



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA COCIDA, CON
SUSTITUCIÓN DE LODO DESHIDRATADO PROCEDENTE DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, TRUJILLO -
2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Omar Eusebio Gonzalez Aguilar

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico con mucho amor a las mujeres que me acompañan mi esposa Aidee Malca Mestanza y a mi madre Margarita Aguilar Chávez a quien las amo con todo mi corazón, y a mi amado padre Alipio González Prado quien desde el cielo me ilumina para seguir por el camino del bien.

A mis queridos hermanos José, Wilson, Hugo, Juan y Luis, por su cariño, apoyo y confianza que tuvieron en mí durante todos mis estudios y quienes fueron mi inspiración de superación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso por derramar tantas bendiciones en mi persona, A los profesores de la UPN que compartieron sus conocimientos

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS	21
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS	33

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N 01 Clase de unidad de albañilería para fines estructural.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla N°02 Relación de trabajos de investigación con sus respectivos autores y años de publicación</i>	<i>21</i>
<i>Tabla N°03 Resultados de resistencia a la compresión (kg/cm²) de diferentes trabajos de investigación.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla N°04 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 5% de arcilla....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla N°05 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 10% de arcilla... </i>	<i>23</i>
<i>Tabla N°06 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 15% de arcilla... </i>	<i>23</i>
<i>Tabla N° 07 Características de ladrillos LDU.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla N° 08 Resultados de la Resistencia a Compresión de Ladrillos LDU.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla N° 09 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 100:0 respectivamente).....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla N° 10 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 99:1 respectivamente).....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla N° 11 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 95:5 respectivamente).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 12 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 90:10 respectivamente).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 13 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 80:20 respectivamente).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla N° 14 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 60:40 respectivamente).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla N° 15 Niveles y Factores Según Porcentaje de Arena a Reemplazar por Lodo Aluminoso.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla N° 16 Valores teóricos típicos de los generados en plantas de tratamiento de agua potable.....</i>	<i>31</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 01 *Dispersión Resistencia media a la compresión.....28*

RESUMEN

El presente trabajo de busca recopilar información de trabajos de investigación donde se sustituyan porcentajes de lodos deshidratados provenientes de plantas de tratamiento de agua potable de las ciudades por arcilla para la elaboración de unidades de albañilería disponibles en bibliotecas virtuales.

En el presente trabajo se buscó, revisó y analizó la información disponible en bibliotecas virtuales donde se analizara las características de los lodos deshidratados y sus resultados obtenidos por los investigadores para ser comparados con las especificaciones técnicas establecidas en la norma E-070 de albañilería del 2006.

Luego del análisis de resultados obtenidos en los trabajos de investigación por diferentes autores se evidencia que la sustitución de lodos deshidratados hasta el 15% por arcilla supera lo establecido en la Norma E 070 de albañilería 2006 (4.9 Mpa o 50 kg/cm²).

En el presente trabajo se concluye que diferentes investigadores encontraron en los lodos deshidratados se encontró presencia de cuarzos, bajo nivel de caolinita y una sustitución de hasta el 15% por arcilla superan lo establecido en la Norma E 070 de albañilería 2006 (4.9 Mpa o 50 kg/cm²).

PALABRAS CLAVES: Lodos, arcilla, unidad de albañilería, resistencia a la compresión

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La ciudad de Trujillo contaba con grandes áreas de suelos fértiles dedicadas para la agricultura y ganadería entre ellos tenemos la Campiña de Moche es uno de los centros de producción agropecuaria más importante de los alrededores del Trujillo Metropolitano. Las referencias etnohistóricas la califican como tal desde tiempos precolombinos, lo cual fue aprovechado por los españoles desde inicios de la conquista, siendo objeto de las primeras reparticiones y encomiendas (Gillin, 1945).

La fertilidad y calidad de sus suelos fue reconocida en dos direcciones, primero para la producción de alimentos agropecuarios y plantas forrajeras, y segundo, para la producción de adobes y ladrillos, lo cual se expresa en la permanente actividad que desarrollan las ladrilleras ubicadas en el Distrito de Moche. La naturaleza de sus suelos, se define como un depósito aluvial del Cuaternario. La descripción litológica de depósito aluvial se refiere a un suelo de arcillas con gravas en matriz arcillosa, con clastos de rocas plutónicas y volcánicas de forma sub-redondeada con niveles de arena eólica, producto del cono de deyección del Río Moche. La capacidad de uso mayor de las tierras de la Campiña se define como Fluvisol Eurico irrigado, es decir, suelo de baja evolución condicionado por la topografía a partir de materiales fluviales recientes; cerca de los ríos, la materia orgánica decrece irregularmente o es abundante en zonas muy profundas. Ecológicamente la Campiña, según el sistema Holdridge, se clasifica como desierto desecado Subtropical (dd-S). (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2002).

En el Sector Alto de la Campiña de Moche existen 66 fábricas dedicadas a la fabricación de ladrillos, las cuales en promedio utilizan 1 m³ de tierra por cada medio millar, fabricándose hasta el año 2005, un total de 344,325 ladrillos. Según información de los fabricantes, el costo del millar de ladrillos era de 180.00 nuevos soles a esa fecha.

El Sector Alto de la Campiña de Moche con un total de 118,295 hectáreas, ha registrado pérdidas de 45,913 hectáreas (41%), hasta el año 2005, las cuales han sido destinadas para la fabricación de ladrillos.

Ante lo expuesto por diferentes investigadores en la ciudad de Trujillo se puede evidenciar que para la fabricación de ladrillos de cerámica se viene utilizando grandes cantidades de suelo agrícola el cual está generando la reducción de los suelos agrícolas.

Esta situación se agrava más aun con la planta de tratamiento de agua potable empezó a funcionar en Julio de 1996 y está proyectada a ampliarse en una segunda etapa, está ubicada en un área contigua al canal madre en la zona denominada Alto Moche a una distancia de 11 Km. del centro urbano de la ciudad de Trujillo dicha agua contiene muchos sólidos en suspensión entre ellos: limos, arcillas, areniscas y materiales orgánicos en descomposición, para eliminar todos estos elementos se utilizan procesos químicos e insumos químicos; dentro de los insumos químicos se utiliza los polímeros anicónicos que es un floculante y sulfatos de aluminio que es un coagulante ambos tienen acción en las cargas pesadas en los limos, arcillas, areniscas y otras que puedan decantar en el desarenador; producto del uso de

floculantes y coagulantes se genera lodos con contenido de limo, arcilla, areniscas y algunos metales como el aluminio que no son aprovechados.

La eliminación de los lodos de planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Trujillo origina preocupaciones en los agricultores, donde vienen siendo afectadas su producción, Dicha planta trata las aguas del río Santa que son canalizadas a través de un canal madre con una capacidad de 1 m³/seg. de agua produciendo unos lodos finales que son arrojados a un margen del río Moche, ocasionando problemas quejas de agricultores mocheros por ser causante de pérdidas en sus cultivos (RIVERO J, 2005).

En los sistemas convencionales, la sedimentación produce entre el 60 y 70% del total de los sólidos totales (Arboleda, 2000); dada su naturaleza física, química y microbiológica, su disposición sin ningún tratamiento causa impactos sobre cuerpos de agua, suelos y riesgos a la salud pública (Taylor, 1989; George et al., 1991; Kaggwa et al., 2001; Novaes et al., 2003).

En el sector de la construcción el lodo es aprovechado en la fabricación de cementos Portland (Wang et al., 1998; Mangialardi, 2001;) y clinker (Geertsema et al., 1994) y en la producción de ladrillos cerámicos (Mejia y Delvasto, 1998; Nuvalori, 2002; Guimarães y Morita, 2003; Andreoli, 2005 y Hernández, 2006) usándose como reemplazo parcial de uno de los materiales, lo que puede traer beneficios como la disposición ambiental segura para residuos potencialmente peligrosos, reducción de la contaminación hídrica causada por su vertimiento, menores gastos de energía, transporte y fabricación y menor utilización de recursos naturales, la reducción de la vegetación comprometida en la extracción de arcilla

(principal componente del ladrillo), aumentando la vida útil de las canteras y puede llegar a reducir los costos de recomposición de áreas con vegetación nativa (Novaes et al., 2003; De Araújo et al., 2005).

El ladrillo cerámico es elemento básico del sector de la construcción y aunque se trata de pequeñas y sencillas piezas, su proceso de elaboración es largo y complejo. Las materias primas son materiales fundentes y estructurantes como las arcillas y arenas respectivamente, las cuales deben adecuarse y seguir un procedimiento de moldeo, secado, cocción y, finalmente, normalización en función de las normas vigentes, que incluyen variables como resistencia a la compresión y absorción de agua (CAP, 2012).

Algunos investigadores han realizado estudios en una nueva forma de construcción ecológica, ya que, al convertirse en un innovador mecanismo de gestión, manejo y disposición de residuos, se fortalece un desarrollo sostenible, con un importante aporte en la disminución de explotación y búsqueda de áridos en canteras. Esto permite una mejora en la huella medioambiental, a través del uso de materias primas alternativas que minimizan el impacto y la producción de los principales gases causantes del calentamiento global como CO, NO₂, SO₂. (Andrea Melissa Bermeo Barreto & Edgar Paúl Idrovo Heredia)

Existen trabajos de investigación que utilizan lodos deshidratados procedentes de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales y plantas de agua Potabilizadoras, que se utiliza como agregados para materiales de construcción. El presente trabajo de investigación busca recopilar información en la utilización de lodos deshidratados como agregados, que permitan mejorar las propiedades

mecánicas de los materiales de construcción al menor costo. Se evita así la contaminación del suelo y del medio ambiente, y se contribuye en la disminución de la extracción y explotación de recursos naturales, a través de un plan de desarrollo sostenible mediante el reciclado y reutilización de biosólidos.

La composición de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua en Colombia se encontró alta presencia de cuarzo con relación a los demás elementos, al igual que ausencia de silicatos y bajo nivel de caolinita. La presencia de cuarzo puede estar asociada a materiales arrastrados por el sistema de tratamiento que son característicos de la región (De Araújo et al., 2005). El análisis de lodos aluminosos de las unidades de sedimentación de una PTA en Brasil mostró también baja presencia de caolinita (Nuvalori, 2002). Estudios reportados por Mejía y Delvasto (1998) y Guimarães y Morita (2003) en Colombia y Brasil respectivamente, muestran composiciones mineralógicas similares a las encontradas en el lodo aluminoso evaluado, siendo la arena el material que presenta mayor similitud con el mismo.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería (ladrillos) tendrán las características indicadas en la Tabla donde se visualiza las clases de ladrillo y la resistencia a la compresión.

Tabla N 01 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION f'b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	más de 159 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±8	±8	±9	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±8	±8	±10	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±8	±8	±11	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±8	±8	±12	2	17.6 (180)
Bloque P ₍₁₎	±8	±8	±13	4	4.9 (50)
Bloque P ₍₂₎	±8	±8	±14	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Norma técnica E. 070 albañilería, 2006

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

Teniendo como antecedente la reducción de las áreas de los suelos agrícolas en la ciudad de Trujillo a consecuencia de la utilización de altas cantidades de arcillas en la fabricación de ladrillos, así mismo el rubro de la construcción en los últimos años se ha incrementado trayendo como consecuencia en incremento de la demanda de unidades de albañilería incrementando la depredación de suelos agrícolas lo cual son un problema del que tenemos que buscar alternativas de sustituir porcentajes de arcillas en la fabricación de unidades de albañilería.

La población de Trujillo se abastece de agua potable que proviene del proyecto especial Chavimochic con aguas que proviene del río Santa que son canalizadas a través de un canal madre con una capacidad de 1 m³/seg. de agua produciendo unos lodos finales que son arrojados a un margen del río Moche, ocasionando problemas quejas de agricultores mocheros por ser causante de pérdidas de sus cultivos (Rivero J., Zamarreño R., 2005).

En los sistemas convencionales, la sedimentación produce entre el 60 y 70% del total de los sólidos totales (Arboleda, 2000); dada su naturaleza física, química y microbiológica, su disposición sin ningún tratamiento causa impactos sobre cuerpos de agua, suelos y riesgos a la salud pública (Taylor, 1989; George et al., 1991; Kaggwa et al., 2001; Novaes et al., 2003).

¿Ante lo expuesto se recomienda sustituir en diferentes porcentajes de lodos deshidratados provenientes de plantas de tratamiento de agua potable de las ciudades por arcilla, para el incremento de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería tipo I de acuerdo lo establecido en la norma E. 070 ($f'c \geq 4.9 \text{ MPa} - 50 \text{ Kg/cm}^2$) ?.

1.2.2. Problema Especifico

¿Es posible encontrar resultados superiores a lo establecido en la Norma E 070 de albañilería en la resistencia a la compresión mayor o igual $f'c = 4.9$ MPa (50 Kg/cm²) en ladrillos tipo I sustituyendo porcentajes de lodos deshidratados procedentes de las plantas de tratamiento de agua potable de las ciudades en la elaboración de unidades de albañilería?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Buscar, revisar y analizar información disponible en diferentes bibliotecas virtuales sobre trabajos de investigación donde utilicen lodos deshidratados provenientes de plantas de tratamiento de agua potable de las ciudades en la elaboración de unidades de albañilería para comparar con la norma E 070 de albañilería.

1.3.2. Objetivos específicos

- Resaltar los contenidos de lodos de las plantas de tratamiento de agua potable de las ciudades que puedan contribuir en mejorar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.
- Relacionar que porcentajes de sustitución de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable por arcilla cumplen con lo establecido en la norma E 070 de albañilería.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos por diferentes investigadores en la sustitución de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable en diferentes porcentajes por arcilla en la elaboración de unidades de albañilería.

1.4. Justificación

En el presente trabajo de investigación se evidencia que en el distrito de Moche existen un gran número de ladrilleras donde utilizan grandes cantidades de arcilla para la elaboración de ladrillos cerámicos, generando depredación y reducción de los suelos agrícolas, así como también eliminación de lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Trujillo son eliminados al río Moche ocasionando problemas y quejas de agricultores por ser causante de pérdidas en sus cultivos, ante lo expuesto el presente trabajo busca reemplazar porcentajes de la arcilla por lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Trujillo en la elaboración de unidades de albañilería tipo I con una resistencia a la compresión que cumpla con lo especificado en la Norma Técnica Peruana E 070 de albañilería.

1.5. Procedimiento.

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se buscó información en diferentes revistas y tesis virtuales en diferentes páginas sobre la utilización de lodos provenientes de plantas de agua potable en la elaboración de ladrillos cerámicos.

Donde se encontraron que se llegó a utilizar diferentes porcentajes de lodos según como se detallan en los estudios existentes:

En la tesis denominada "Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Ladrillos Tradicionales y Ladrillos Elaborados A Base De Lodos De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Red Casigana, Como Sustituto Parcial De La Arcilla." De la universidad Técnica De Ambato del

Ecuador por la tesista Mayra Jissela Reinoso Chicaiza en el año 2017 utilizaron como sustituto parcial de la arcilla, en los porcentajes de 5%, 10% y 15%.

En el trabajo de investigación denominado "Uso Productivo De Lodos De Plantas De Tratamiento De Agua Potable En La Fabricación De Ladrillos Cerámicos" realizado en la universidad del Valle de Colombia realizado por los autores Patricia Torres, Darwin Hernández y Diego Paredes en el año 2012 utilizaron los siguientes porcentajes como sustitutos de la arena 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 25%.

En ambos estudios elaboraron probetas para someter a la ruptura para calcular la resistencia a la compresión.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente estudio consiste en realizar la revisión de trabajos donde se busca reemplazar la arcilla por porcentajes de Lodos de plantas de Tratamiento de Agua Potable en la fabricación de ladrillos cerámicos y la preservación del medio ambiente, luego de revisión de bibliografía se encontraron los siguientes trabajos de investigación:

En la tesis para obtener el título de ingeniero civil denominado "Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Ladrillos Tradicionales Y Ladrillos Elaborados A Base De Lodos De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Red Casigana, Como Sustituto Parcial De La Arcilla." De la Universidad Técnica De Ambato del Ecuador por la tesista Mayra Jissela Reinoso Chicaiza en el año 2017 utilizaron como sustituto parcial de la arcilla, en los porcentajes de 5%, 10% y 15%.

En la tesis presentada para obtener el título de ingeniero Civil denominado "Aprovechamiento de Lodos Deshidratados Generados En Plantas De Tratamiento De Agua Potable y Residual Como Agregado Para Materiales De Construcción." De la Universidad de Cuenca Ecuador por los autores Andrea Melissa Bermeo Barreto y Edgar Paúl Idrovo Heredia en el año 2014 donde utilizaron lodos deshidratados en esta fase se tomará los lodos deshidratados procedentes de la PTAR "Ucubamba" y se empleó en la elaboración de ladrillos en los porcentajes del 5 y 10% del volumen de un ladrillo tradicional.

El artículo de investigación denominado "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales" realizada y publicada por los investigadores César Augusto García Ubaque, María Camila García Vaca Y Martha Lucía Vaca Bohórquez en el año 2013 utilizaron

los siguientes porcentajes de lodos de plantas de tratamiento de agua residual 0%, 1%, 5%, 10%, 20% y 40%.

En el trabajo de investigación denominado “Uso Productivo De Lodos De Plantas De Tratamiento De Agua Potable En La Fabricación De Ladrillos Cerámicos” realizado en la universidad del Valle de Colombia realizado por los autores Patricia Torres, Darwin Hernández y Diego Paredes en el año 2012 utilizaron los siguientes porcentajes como sustitutos de la arena 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 25%.

El trabajo de investigación denominado “Aprovechamiento De Los Lodos Provenientes De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Como Materia Prima En La Industria De La Construcción” haciendo variaciones en los porcentajes de lodo entre el 10% y el 40%, estos ladrillos cerámicos sometidos a la compresión y los resultados contenían menos del 40% de lodos aluminosos arrojaban una resistencia la cual cumplía según la Norma Técnica Colombiana NTC 4205, para unidades de mampostería no estructural.

Revisando los antecedentes del trabajo de investigación en el aprovechamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable en la elaboración de ladrillos cerámicos ya se vienen utilizando en los países del Ecuador y Colombia donde han cumplido con la resistencia a la compresión de acuerdo a las normas técnicas de cada país. Ante lo expuesto es posible obtener ladrillos cerámicos con una resistencia a la compresión mayor o igual $f'c = 4.9 \text{ MPa}$ (50 Kg/cm^2) utilizando diferentes porcentajes de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable en la ciudad de Trujillo.

Para el presente trabajo de investigación se seleccionaron artículos y tesis realizadas en otros países como en Ecuador y Colombia en idioma castellano donde utilizan lodos de las plantas de tratamiento de agua potable en la elaboración de ladrillos cerámicos y los artículos científicos que se excluye es el artículo denominado "Aprovechamiento De Los Lodos Provenientes De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Como Materia Prima En La Industria De La Construcción" por utilizar lodos de plantas de tratamiento de agua residual con alto porcentaje de materia orgánica el cual en los ladrillos pueden incrementar su porcentaje de absorción.

Las bibliotecas virtuales utilizadas para el presente trabajo de investigación Google académico, Redalyc y Scielo la estrategia utilizada para encontrar los artículos o tesis es colocar los términos de lodos, ladrillos y resistencia a la compresión.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para el análisis de resultados se resalta la relación de trabajos de investigación con el año de publicación con sus respectivos autores donde se emplearon diferentes porcentajes de lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua en la elaboración de unidades de albañilería.

Tabla N°02 Relación de trabajos de investigación con sus respectivos autores y años de publicación.

Universidad o IES	Nombre del trabajo de Investigación	Autor	Naturaleza de la Universidad o IES	País de la Universidad o IES	Tipo de Investigación		Año
					Revista de publicación del artículo	Tesis Publicada	
Universidad Técnica De Ambato	"Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Ladrillos Tradicionales Y Ladrillos Elaborados A Base De Lodos De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Red Casigana, Como Sustituto Parcial De La Arcilla."	Mayra Jissela Reinoso Chicaiza	PÚBLICA	Ecuador		Tesis para obtener el título de Ing. Civil. Scielo	2017
Universidad del Valle	Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos	*Patricia Torres *Darwin Hernández *Diego Paredes	PÚBLICA	Colombia	Revista Ingeniería de Construcción Vol. 27 N°3		2014
Universidad del Cuenca	Aprovechamiento De Lodos Deshidratados Generados En Plantas De Tratamiento De Agua Potable Y Residual Como Agregado Para Materiales De Construcción.	*Andrea Melissa Bermeo Barreto *Edgar Paúl Idrovo Heredia	PÚBLICA	Ecuador		Tesis para obtener el título de Ing. Civil. Scielo	2014
Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	"Uso De Lodos Generados En Los Decantadores De Una Planta De Tratamiento De Agua Potable Como Materia Prima Para La Elaboración De Ladrillos De Construcción	* Chire Salazar, Yanira Paola *Edgar Paúl Idrovo Heredia	PUBLICA	Peru		Tesis para obtener el título de Ing. Químico. Scielo	2014
Universidad de los Andes. Bogotá	Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales	* César Augusto García Ubaque *María Camila García Vaca *Martha Lucía Vaca Bohórquez	PÚBLICA	Colombia	Colciencias - INAMCO		2013

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°03 Resultados de resistencia a la compresión (kg/cm²) de diferentes trabajos de investigación. .

Porcentajes de Sustitución de lodos	García U., García V., Vaca B. 2013	Reinoso. M. 2017	Torres P., Hernández D., Paredes D. 2012	Bermeo A., Idrovo E. 2014	Chire Y., Rondan G. 2014	Norma E 070 Albañilería 2006 ladrillo Tipo I
Testigo				41.95		
0%	38.56		95.00			
1%	38.7					
5%	46.02	68.886		64.62		
10%	46.98	77.456	49.00			
15%		66.128		39.66		50.00
20%	34		45.00			
30%			38.00			
40%	30.16		35.00			
50%					54.24	
75%					53.47	
100%					52.52	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°04 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 5% de arcilla

Descripción	CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
1- L5	311.04	6.73	68.75
2- L5	301.80	6.53	66.71
3- L5	336.46	7.28	74.37
4- L5	292.55	6.33	64.67
5- L5	296.25	6.41	65.48
6- L5	281.46	6.09	62.21
7- L5	322.59	6.98	71.31
8- L5	328.60	7.11	72.64
9- L5	320.70	6.94	70.90
10- L5	324.90	7.03	71.82

Proyecto "análisis comparativo de la resistencia a compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla"

Tabla N° 05 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 10% de arcilla

Descripción	CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	RESISTENCIA (Kg/cm2)
1- L10	360.03	7.79	79.58
2- L10	364.65	7.89	80.60
3- L10	334.15	7.23	73.86
4- L10	373.89	8.09	82.65
5- L10	367.89	7.96	81.32
6- L10	327.68	7.09	72.43
7- L10	344.32	7.45	76.11
8- L10	353.56	7.65	78.15
9- L10	349.40	7.56	77.23
10- L10	328.60	7.11	72.63

Proyecto "análisis comparativo de la resistencia a compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla"

Tabla N°06 Resistencia a compresión de ladrillos con lodo en sustitución del 15% de arcilla

Descripción	CARGA MAXIMA (KN)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	RESISTENCIA (Kg/cm2)
1- L10	308.73	6.68	68.24
2- L10	286.08	6.19	63.24
3- L10	278.69	6.03	61.60
4- L10	312.43	6.76	69.06
5- L10	318.43	6.89	70.39
6- L10	290.24	6.28	64.16
7- L10	296.71	6.42	65.59
8- L10	281.46	6.09	62.21
9- L10	307.16	6.48	66.20
10- L10	319.36	6.91	70.59

Proyecto "análisis comparativo de la resistencia a compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla"

En la tesis realizada para obtener el título de Ingeniero Civil "análisis comparativo de la resistencia a compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla" con la sustitución del 5%, 10% y 15% se obtuvieron una resistencia a la compresión $f'c = 68.886, 77.456$ y 66.128 kg/cm^2 respectivamente.

En este estudio se puede visualizar que la resistencia a la compresión del 5%, 10% y 15% se obtuvieron resultados superiores de la resistencia a la compresión del ladrillo tipo I establecido en la norma técnica peruana E -070 albañilería 2006 ($f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$).

Tabla N° 07 Características de ladrillos LDU

CARACTERISTICAS DE LOS LADRILLOS PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EMPLEANDO LODOS DESHIDRATADOS PROVENIENTES DE LA PTAR "UCUBAMBA"					
Descripción de la probeta	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Lado 3 (cm)	Área (cm ²)	Carga (KN) Resistente
T. 1	13.3	25.7	7.6	341.810	138.670
L.5	13	25.7	7.5	334.100	211.994
L.10	12.9	25.7	7.4	331.530	129.615

PROYECTO "Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregados de materiales de construcción"

Tabla N° 08 Resultados de la Resistencia a Compresión de Ladrillos LDU

CARACTERISTICAS DE LOS LADRILLOS PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EMPLEANDO LODOS DESHIDRATADOS PROVENIENTES DE LA PTAR "UCUBAMBA"			
	TESTIGO	LADRILLO AL 5%	LADRILLO AL 10%
Carga Máxima y resistencia Obtenida			
Carga Máxima (KgF)	14150	21632	13226
Resistencia (Kg/cm ²)	41.95	64.62	39.66

PROYECTO " Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregados de materiales de construcción "

En la tesis realizada para obtener el título de Ingeniero Civil "Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregados de materiales de construcción" con la sustitución del 5% y 10% se obtuvieron una resistencia a la compresión $f^c = 64.62$ y 39.66 kg/cm^2 respectivamente; en este estudio se puede visualizar que la resistencia a la compresión del 5% obtuvieron resultados superiores de la resistencia a la compresión del ladrillo tipo I establecido en la norma técnica peruana E -070 albañilería 2006 ($f^c = 50 \text{ kg/cm}^2$) y en la sustitución del 10% no se obtiene la resistencia mínima a la compresión de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana E-070 albañilería.

Tabla N° 09 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 100:0 respectivamente)

Muestra	Área cm^2	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm^2	M Pa^1
1	358	14300	39.95	3.69
2	357	13720	38.41	3.77
3	358	13360	37.32	3.66
Promedio	357.67	13793.33	38.56	3.71

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 10 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 99:1 respectivamente)

Muestra	Área cm^2	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm^2	M Pa^1
1	357.8	14180	39.63	3.89
2	357	13980	39.14	3.84
3	358	13360	37.32	3.66
Promedio	357.60	13840.00	38.70	3.80

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 11 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 95:5 respectivamente)

Muestra	Área cm ²	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm ²	M Pa ¹
1	358	16260	45.43	4.44
2	358	16640	46.47	4.56
3	357	16500	46.17	4.54
Promedio	357.67	16466.67	46.02	4.51

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 12 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 90:10 respectivamente)

Muestra	Área cm ²	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm ²	M Pa ¹
1	358	16480	46.07	4.52
2	358	17020	47.48	4.66
3	358	16960	47.39	4.65
Promedio	358.00	16820.00	46.98	4.61

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 13 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 80:20 respectivamente)

Muestra	Área cm ²	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm ²	M Pa ¹
1	358	12160	33.93	3.33
2	358	12140	33.89	3.32
3	358	12240	34.19	3.35
Promedio	358.00	12180.00	34.00	3.33

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 14 Ensayo de resistencia a la compresión de bloques fabricados con una mezcla de arcilla y lodo (proporción 60:40 respectivamente)

Muestra	Área cm ²	Carga de rotura (kg)	Resistencia	
			Kg/cm ²	M Pa ¹
1	357	10780	30.16	2.96
2	358	10850	30.31	2.97
3	358	10740	30.02	2.94
Promedio	357.67	10790.00	30.16	2.96

1 Valor mínimo según NTC 4205=> 3 M Pa

2 Valor máximo según NTC 4205=<14 M Pa

Trabajo de investigación: "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales"

Tabla N° 15 Niveles y Factores Según Porcentaje de Arena a Reemplazar por Lodo Aluminoso

Niveles	% Arena reemplazar por lodos aluminosos	Arena (%)	Lodo Aluminoso (%)
1	0	25	0
2	10	22.5	2.5
3	20	20	5
4	30	17.5	7.5
5	40	15	10

Trabajo de Investigación: "Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos"

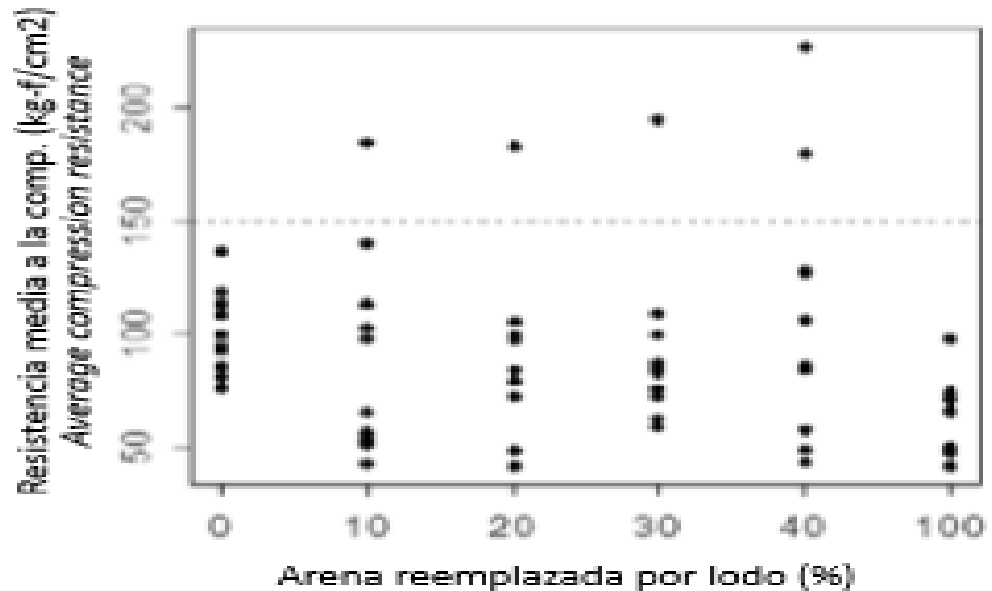


Figura. 01 *Dispersión Resistencia media a la compresión*

Ladrillos y bloques cerámicos para unidades de uso estructural y no estructural (resistencia mínima 150 y 100 kg/cm² respectivamente y considera como defectos principal y secundario el no cumplimiento de la resistencia a la compresión. (Torres et al., 2003).

En el trabajo de investigación denominado “Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos” no se obtiene la resistencia mínima a la compresión de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana E-070 albañilería ($f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión:

En la revisión de trabajos de investigación (Tesis y Revistas) se encontraron diferentes resultados por los investigadores de Ecuador y Colombia donde se obtuvieron que en el trabajo de investigación denominado "Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Ladrillos Tradicionales Y Ladrillos Elaborados A Base De Lodos De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Red Casigana, Como Sustituto Parcial De La Arcilla" presentada por la tesista Mayra Jissela Reinoso Chicaiza en el año 2017 utilizaron como sustituto parcial de la arcilla, en los porcentajes de 5%, 10% y 15%; obtuvo una resistencia a la compresión $f'c = 68.886, 77.456$ y 66.128 kg/cm^2 respectivamente.

En la tesis presentada para obtener el título de ingeniero Civil denominado "Aprovechamiento de Lodos Deshidratados Generados En Plantas De Tratamiento De Agua Potable y Residual Como Agregado Para Materiales De Construcción." Presentada por los autores Andrea Melissa Bermeo Barreto y Edgar Paúl Idrovo Heredia en el año 2014 donde utilizaron lodos deshidratados procedentes de la PTAR "Ucubamba" en los porcentajes del 5 y 10% del volumen de un ladrillo tradicional, donde se obtuvieron los siguientes resultados a la resistencia a la compresión $f'c = 64.62$ y 39.66 kg/cm^2 respectivamente.

En los dos trabajos de investigación se puede evidenciar que los investigadores utilizan dos porcentajes iguales del 5% y al 10% donde en los resultados al 5% hay una

diferencia de 4.266 kg/cm^2 mientras que en la sustitución del 10% existe una diferencia del 37.79 kg/cm^2 como también se evidencia en el mismo trabajo de investigación presentada por Mayra Jissela Reinoso Chicaiza en el año 2017 en la sustitución del 10% obtiene mejores resultados que en la sustitución del 5%.

Mientras que en artículos de investigación publicadas en los años 2013 y 2012 denominadas "Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales" realizada y publicada por los investigadores César Augusto García Ubaque, María Camila García Vaca Y Martha Lucía Vaca Bohórquez en el año 2013 sustituyeron porcentajes de lodos de plantas de tratamiento de agua residual en 0%, 1%, 5%, 10%, 20% y 40% obteniendo los siguientes resultados 38.56 , 38.70 , 46.02 , 46.98 , 34.00 y 30.16 kg/cm^2 respectivamente.

En el trabajo de investigación denominado "Uso Productivo De Lodos De Plantas De Tratamiento De Agua Potable En La Fabricación De Ladrillos Cerámicos" realizada por los autores Patricia Torres, Darwin Hernández y Diego Paredes en el año 2012 utilizaron los siguientes porcentajes como sustitutos de la arena 0%, 10%, 20%, 30% y 40% donde obtuvieron los siguientes resultados inferiores a la resistencia a la compresión $f'c$ inferiores a 150 y 100 kg/cm^2 los cuales el trabajo de investigación antes mencionado recomienda el uso de estos ladrillos no estructurales.

En estos dos artículos de investigación se visualiza que ningunos pueden llegar a la resistencia a la compresión de acuerdo a lo establecido en la NTP E 070 albañilería 2006, la que establece ($4.9 \text{ MPa} / f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$).

4.2. Conclusiones

- En la sistematización de información de trabajos de investigación donde se utilizan lodos deshidratados para elaborar unidades de albañilería se encuentran con alto contenido de óxido de aluminio y sílice que puedan contribuir en mejorar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.

Tabla N° 16 Valores teóricos típicos de los generados en plantas de tratamiento de agua potable.

Parámetro	Valor
Ph, Unidades	6 a 8
Solidos Totales, %	0.1 a 4
Oxido de aluminio, %	15 a 40
Sílice e Inertes	35 a 70
Aluminio Disuelto, mg/l	0.024 a 0.45
Aluminio total, mg/l	808.3 a 2567
Manganeso disuelto, mg/l	1.66 a 7.28
Manganeso total, mg/l	46.5 a 173.9
Hierro total, mg/l	100 a 322
Hierro disuelto, mg/l	3.5 a 6.47
Carbón orgánico total, mg/l	22.9 a 2545

Fuente: Weber, W. (2003)

- Los resultados obtenidos por la sustitución de lodos deshidratados de 5% al 15% por arcilla superaron a lo establecido en la norma E 070 de albañilería en ladrillos tipo I (Reinoso. M. 2017) mientras que en la sustitución de lodos deshidratados hasta el 10% en el trabajo de investigación Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos (Torres

P., Hernández D., Paredes D. 2012) lograron cumplir con lo establecido en la norma E 070 de albañilería; como también en la investigación realizada por (Bermeo A., Idrovo E., 2014) cumplen con la norma E 070 de albañilería con una sustitución al 5%. Mientras que en la ciudad de Arequipa los investigadores (Chire Y., Rondan G. 2014) demostraron que con la sustitución de hasta el 100% cumplen con lo establecido en la Norma E 070 de albañilería.

- En el presente trabajo de sistematización de información se encuentra que los investigadores (Chire Y., & Rondan G. 2014) obtienen mejores resultados con la sustitución de porcentajes de lodos por arcilla en la ciudad de Arequipa; como también (Reinoso. M., 2017) obtiene resultados que cumplen con la norma E 070 de albañilería con una sustitución de hasta el 15%. Mientras que en trabajos realizados en los países de Colombia y Ecuador no obtienen resultados favorables que se acerquen a lo que se establece en la norma E-070 de albañilería.

REFERENCIAS

- Andreoli V. C. (2005), Utilización de Lodos Aluminosos como Materia Prima en la Industria Cerámica, Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB, Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, Brasil.
- Araujo L., Molina S., Noguera L. (2018) Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción
<https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/download/1231/1103>
- Arboleda J. (2000), Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, Mc-Graw Hill, Colombia.
- Bermeo A., Idrovo H. (2014) “Aprovechamiento De Lodos Deshidratados generados En Plantas De Tratamiento De Aguapotable Y Residual Como Agregado Paramateriales De Construcción.” <https://es.scribd.com/document/354003704/Tesis-Aprovechamiento-de-Lodos-Deshidratados-en-Materiales-de-Construccion>.
- Chire Y., Rondán G. (2017) “Uso De Lodos Generados En Los Decantadores De Una Planta De Tratamiento De Agua Potable Como Materia Prima Para La Elaboración De Ladrillos De Construcción”
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3959/IQchsayp035.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García V. M, VACA B. M, García U.C. (2013) Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a06.pdf>

- Geertsema W. S., Knocke W.R., Novak J. T., Dove D. (1994), Long-term effects of sludge application to land, *Journal of the American Water Works Association*, 86 (11), 64-74.
- George D. B., Berk S. G., Adams V. D., Morgan E. L., Roberts R. O., Holloway C., Lott R. C., Holt L. K., Thing R. S., Welch A. W. (1991), Alum Sludge in the Aquatic Environment, *Research Foundation and Journal of the American Water Works Association – AWWAR*, Estados Unidos.
- Guimarães M., Morita D. (2003), Incorporação de Lodo de Estações de Tratamento de Água em Blocos Cerâmicos. Iniciação Científica Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.
- Hernández D. (2006), Aprovechamiento de Lodos Aluminosos (de la Etapa de Sedimentación) de Sistemas de Potabilización como Agregado en la Fabricación de Ladrillos Cerámicos, Tesis Maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732012000300003
- Kaggwa R. C., Mulalelo C. I., Denny P., Okurut T. O. (2001), The impact of alum discharges on a natural tropical wetland in Uganda, *Water Research*, 35 (3), 795-807.
- Mangialardi T. (2001), Sintering of MSW fly ash for reuse as a concrete aggregate, *Journal of Hazardous Materials*, 87 (1 - 3), 225 - 239.

- Mejía R., Delvasto S. (1998), Aprovechamiento de Lodo Aluminoso Generado en el Proceso de Potabilización del Agua, EMCALI EICE ESP – Universidad del Valle, Colombia.
- Novaes R., Isaac R., Morita D. (2003), Incorporação de Lodo de ETA na Indústria Cerâmica, Seminário de Acompanhamento de Pesquisa em Saneamento e Ambiente, Campinas, São Paulo, Brasil.
- Nuvalori A. (2002), Inertização de Biossólidos em Tijolos Cerâmicos Maciços: Aspectos Tecnológicos e Ambientais, Tesis Doctorado em Engenharia Civil. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Reinoso C. M. (2017) “Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión De Ladrillos Tradicionales Y Ladrillos Elaborados A Base De Lodos De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Red Casigana, Como Sustituto Parcial De La Arcilla.” <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26497>
- Taylor G. J. (1989) Aluminum Toxicity and Tolerance in Plants. Acidic Precipitation: Biological and Ecological Effects. In Advances in Environmental Science, Adriano, D.C. and Johnson, A.H. (eds.).
- Weber, w., (2003) Control de la calidad del agua: procesos físicos químicos. Barcelona: Reverté. 654 p. ISBN: 84-291-7522-9
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=14086>