

Fabricación de ladrillos a partir de lodos secos

Francy Yolima Umaña Pérez* y Jairo A. Romero Rojas**

En este trabajo se evalúa la factibilidad de la fabricación de ladrillos utilizando lodo seco de la planta de purificación de agua Francisco Wiesner, solo o en combinación con materia prima convencional, en porcentajes máxicos de 25, 50 y 75%. Para ello se realizó la caracterización fisicoquímica del lodo y de las mezclas, determinándoles densidad relativa, humedad, contenido de materia orgánica tamaño de partícula, límites de Atterberg y contenido de hierro y de aluminio. Una vez elaborados los ladrillos se hicieron las pruebas de calidad mencionadas en la norma para ladrillos macizos de arcilla, Icontec 451, la cual requiere la medición de dimensiones, porcentaje de absorción, y resistencia a la flexión y a la compresión. A partir de los resultados obtenidos se concluyó que un porcentaje mayor o igual al 25% de lodo seco, en la mezcla con arcilla, no permite obtener ladrillos de calidad comercial aceptable.

ANTECEDENTES

El uso adecuado de los recursos naturales requiere la reducción de los niveles de contaminación de las fuentes hídricas, de los suelos y del aire, así como la búsqueda de beneficios adicionales mediante reciclaje de los residuos de los procesos productivos industriales.

Como producto residual de muchos procesos físicos, biológicos o químicos resultan los denominados lodos, que en su mayor parte son pequeñas cantidades de sólidos en grandes volúmenes de agua, cuyo manejo y disposición final son un inconveniente ambiental frecuente por las altas cantidades que se producen y por su variada composición química.

La planta de purificación Francisco Wiesner de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá no es ajena a esta problemática, ya que utiliza cerca de 60.000 m³/d de agua para realizar el lavado de sus 16 filtros rápidos (generalmente se efectúan dos lavados a cada filtro en un día), produciendo un gran volumen de lodos. Estos lodos se vierten alternadamente en tres lagunas de sedimentación, cada una con una capacidad aproximada de 70.000 m³, en donde se deposita progresivamente el material sólido de los lodos y se rebosa el agua sobrenadante hacia el embalse de San Rafael (ver figura 1).

Una vez copada la capacidad de almacenamiento de lodos húmedos

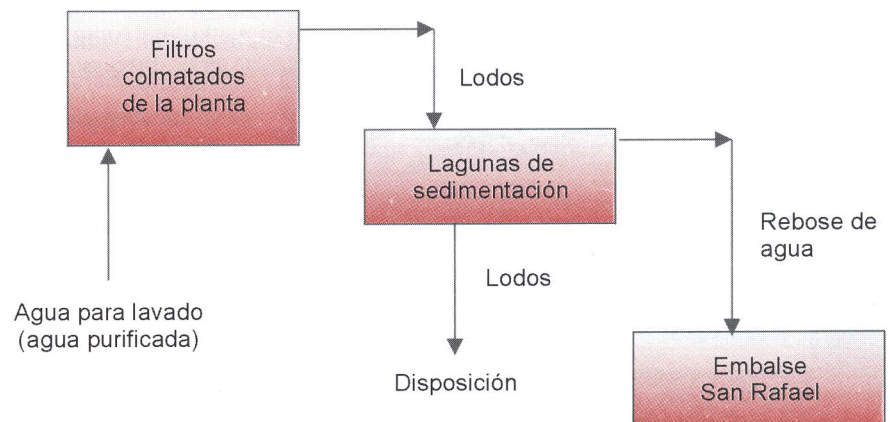


Figura 1. Producción y disposición de lodos en la planta Wiesner.

* Ingeniera química, magíster en ingeniería ambiental, ingeniera de estudios y diseños de Cipresa Ltda.

** Ingeniero civil, MEEE, miembro del Consejo Directivo y profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

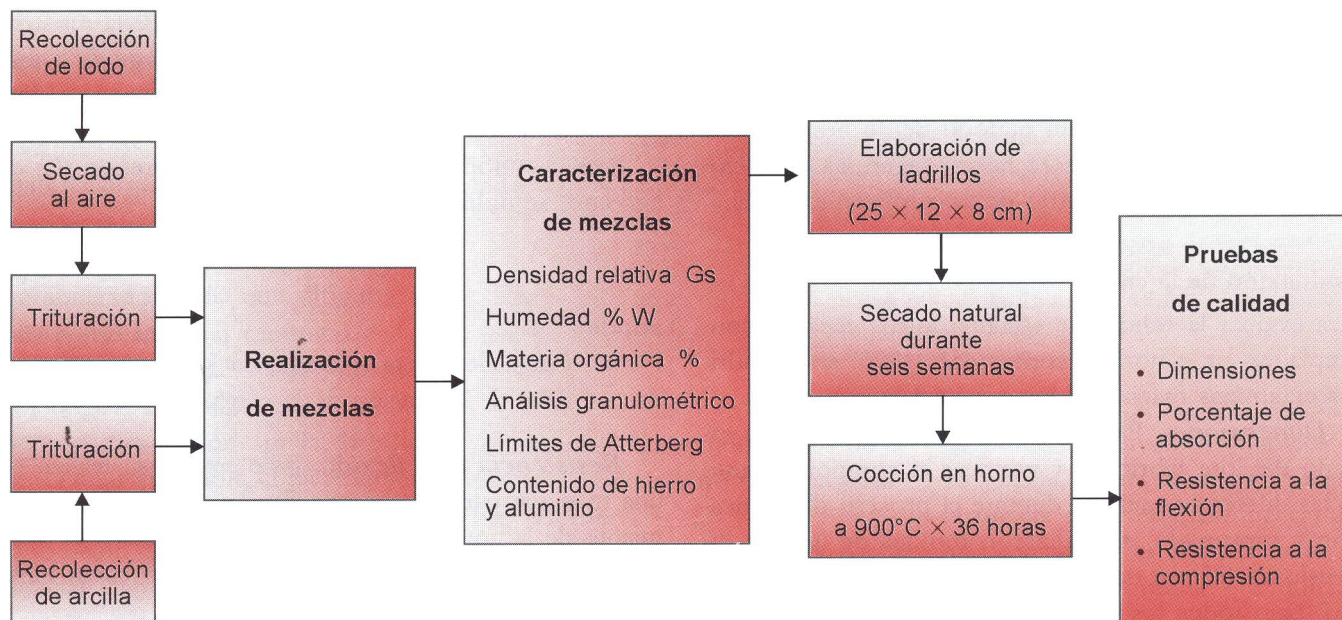


Figura 2. Metodología.

(con 85% de humedad) de las tres lagunas, se presenta la necesidad de efectuar una adecuada disposición de dicho material. En este artículo se plantea la posibilidad de emplear los lodos de estas lagunas como materia prima en la elaboración de ladrillos macizos, buscando concretar una solución alternativa para la disposición final de este tipo de residuo.

En el caso de los lodos, tanto de aguas residuales como de agua cruda, durante mucho tiempo se dispusieron sin ningún pretratamiento sobre fuentes hídricas; incluso hoy en muchas plantas se conserva esta práctica.

Para remediar tal situación se inició la utilización de los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales como agregados finos para cemento, asfalto sintético o coadyuvantes de la vitrificación en materiales cerámicos y vidrio, buscando una disposición adecuada de ellos, y como ventaja

adicional la disminución de materia prima convencional para dichos procesos.

METODOLOGÍA

El material base del presente estudio se extrajo de la laguna cuya capacidad de almacenamiento estaba copada y en donde el lodo se encontraba con menor contenido de agua, sin necesariamente estar seco.

El material arcilloso usado convencionalmente para la elaboración de ladrillos macizos se obtuvo en una fábrica artesanal (Chircal).

La metodología empleada se resume en la figura 2.

Mezclas utilizadas

Se realizaron las mezclas indicadas en la tabla 1 y se evaluaron sus características físicas y químicas.

Las características físicas determinadas fueron densidad relativa, humedad, contenido de materia orgánica,

tamaño de partículas (determinado mediante análisis granulométrico con tamiz N° 200) y límites de Atterberg (contracción, líquido y plástico).

Tabla 1
Mezclas realizadas

Mezcla	Componentes	Contenido (%)
1	Arcilla	100
2	Arcilla Lodo	75 25
3	Arcilla Lodo	50 50
4	Arcilla Lodo	25 75
5	Lodo	100

Elaboración de ladrillos

Se fabricaron quince ladrillos macizos con cada uno de los materiales utilizados: arcilla, lodo, y las tres mezclas de arcilla y lodo.

El secado de los ladrillos se hizo a cielo cubierto, con ventilación natural, por un período de 48 días.

La cocción de los ladrillos se realizó a una temperatura de 900°C, durante un período de 36 horas, y una etapa de enfriamiento de 72 horas, según las condiciones establecidas en el horno de la ladrillera artesanal.

Evaluación de la calidad

Para evaluar la calidad se efectuaron los ensayos contemplados en la norma Icontec 451 (1995) sobre ladrillos cerámicos macizos y huecos hechos con arcilla.

Dimensiones. Para establecer la uniformidad en tamaño del lote fabricado y verificar el comportamiento de las diferentes mezclas durante el proceso de fabricación y terminado, se utilizaron moldes de iguales dimensiones (25 cm de largo, 12 cm de ancho y 8 cm de alto) para todos los ladrillos.

Porcentaje de absorción. Según la norma Icontec 451, el porcentaje de absorción se calcula como el promedio de los porcentajes de absorción de tres unidades sometidas a desecación a 110°C hasta peso constante, ventiladas por cuatro horas, sumergidas en agua a 15°C durante 24 horas y secadas con toalla húmeda. El cálculo se realiza según la ecuación 1.

$$\% Abs. = (P_2 - P_1) * 100 / P_1 \tag{1}$$

donde:

- P₁ : Masa después de secado
- P₂ : Masa después de sumersión

Resistencia a la compresión. Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión se efectuaron en una máquina de plato con rótula de segmento esférico, sobre tres unidades, con sus superficies previamente alisadas con azufre. La mitad de la carga supuesta se aplicó rápidamente y la otra mitad se aplicó gradual-

mente, en uno o dos minutos. El cálculo de la resistencia a la compresión se hizo midiendo la carga de rotura del ladrillo y las dimensiones sobre las cuales se aplicó la carga.

Para cuantificar la resistencia a la compresión (C) en kgf/cm², se utiliza la ecuación 2.

$$C = P / A \tag{2}$$

donde:

- P : Carga de rotura aplicada, en kgf
- A : Área de aplicación de la carga, en cm²

Resistencia a la flexión. Este ensayo se realizó en una máquina para ensayos de flexión, según el procedimiento de la norma 451 de Icontec. La muestra se secó a 110°C, hasta peso constante, y se aplicó carga hasta rotura del ladrillo.

Para cuantificar la resistencia a la flexión (σ) en kgf/cm², se usa la ecuación 3.

$$\sigma = (P * L * Z) / (4 * I) \tag{3}$$

donde:

- P : Carga de rotura, kgf
- L : Distancia entre apoyos, cm
- Z : Distancia entre línea neutra y fibra más alejada, cm
- I : Momento de inercia, cm⁴
- I = b*h³/12
- b : Lado menor, cm
- h : Lado mayor, cm

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se incluyen en las tablas 2 a 4 y en las gráficas 1 a 8.

Los ladrillos elaborados con la mezcla 5 no se evaluaron porque se destruyeron durante el secado y la cocción.

Tabla 2
Caracterización fisicoquímica de las mezclas

Mezcla	Gs	%W	%MO	% pasa T - 200	W _L %	W _p %	LC %	% Fe	% Al
1	2,63	23,7	4,56	76,4	27,4	17,2	7,40	1,89	1,08
2	2,61	68,1	9,87	83,4	42,8	26,5	15,25	---	---
3	2,62	108,0	14,35	77,4	40,4	28,0	21,79	---	---
4	2,64	133,3	15,17	81,3	43,3	33,1	13,02	---	---
5	2,60	256,7	29,00	32,5	No líq.	No plás.	4,37	3,28	2,13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los lodos utilizados en esta investigación poseen alto contenido de materia orgánica (29%), contrario a la generalización teórica sobre la inorganicidad de lodos de plantas potabilizadoras, lo que dificulta su uso como material cerámico.

Una concentración de lodo mayor o igual al 25% no permite obtener, en mezcla con arcilla, ladrillos de calidad aceptable comercialmente; por tanto, no resulta factible la fabricación de ladrillos de calidad comercial aceptable, usando como ma-

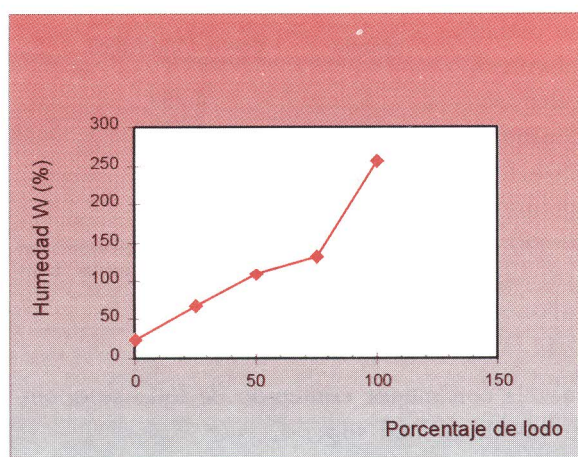
Tabla 3
Pruebas de calidad realizadas a los ladrillos

Mezcla	Dimensiones			Absorción (%)	Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)	Resistencia a la flexión (kgf/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)			
1	23,6	10,7	6,9	7,05	130,0	9,5
2	21,5	9,5	6,8	27,31	27,9	1,7
3	20,7	8,8	6,2	28,25	19,2	0,8
4	19,4	8,3	5,9	32,60	18,0	0,6

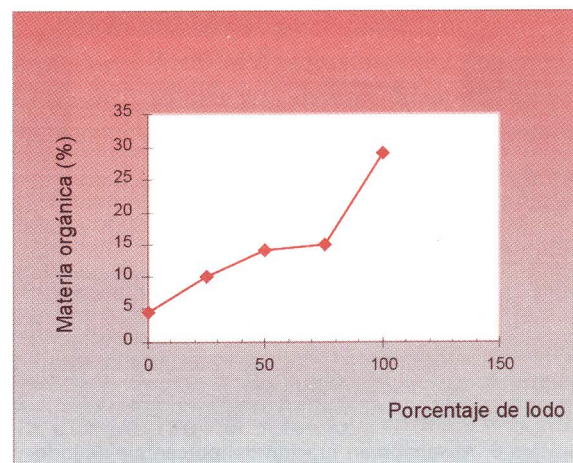
teria prima lodos crudos secos de la planta de tratamiento de agua potable Wiesner.

Los ladrillos elaborados a partir de la mezcla 2 (compuesta por arcilla y lodo en porcentajes máxicos del 75 y 25%, respectivamente) presentaron las características de calidad más cercanas a las de ladrillos de arcilla. Puede asegurarse que utilizan-

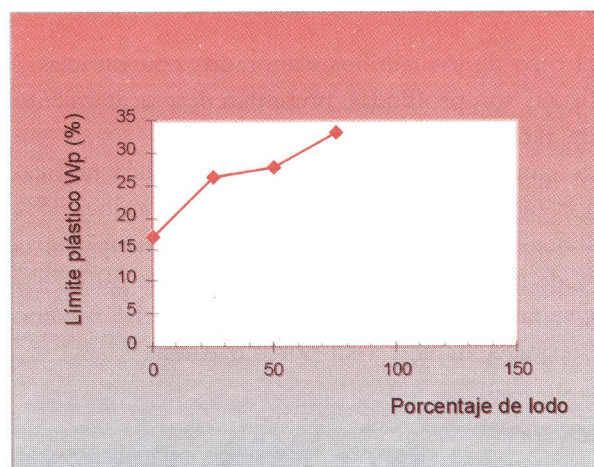
lla y lodo en porcentajes máxicos del 75 y 25%, respectivamente) presentaron las características de calidad más cercanas a las de ladrillos de arcilla. Puede asegurarse que utilizan-



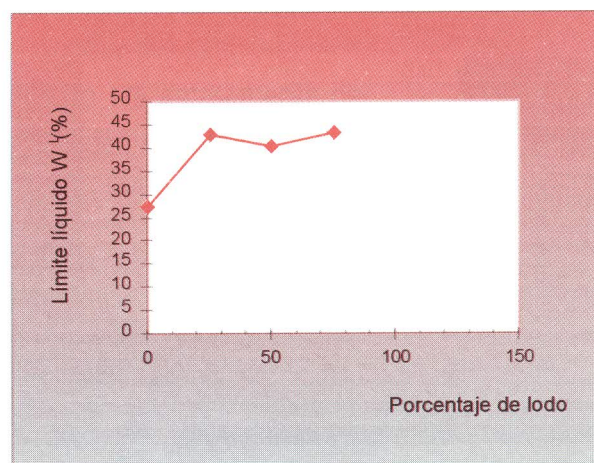
Gráfica 1. Contenido de humedad en función del porcentaje de lodo.



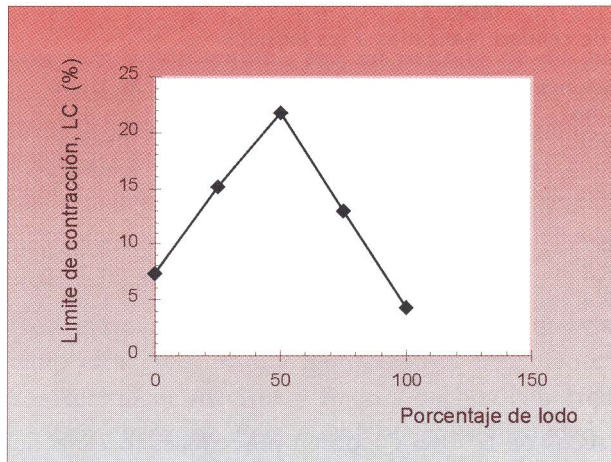
Gráfica 2. Contenido de materia orgánica en función del porcentaje de lodo.



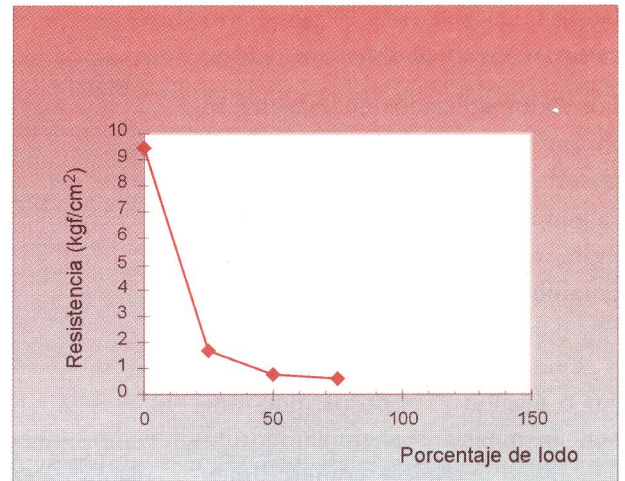
Gráfica 3. Límite plástico en función del porcentaje de lodo.



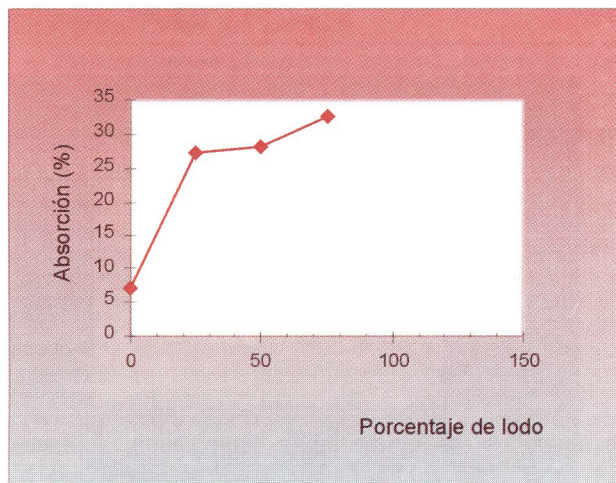
Gráfica 4. Límite líquido en función del porcentaje de lodo.



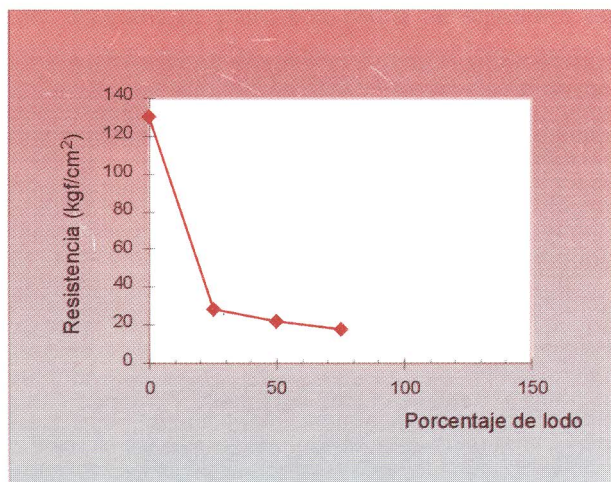
Gráfica 5. Límite de contracción en función del porcentaje de lodo.



Gráfica 8. Resistencia a la flexión en función del porcentaje de lodo.



Gráfica 6. Absorción en función del porcentaje de lodo.



Gráfica 7. Resistencia a la compresión en función del porcentaje de lodo.

Tabla 4
Costo unitario de los ladrillos

Mezcla	Costo (\$/ladrillo)
1	1.753
2	1.713
3	1.673
4	1.633
5	1.593

En la cuantificación del costo de fabricación experimental se tuvieron en cuenta costos de materiales, transporte, alquiler de equipos y personal.

do una mezcla con menor contenido de lodo se obtendrían ladrillos de calidad superior.

La apariencia de los ladrillos elaborados con las mezclas 2, 3 y 4, con contenidos de lodo del 25, 50 y 75%, respectivamente, es inadecuada por las fisuras que presentan.

En el caso de los ladrillos elaborados con mezclas 3 y 4 las fisuras son profundas, presentan descascaramiento y ruptura fácil con la manipulación.

Puede considerarse la utilización de ladrillos fabricados con la mezcla 2 (compuesta de 25% de lodo y 75% de arcilla) para construcción de pisos y mampostería rústica, y de las mezclas 3 y 4 (compuestas de 50 y 75% de lodo, respectivamente), cocidas, como recebo o como aislante térmico, debido a su porosidad alta.

REFERENCIAS

Umaña Pérez, Francy Yolima, Fabricación de ladrillos a partir de lodos secos. Tesis M. Sc. en ingeniería ambiental, Bogotá, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 1999.