https://orcid.org/0009-0002-7238-1488>

³Ingeniero Civil, Esp. Vías y Transporte, Magister en Geotecnia, Magister Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Esp. Análisis y Diseño de Estructuras, Esp. Diseño y Construcción de Pavimentos. PhD. Ciencias de La Educación. Docente de la Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. Contacto: ebertoortega@unicesar.edu.co <https://orcid.org/0009-0006-0443-1440>

⁴Ingeniera Ambiental y Sanitaria, Esp. Gestión Ambiental, Magister Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. PhD. Ciencias de La Educación. Docente de la Universidad Popular del Cesar . Valledupar, Colombia. Contacto: angelicavanegasp@unicesar.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-5087-6172>

⁵Microbióloga, Magister en Ciencias Biotecnología. Docente de la Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. Contacto: carmenpedroza@unicesar.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-2233-0898>.

RESUMEN

Este proyecto evaluó el uso de vidrio molido como agregado fino en la elaboración de ladrillos bocadillos, con el fin de reducir el impacto ambiental y aprovechar residuos. Se probaron tres dosificaciones de vidrio (15%, 25%, 35%) como reemplazo parcial de la arcilla, realizando ensayos de granulometría, límites de consistencia, humedad natural, absorción y resistencia a la compresión. Los resultados mostraron que la mezcla con 15% de vidrio es la más eficiente, ya que conserva las propiedades del ladrillo (forma, textura, color) y cumple con las normativas NTC 4017 y NTC 4205, sin afectar su calidad.

Palabras clave: Ladrillos, Vidrio, Aprovechamiento, Resistencia a la compresión.

Recibido: 12 de febrero de 2024. Aceptado: 25 de mayo de 2024

Received: February 12, 2024. Accepted: May 25, 2024

BRICK EFFICIENCY USING A MIXTURE OF CLAY AND WASTE GLASS AS FINE AGGREGATE

ABSTRACT

This project evaluated the use of ground glass as fine aggregate in the production of sandwich bricks, in order to reduce the environmental impact and take advantage of waste. Three dosages of glass (15%, 25%, 35%) were tested as a partial replacement of clay, carrying out tests of granulometry, consistency limits, natural moisture, absorption and compressive strength. The results showed that the mixture with 15% glass is the most efficient, since it preserves the properties of the brick (shape, texture, color) and complies with NTC 4017 and NTC 4205 standards, without affecting its quality.

Keywords: Bricks; Glass; Use, Compression resistance.

Cómo citar este artículo: G. Fragozo-Frías, et al. "Eficiencia del ladrillo utilizando mezcla de arcilla y residuos de vidrio como agregado fino en los procesos constructivos del municipio de Valledupar – Cesar.", *Revista Politécnica*, vol.20, no.40 pp.124-138, 2024. DOI:10.33571/rpolitec.v20n40a8

1. INTRODUCCIÓN

El reciclaje es la labor de recuperar los desechos sólidos a fin de reintegrarlos al ciclo económico mediante reutilización y/o aprovechamiento como materia prima para nuevos productos, con los que se podrán lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales. Generalmente el reciclaje es una actividad que se realiza más o menos clandestinamente y sin organización por personas individuales que escogen los materiales recuperables de los residuos sólidos [4].

La protección del medio ambiente lleva implícitas las palabras "recuperación" y/o "reciclaje". Los países son grandes productores de desechos que no se pueden destruir de una manera sencilla y rápida. Los altos costos de eliminación de residuos obligan a los gobiernos a tomar medidas encaminadas a minimizar estos residuos y a reducir su dependencia de las materias primas [2].

Los residuos urbanos siguen constituyendo actualmente uno de los más serios problemas ambientales derivados de las actividades productivas y de consumo, debido principalmente a que la cantidad que se genera sigue aumentando año tras año [14]. En la naturaleza todo se aprovecha, en cada ecosistema existen productores, consumidores y descomponedores, que permiten que los distintos elementos que componen la materia se reciclen y circulen a lo largo de las cadenas tróficas [1].

Es importante destacar un gran número de beneficios obtenidos a partir del reciclaje, entre las más importantes tenemos: Ahorro de energía y menor impacto ambiental [7] El vidrio es un material reciclable que puede ser reprocesado de manera ilimitada, la ventaja es que no pierde sus propiedades y ahorra alrededor del 30% respecto a la fabricación del nuevo vidrio. Reducción en los volúmenes de basura y evitar almacenamiento de material contaminante. Menor contaminación atmosférica., mantener y cuidar la naturaleza, ubicación de materiales reciclados como materia prima [5].

Por tanto, para el uso de vidrio molido en la elaboración de ladrillos artesanales con diferentes dosis de molienda, se pueden cuestionar las propiedades y características del ladrillo en función de si cumple con los estándares y requisitos establecidos [6], por lo tanto, requirió el uso de un laboratorio capaz de medir la resistencia a la compresión de un ladrillo artesanal, por lo que se comparó la hipótesis para demostrar que existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales utilizando vidrio molido [12].

El artículo de investigación se enfoca en el análisis del uso del vidrio molido como sustituto parcial a los agregados tradicionales empleados en la fabricación artesanal de ladrillos, ya que en la actualidad son muchos los procesos productivos que se han incorporado en esta práctica artesanal para el mejoramiento continuo de las resistencias con aditivos comunes para el fortalecimiento comercial de los ladrillos en esta región del caribe colombiano.

2. MATERIALES Y MÉTODO

La fabricación de ladrillos es realizada de manera artesanal en la ladrillera El Cielo ubicada en la jurisdicción del municipio de Valledupar, Cesar; esta actividad productiva se ha caracterizado por permanecer en la región por más de 4 décadas generando grandes aportes a la comunidad aledaña de esta zona rural, no obstante, se hace necesario resaltar la importancia de esta cadena de producción mediante las siguientes etapas:

Etapa 1: Preparación de los Agregados

Las muestras por estudiar provienen de residuos de vidrios generados en vidrierías de Valledupar, estas muestras, fueron estudiadas, preparadas y ensayadas en el laboratorio.

Una vez recolectada la muestra se procedió a limpiarlas y a secarlas para apartar todo material sucio que pueda afectar la resistencia del ladrillo. Los materiales ajenos al vidrio se retiraron de forma manual, a fin de evitar contaminantes que incidan en las etapas de fabricación o en Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia a la compresión.

Por su parte, para la caracterización de la materia prima se realizaron los ensayos de humedad natural, límites de consistencia y análisis granulométrico [7] esto con el fin de determinar los datos que se requieren para aplicar el sistema de clasificación unificada de suelos y determinar cuáles son los suelos la ladrillera.

A continuación, se presenta la Tabla N°1 donde se evidencia que la granulometría debe cumplir los parámetros establecidos por la NTC 77.

Tabla 1. Granulometría tamaño máximo y mínimo nominal para la caracterización de los agregados

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas (mm)	Masa mínima Muestra de ensayo (kg)
9,5	1
12,5	2
19	5
25	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: Norma NTC 77, numeral 7.4.

Etapa 2: Fabricación de los ladrillos

La fabricación del ladrillo es una práctica común que prácticamente no ha tenido modificaciones o cambios en su producción desde que fue inventada. Hoy en día, esta práctica ha perdido totalmente su valor y su reconocimiento en nuestra sociedad a pesar de que el ladrillo es la pieza fundamental del crecimiento urbano [3].

- Dosis del agregado

Para determinar la dosis óptima de los agregados finos de vidrio en esta investigación, se realizó la propuesta de reemplazar un porcentaje del agregado natural fino por el agregado artificial vidrio.

Se realizaron tres mezclas con distintas proporciones de agregado fino de vidrio para así mirar cual tiene una mejor resistencia a la compresión obteniéndose los siguientes resultados para cada uno de los especímenes reflejados en la Tabla N°2:

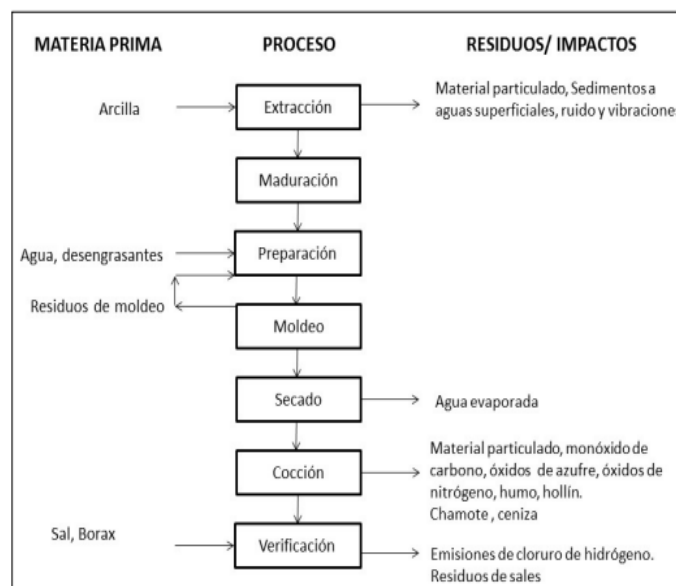
Tabla 2. Dosis óptima del agregado objeto de estudio.

MUESTRAS	ESPECIMEN MUESTRA PATRON	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3
ARCILLA	100%	85%	75%	65%
VIDRIO	0%	15%	25%	35%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Fuente: Autores, 2023.

En esta fase, se describe el proceso de producción artesanal de ladrillos, el cual evidencia las diferentes etapas que se deben llevar a cabo para la construcción de los mismos, se observa en el diagrama que la materia prima predominante es la arcilla la cual garantiza en la salida del producto alto índice de materiales sostenibles en el proceso esperado. A continuación; en la figura N°1 se observa claramente la ruta crítica de trazabilidad y articulación de materiales empleados para la investigación en cuestión del proceso tomando como línea base lo auscultado bibliográficamente en la Universidad Javeriana el cual refleja de la siguiente manera:

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de manufactura de ladrillos



Fuente: Universidad Javeriana, Uso de residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos del sector alfarero de candelaria, 2016, pág. 14.

Se realizó el proceso de compactación y moldeo, este consistió en dividir la cantidad total de la muestra que se utilizó para cada espécimen, con el fin de lograr una compactación adecuada

Se fabricaron exitosamente 20 ladrillos de cada porcentaje para construcción (sin grietas o fracturas que los inutilizaran), reemplazando parcialmente la mezcla tradicional del ladrillo con 15, 25 y 35 % en peso de vidrio reciclado y pulverizado.

A continuación, en la Tabla N°3 se muestra las cantidades totales que se necesitaron para la realización de los especímenes de Ladrillos.

Tabla 1. Cantidad Total Por Ladrillo

PROPORCIONES	ARCILLA (g)	VIDRIO (g)
100%	5310	0
85%	4514	796
75%	3983	1327
65%	3452	1858

Fuente: Autores,2023.

Etapas 3: Análisis y discusión de los resultados

El análisis de resultados es la parte final y conclusiva de esta investigación; en este se procesó toda la información que fue apareciendo a lo largo de la investigación, se presentó de manera ordenada y comprensible para llegar a las conclusiones que estos datos originaron. Finalmente, se analizaron los ensayos de absorción y resistencia a la compresión necesarios para determinar la calidad del producto final con la arcilla y el vidrio molido.

2. RESULTADOS

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

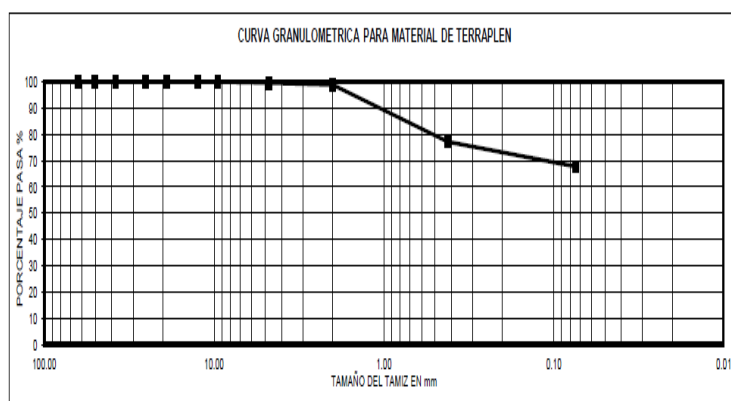
Los Análisis Granulométricos se realizaron mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferentes aberturas o números, dependiendo de la separación de los cuadros de la malla. Los granos que pasaron o se quedaron en el tamiz, tienen sus características ya determinadas [10]. Para esta investigación puntualmente, se tomó una muestra de 300 gramos de arcilla obteniéndose los siguientes resultados en la Tabla N°4:

Tabla 4. Análisis granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
P1= 2900.2 g		P2= 936.6 g	
TAMIZ	PESO RET. (g)	PORCENTAJE RET. (5%)	PORCENTAJE PASA(%)
2 1/2"		0.0	100.0
2"		0.0	100.0
1 1/2"		0.0	100.0
1"		0.0	100.0
3/4"		0.0	100.0
1/2"		0.0	100.0
3/8"		0.0	100.0
N°4	10.5	0.4	99.6
N°10	26.2	0.9	98.7
N°40	625.1	21.6	77.2
N°200	274.8	9.5	67.7
FONDO:	1963.8	6.7	
SUMATORIA:	2900.2		
ERROR:	0.0	Bien	

Fuente: Autores, 2023.

Figura 2. Curva granulométrica



Fuente: Autores, 2023.

Contenido de Humedad Natural Granulometría

- ✓ Se pesó y registró por separado la masa de dos cápsulas vacías (para el suelo se usó tres cápsulas), en la balanza de 0.01 g. de precisión, luego se colocó en las cápsulas la porción representativa del árido, y se pesó nuevamente para el registro de su masa total.
- ✓ Se colocaron las cápsulas con el árido húmedo en la estufa, a una temperatura de 110 °C, hasta que se obtuvo una masa seca constante.
- ✓ Se sacó del horno las cápsulas, se enfrió a temperatura ambiente por una hora, y luego se determinó y registró su peso
- ✓ Se calculó el contenido de humedad evidenciándose sus resultados en la Tabla N°5.

Tabla 5: Contenido de Humedad Natural Granulometría

HUMEDAD NATURAL GRANULOMETRIA	
PESO REC. + MATERIAL HUMEDO (g)	180.8
PESO REC. + MATERIAL SECO (g)	174.3
PESO DEL RECIPIENTE (g)	38.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4,8

Fuente: Autores, 2023

Dentro de los límites de consistencia se determina el límite líquido (LL), el límite plástico (LP), el índice de plasticidad (IP) del suelo a analizar. Se demuestran los resultados obtenidos en cuanto al límite líquido y límite plástico para determinar el contenido de humedad de las muestras.

- Límite líquido

Paso1: se toma la muestra seca y se pasa por el tamiz 40. Aproximadamente 500g.

Paso 2: se toma una porción de la muestra y se le agrega agua, se mezcla y se pasa al equipo Casagrande, para saber el contenido de humedad por el número de golpes.

Paso 3: se toman 3 puntos (10-15, 20-25, 30-35 golpes).

Tabla 6. Límite líquido del material

LÍMITE LÍQUIDO			
RECIPIENTE N°	11	A1	T
N° GOLPES	15	25	35
PESO RECIP + MATHUEDO (g)	42.30	45.80	49.00
PESO RECIP + MATSECO (g)	36.10	39.90	42.90
PESO DEL RECIPIENTE (g)	15.90	15.90	16.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (g)	30.7	24.6	22.8

Fuente: Autores, 2023.

- Límite plástico

Paso 1: se toma una muestra del punto 2 (20-25 golpes)

Paso 2: se toma una muestra y se amasa con un papel filtro hasta que el material quede completamente seco.

Paso 3: se toman 3 pesos y se saca el promedio de humedad.

Tabla 7. Limite plástico

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE N°	2K	#16	5A
PESO RECIP + MATHUEDO (g)	11.20	11.0	11.0
PESO RECIP + MATSECO (g)	10.90	10.70	10.70
PESO DEL RECIPIENTE (g)	8.40	8.40	8.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (g)	12.0	13.0	13.0

Fuente: Autores, 2023.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO (A,S,H,T,O Y U.S.Cs).

Una vez determinadas las características físicas del suelo, se procedió a la clasificación SUCS y A.S.H.T.O, los cuales proporcionan información detallada del tipo de suelo de la cantera.

Con base a los resultados de la granulometría donde más del 50% para por el tamiz N° 200, por medio del Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) se puede clasificar que es un suelo fino. [11]

Según el sistema A.S.H.T.O es un suelo de tipos A-6, el material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava. La clasificación de suelo por el método A.S.H.T.O se presenta en la tabla 8.

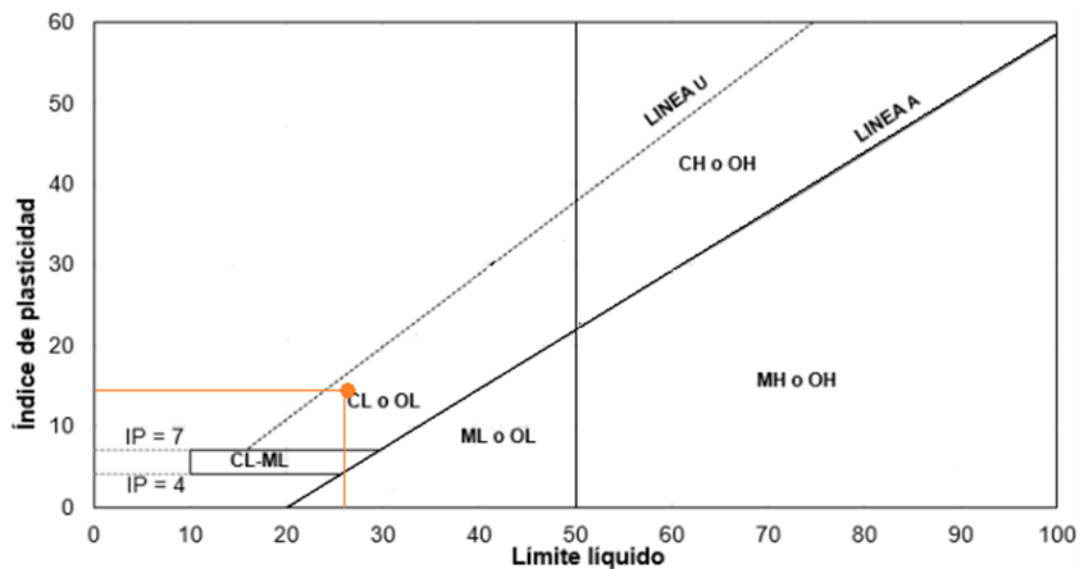
Tabla 8. Clasificación de suelos

LÍMITE LÍQUIDO(%)	26.0	I. DE GRUPO	6
LÍMITE PLÁSTICO(%)	12.7	A.A.S.H.T.O.	A-6
IND. PLASTICIDAD(%)	13.3	U.S.C.S.	CL

Fuente: Autores, 2023.

Con base en los resultados de los ensayos de caracterización del límite líquido e índice de plasticidad mostrados anteriormente, es posible determinar mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) qué tipo de suelo es: Es un suelo de clasificación CL, arcillas de baja plasticidad [13].

Figura 3. Clasificación del suelo según el índice de plasticidad



Fuente: Autores, 2023.

- PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARCILLA

Para determinar el peso específico y la absorción de la arcilla se tomó una muestra de 1000 g, los valores resultantes se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Peso específico y absorción

PRUEBA	UNIDAD	1	2	3	PROMEDIO
TEMPERATURA	°C	23	23	23	
PESO AL AIRE DE LA MUESTRA SECA (A)	g	478.3	480.5	481.2	
PESO DEL PICNÓMETRO AFORADO LLENO DE AGUA (B)	g	661.1	665.3	668.4	
PESO TOTAL DEL PICNÓMETRO CON LA MUESTRA Y LLENO DE AGUA (C)	g	927.2	936.7	946.2	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA (S)	g	500.0	500.0	500.0	
PESO ESPECÍFICO APARENTE	g/ cm ³	2.045	2.102	2.166	2.104
PESO ESPECÍFICO APARENTE (SSS)	g/ cm ³	2.138	2.187	2.250	2.192
PESO ESPECÍFICO NORMAL	g/ cm ³	2.254	2.298	2.366	2.306
ABSORCIÓN	%	4.56	4.06	3.91	4.17

Fuente: Autores, 2023.

Tabla 10. Absorción de la muestra patrón ladrillo bocadillo

PRUEBA No	UNIDAD	1	2	3
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA (A)	g	5310,0	5300,0	5295,0
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	g	6030,0	6010,0	6000,0
ABSORCIÓN $\frac{B - A}{A} \times 100$	%	13,56	13,40	13,31
PROMEDIO	%	13,42		

Fuente: Autores, 2023.

Tabla 11. Absorción ladrillo 85-15

PRUEBA No	UNIDAD	1	2	3
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA (A)	g	4945,0	4975,0	4995,0
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	g	5580,0	5570,0	5555,0
ABSORCIÓN $\frac{B - A}{A} \times 100$	%	12,84	11,96	11,21
PROMEDIO	%	12,00		

Tabla 12. Absorción ladrillo 75-25

PRUEBA No	UNIDAD	1	2	3
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA (A)	g	5040,0	5010,0	5000,0
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	g	5500,0	5486,0	5461,0
ABSORCIÓN $\frac{B - A}{A} \times 100$	%	9,13	9,50	9,22
PROMEDIO	%	9,28		

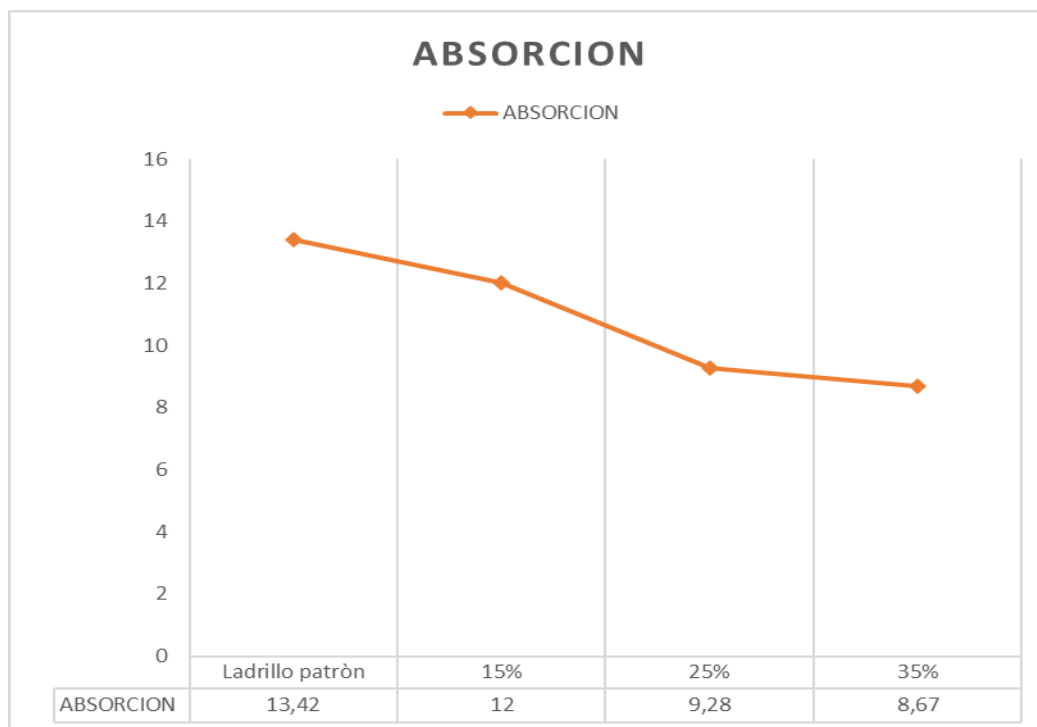
Tabla 13. Absorción ladrillo 65 – 35

PRUEBA No	UNIDAD	1	2	3
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA (A)	g	5210,0	5275,0	5300,0
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (B)	g	5740,0	5713,0	5700,0
ABSORCIÓN $\frac{B - A}{A} \times 100$	%	10,17	8,30	7,55
PROMEDIO	%	8,67		

Fuente: Autores, 2023.

Una vez realizado el ensayo de absorción se obtuvo que los ladrillos fabricados con la adición del agregado de vidrio con los porcentajes de 15%, 25% y 35% tienen una absorción del 12%, 9,28% y 8,67% respectivamente, es decir que cumplen con el parámetro máximo de absorción que establece la norma NTC 4205, donde indica que el porcentaje máximo de absorción que pueden tener los ladrillos individuales es del 14%.

Figura 1: Absorción de las Muestras



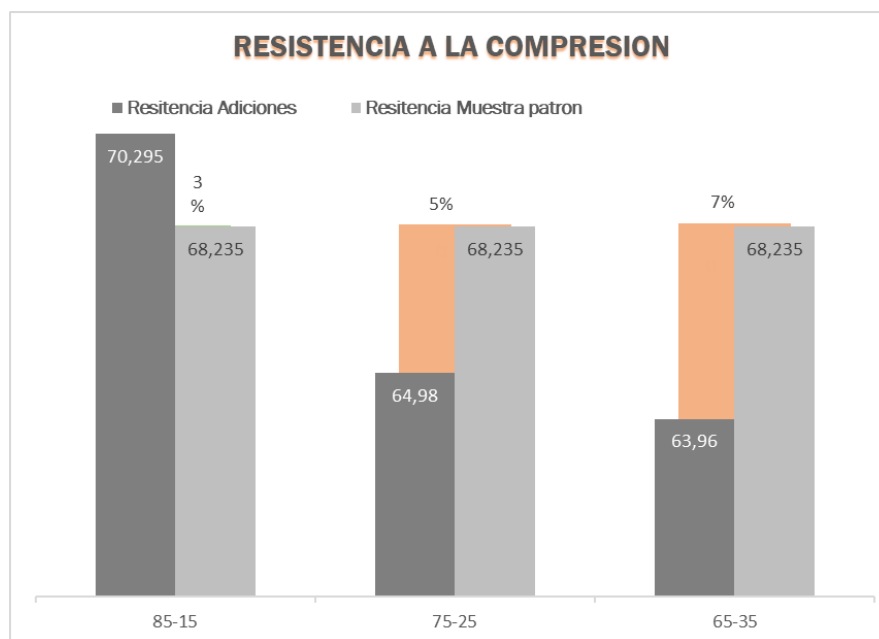
Fuente: Autores, 2023.

- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El ensayo de resistencia a la compresión se llevó a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NTC 4017: métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla, con el fin de que los resultados de los ensayos realizados cumplan con las especificaciones establecidas en la norma NTC 4205

La resistencia la compresión se realizó a 20 especímenes (por cada adición de vidrio) hasta que estos fallan, los cuales se ensayaron a la edad de 28 días.

Figura 5: Resistencia a la compresión



Fuente: Autores, 2023.

Con la adición de vidrio en la concentración al 15% (85-15), la resistencia incrementa un 3% pasando de 68,23 a 70,29 kgf/cm². Por encima de la concentración al 15% se aprecia un ligero descenso, en las muestras con los porcentajes de 25% (75-25) disminuye un 5% pasando de 68,23 a 64,98 kgf/cm² y 35% (65-35) disminuye un 7% pasando de 68,23 a 63,96 kgf/cm² respectivamente a la muestra patrón.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En cuanto a la absorción, se evidencia claramente la influencia del porcentaje de vidrio después del ladrillo cocido. A mayor porcentaje del material vidriado, menor será la absorción de agua del ladrillo. Se atribuye este comportamiento a que, si una mezcla cerámica posee mucho material vidriado durante el moldeo de la misma, durante la cocción el ladrillo pierde su humedad y se convierte en un ladrillo más compacto.

En relación a los resultados obtenidos se podría decir que la resistencia es un resultado directo de la cocción, las diferencias presentadas pueden deberse básicamente a los procesos previos a la cocción como la selección y preparación de la materia prima.

De este modo se puede considerar un valor mínimo de 50 kgf/cm² para la resistencia a compresión en la elaboración artesanal de los ladrillos.

4. CONCLUSIONES

El vidrio tiene ciertas propiedades que lo hacen un buen agregado, ya que su composición química es similar a la de la arena, por esto es un material resistente a la degradación y al desgaste.

Se concluye, que la resistencia a la compresión con este tipo de materiales:

- Es mayor con el uso de vidrio fino debido a la rigidez dada por las propiedades mecánicas del vidrio, geometría y tamaño.
- Se obtiene un ladrillo tipo I, con baja resistencia y durabilidad que se pueden utilizar en construcciones de bajas exigencias. La resistencia máxima obtenida en esta experiencia fue de 6,9 Mpa, esta mezcla podría dar mejores resultados en ladrillos con perforación horizontal.
- Los porcentajes de absorción de humedad disminuyen a medida que se aumenta la proporción del agregado ya que el vidrio no posee la propiedad de absorción. De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos el porcentaje para la aplicación a escala real de esta alternativa es la proporción 85-15.
- En caso del ladrillo 15% de vidrio molido es el que más se asemeja a las características del ladrillo bocadillo utilizado como muestra patrón para esta experiencia.
- El reciclaje de vidrios para ser empleado como agregado fino para la elaboración de ladrillos, tiene consigo una serie de beneficios ambientales. De los cuales se puede mencionar:
- Al emplear el polvo de vidrio en la elaboración de los ladrillos se contribuye a disminuir la acumulación de estos en desuso, dando así un mejor uso a los residuos que se generan triturándolos e incluyéndolos en un nuevo proceso productivo, el cual mitiga un poco el impacto ambiental.
- Disminuye la extracción de las materias primas requeridas para la producción de ladrillos, manteniendo así un equilibrio ecológico.
- Prolonga la vida útil de los rellenos sanitarios, evitando que el vidrio desechado ocupe espacio en estos rellenos donde permanecen por un indeterminado tiempo debido a su lenta velocidad de degradación, y por ende se incrementan la capacidad de los rellenos sanitarios.
- Reciclar el vidrio desechado reduce el riesgo de cortes y laceraciones, por causa de manejos y almacenamiento de los residuos sólidos no biodegradables que contienen vidrio.
- Los ladrillos con baja resistencia podrán usarse en tabiques divisores o paredes que no cumplan funciones estructurales.

5. RECOMENDACIONES

- Mejorar las condiciones técnicas en el proceso previo de selección y preparación de materias primas.
- Es recomendable amasar bien la tierra para generar una uniformidad de todas las materias primas y analizar las influencias de las impurezas presentes en el vidrio.
- Se recomienda ampliar esta investigación con la finalidad de establecer el porcentaje adecuado de vidrio molido para precisar la buena resistencia, el impacto ambiental y económico de esta alternativa de tratamiento.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ayuntamiento de Albacete, (2006), «Guía didáctica sobre Gestión de los Residuos Urbanos en Albacete,» Portal Municipal de Medio Ambiente, Albacete.

- [2] Camelo, J. (2007) «Propuesta del montaje de una fabrica de láminas de vidrio en Rioacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable.,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C.
- [3] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, (2017) «Proyecto Ladrillera,» ITESO, Jalisco
- [4] Roben, E. (2003), «Oportunidades Para Reducir la Generación de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico.,» Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, Loja.
- [5] Salcedo, W. R. (2015) «Propuesta de Reciclado Óptimo de Vidrio, Para su Utilización en el sector de la Construcción en la Ciudad de Quito,» Escuela de Tecnología en Construcciones y Domótica, Quito.
- [6] Barranzuela, J. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. (Tesis de Pregrado Universidad de Piura, Piura-Perú).
- [7] Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3 ed.). Colombia: Pearson Educación. Doi: ISBN: 978-958-699-128-5 Bush, M. (2015). Elaboración de ladrillo vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú). Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2915/MTmacobj042.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Cabrera, L. (2014). Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014. (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú). ¿Recuperado de <http://refi.upnorte.edu.pe/bitstream/handle/11537/10257/Cabrera%20Barboza%20Luz%20Katherine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] López, J., Espinoza, L., & Guevara, R. (2014). Estudio de la resistencia mecánica a la compresión de ladrillos elaborados a partir de mezclas arcilla roja-cemento Portland. Revista Científica Nexa, 27(2), 90 - 98. Recuperado de <https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/download/1945/1741>
- [10] Martínez, J. (2016). Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio). (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24054/1/Tesis%201054%20-%20Mart%C3%ADnez%20Mayancela%20Joffre%20Ren%C3%A9.pdf> Mera, L., Vásquez, P., Bolaños, S., &
- [11] Oscullo, I. (2010). Reutilización de vidrio de desecho para preparar esmaltes porcelánicos de primera capa. Revista Politécnica, 29(1), 86-94. Recuperado de <http://doczz.es/doc/60197/14-mb08%C2%B706%C2%B72015-volumen-35---tomo-3>
- [12] Spotorno, R., Pochettino, J., Figueredo, G., & García, F. (2016). Ensayos experimentales del proceso de secado de adobe de arcilla de la zona de makalle (chaco). III Congreso Argentino de Ingeniería. Recuperado de <http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/1019>
- [13] Tamayo, R., Guzmán, R., López, A., & Sacari, E. (2012). Efecto reforzante del vidrio reciclado en la elaboración de ladrillos artesanales. Instituto Peruano de Energía Nuclear, 12, 111 - 116. Recuperado de <https://docplayer.es/49299388-Efectoreforzante-del-vidrio-reciclado-en-la-elaboracion-de-ladrillos-artesanales.html>
- [14] Universidad de Mayor de San Marcos. (2018). El Informe Belmont. Perú: Universidad de Mayor de San Marcos. Recuperado https://medicina.unmsm.edu.pe/etica/images/Postgrado/Instituto_Etica/Belmont_r_eport.pdf.