

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

UTILIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y ADOQUINES

AUTORES:

IVÁN SANTIAGO GRANDA MESIAS¹
GUSTAVO ADOLFO PLAZA TAPIA²

Afiliación institucional:

¹Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A.
Dirección postal: Av. Unidad Nacional S/N
de fax: 59332812610 ext:5102

Mail: igranda@corpesa.com

²Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A.
Dirección postal: Av. Unidad Nacional S/N
de fax: 59332812610 ext:5102
Mail: gplaza@corpesa.com

Resumen: Uno de los problemas críticos en la fábrica Cedal S.A. es la disposición final de los lodos provenientes de los filtros prensa de los procesos de anodizado y la planta de efluentes, la investigación tiene como objeto reutilizar los lodos residuales como materia prima para la fabricación de ladrillos y adoquines.

Para lo cual se determinó la viabilidad de utilizar los lodos en diversas proporciones y composiciones, reemplazando un porcentaje de tales materias originales por el lodo residual, en el caso de los ladrillos los componentes utilizados fueron: caolín, arcilla, diatomita y lodo, éste último en base seca y base húmeda; variando los porcentajes de lodo entre el 10% al 40%, es decir se realizó 8 muestras con lodos; así mismo en el caso de los adoquines los componentes usados fueron: cemento, arena, chispa piedra y lodo, tanto seco como húmedo, en este caso solo se varió los porcentajes entre el 10% y 20%, es decir en total se realizaron 4 muestras; luego se dejó 28 días para que se sequen bien y poder realizar las pruebas de compresión, obteniendo como resultados que varias muestras se destruyeron a la intemperie, en otras se logró realizar los ensayos de compresión a las muestras sin resultados positivos, pero llegando a tener buen resultado en la elaboración de ladrillos con composición de lodo seco al 10%, la cual presentó una resistencia en el ensayo a la compresión de 46.7 kg/cm², por lo que se pueden elaborar ladrillos huecos de tipo E según la norma NTE INEN 297:78.

Palabras clave

Caolín, Diatomita, Lodo seco, Lodo húmedo.

Abstract: One of the critical problems in CEDAL S.A. is the proper disposal of the sludge from the filter press and anodizing processes plant, effluents that are considered special waste, therefore it is sought to provide a suitable choice for these muds; different tests have been performed to determine the composition for the manufacturing of paving stones as well as bricks, and using different proportions of raw materials by replacing a percentage of the original materials with sludge. For the bricks, the composition was made as follows: kaolin, clay, diatomite and mud, mud performing dry bases and wet sludge, sludge percentages varying from 10% to 40%, ie 8 samples was performed with sludge. Likewise in the case of paving, the composition was made as follows: cement, sand , mud and stone spark, both dry and wet, but in this case, only the percentages varied between 10% and 20%, ie 4 samples were performed in total; The samples were allowed to dry well for 28 days in order to perform compression tests, obtaining as results that several samples were destroyed by weather, others managed to perform the test without positive results, but good results were obtained in the production of pavers with dried mud composition of 10%, which presented the resistance to compression test $46.\text{kg}/\text{cm}^2$ therefore can be made of hollow blocks according to the standard E type NTE INEN 297:78

Key words:

Kaolin, Diatomite, Dry sludge, Wet sludge

TEMA:

UTILIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y ADOQUINES

I. Introducción

El propósito del presente artículo es dar una opción de disposición final a personas que investiguen sobre desechos sólidos similares generados en diferentes procesos productivos. Al tener un desecho sólido catalogado como especial, es difícil encontrar diferentes alternativas para disposición final, por lo cual se plantea un estudio investigativo, con el fin de saber si puede ser factible o no realizar ladrillos y adoquines con este desecho, para diferentes usos. En un reciente estudio acerca del “uso de lodo residual de la empresa Extralum S.A. como material alternativo en la fabricación de cementos especiales” (Vargas 2006), se dice que: “Las pruebas realizadas a diferentes mezclas demuestra que el lodo incorporado al cemento, modifica sus características iniciales, acelerando los tiempos de fragua, aumentando la porosidad del material, condición que afectó negativamente la resistencia del cemento, pero aumentó su capacidad aislante”. Con este antecedente se realiza las pruebas con lodo en base seca y húmeda a diferentes porcentajes de mezcla, para la elaboración de adoquines y ladrillos, una vez elaboradas las muestras de acuerdo a las normas NTE INEN 1488:87 y NTE INEN 293:78; se procede a realizar las pruebas de comprensión de acuerdo a las normas NTE INEN 1485:87 y NTE INEN 294:78. Donde las pruebas en ladrillos fueron negativas y en adoquines una prueba salió con resultado positivo hecho con lodo en base seca.

El presente artículo científico está estructurado de la siguiente manera: Resumen, donde se describe brevemente los objetivos del trabajo, como se lo hizo y los resultados que se obtuvieron; Introducción, donde expresa el fundamento lógico, su propósito, la manera de como se realizó y hallazgos; Metodología, donde se establece los métodos y procedimientos de la investigación; Evaluación de resultados y discusión, donde se establece una secuencia lógica para la presentación de resultados; Trabajos relacionados, se hace una breve comparación de el trabajo investigativo y las citas bibliográficas encontradas; Conclusiones y trabajo a futuro, donde se relata la importancia del trabajo y la proyección que tiene el artículo para permitirle dar la continuidad a la temática.

II. Metodología

Para la realización de los adoquines se utilizaron materiales comunes como: cemento, arena, chispa piedra, agua y el lodo residual en base seca y húmeda; para los ladrillos en cambio se utilizó materiales como: caolín, arcilla, diatomita, agua y el lodo residual en base seca y húmeda; su composición se determinó en diferentes porcentajes. La elaboración de los prototipos de adoquines se realizó basado en las normas NTE INEN 1484:87 y la NTE INEN 1488:87; mientras que los prototipos de ladrillos se realizó basado en las normas NTE INEN 293:78 y la NTE INEN 294:78. Los equipos utilizados para la realización de la prueba piloto de adoquines fueron una mezcladora, una máquina prensadora moldeadora, una carretilla para el transporte de los adoquines moldeados, y un pallet llano para el asentamiento de los adoquines y su secado al ambiente.

La prueba piloto para la elaboración de los adoquines se realizó de la siguiente manera: Se mezcla en primera instancia la chispa piedra y el granzón manualmente apaleando con una pala manual, luego la mezcla realizada se la coloca en la mezcladora, añadiendo de pequeñas cantidades en pequeñas cantidades el cemento; luego a la mezcla resultante se le añade el lodo y se mezcla hasta obtener una masa homogénea.

La mezcla se coloca en los moldes de la prensa de adoquines y se lo somete a alta presión, aproximadamente a 140 psi. Luego se desmolda los adoquines prensados y se coloca en unos coches para ser llevados al secado a temperatura ambiente. Finalmente, se les marca para tener trazabilidad donde permanecen por un lapso de 28 días de secado para proceder a realizar las pruebas de compresión.

Para la elaboración de ladrillos se pesa los componentes de la mezcla tanto del caolín, diatomita, arcilla y el residuo, para luego colocarlos en envases previamente identificados, se procede a mezclar manualmente los componentes y se va añadiendo pequeñas cantidades de agua hasta formar una masa que alcance la contextura adecuada, luego de ésto se lo coloca en unos moldes en donde se le da una forma rectangular, se marca los ladrillos para tener trazabilidad y se los coloca en un pallet liso para dejarlos secar por 5 días a temperatura ambiente, para luego llevarlos al horno y proceder a la cocción a una temperatura aproximada de 1000°C durante 12 horas, para luego proceder a su almacenamiento, y después de 28 días realizar las pruebas de compresión.

Las composiciones utilizadas para la elaboración de adoquines y ladrillos se evidencian a continuación:

TABLA 1. Componentes usados en la elaboración de adoquines

Muestra	Tipo de residuo	Cantidad residuo (%)	Cantidad Chispa Piedra (%)	Cantidad Granzón (%)	Cantidad Cemento (%)
LH1	Lodo Húmedo	10	40	30	20
LH2	Lodo Húmedo	20	30	30	20
LS1	Lodo Seco	10	40	30	20
LS2	Lodo Seco	20	30	30	20
N1	No aplica	0	40	40	20
*La humedad de lodo seco es 42% y la de lodo húmedo era 81%					

TABLA 2. Componentes usados en la elaboración de ladrillos

Muestra	Tipo de residuo	Cantidad residuo (%)	Cantidad Caolín (%)	Cantidad Arcilla (%)	Cantidad Diatomita (%)
LH1	Lodo Húmedo	10	40	40	10
LH2	Lodo Húmedo	20	30	40	10
LH3	Lodo Húmedo	30	30	30	10
LH4	Lodo Húmedo	40	25	25	10
LS1	Lodo Seco	10	40	40	10
LS2	Lodo Seco	20	30	40	10
LS3	Lodo Seco	30	30	30	10
LS4	Lodo Seco	40	25	25	10
N1	No aplica	0	50	40	10

*La humedad de lodo seco es 42% y la de lodo húmedo es 81%

En las tablas 1 y 2 se exponen las composiciones de las muestras elaboradas en la investigación tanto de ladrillos como de adoquines, en donde se les asigna una codificación para su fácil identificación.

Después de un período de 28 días, de madurez, se procede a realizar las pruebas de compresión, éstos se realizaron en el laboratorio de obras públicas del Municipio de Ambato, utilizando las normas: NTE INEN 1485:87 para la determinación de la resistencia a la compresión en adoquines y la NTE INEN 294:78 para la determinación de la resistencia a la compresión en ladrillos.

Con las muestras realizadas, se procede a cumplir el protocolo de las normas aplicadas para la ejecución de los ensayos de compresión en ladrillos como son: el dimensionamiento de las muestras (figura 1), pesaje (figura 2), y finalmente ubicando en la máquina de compresión (figura 3 y 4), para saber los resultados:



figura 1. Toma de dimensiones de las probetas



figura 2. Pesaje de ladrillos



figura 3. Colocación de ladrillo en la máquina de compresión



figura 4. Ejecución del ensayo de compresión

III. Evaluación de resultados y discusión

La forma para la evaluación de resultados se consiguió mediante los ensayos de compresión, a continuación se presentan el resumen del informe entregados:

Resultados de Ladrillos.

Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión de los ladrillos con las diferentes muestras variando el contenido de lodo residual, se evidencian la tabla 3 que son los resultados de las muestras que constan en el Informe INF 1860-LAB-OPM-2012 realizado en el Laboratorio de Suelos del Ilustre Municipio de Ambato

TABLA 3. Resultados de ensayos de compresión de Ladrillos

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LADRILLOS									
MUESTRA #	N1	LH1	LH2	LH3	LH4	LS1	LS2	LS3	LS4
ALTURA LADRILLO (cm)	4.2	4.3	N/A	N/A	N/A	3.9	4.1	4.5	N/A
AREA (cm ²)	143	143	N/A	N/A	N/A	143	143	143	N/A
VOLUMEN (cm ³)	599	613	N/A	N/A	N/A	556	584	641	N/A
MASA(g)	983	895	N/A	N/A	N/A	808	732	802	N/A
PESO UNITARIO (g/cm ³)	1642	1461	N/A	N/A	N/A	1454	1253	1250	N/A
CARGA(kN)	141	154	N/A	N/A	N/A	90	101	39	N/A
FACTOR FORMA	1000	1000	N/A	N/A	N/A	1000	1000	1000	N/A
RESISTENCIA (kg/cm²)	76.3	22.1	N/A	N/A	N/A	46.7	26.6	17.3	N/A

Como se evidencia en la tabla 3, los ensayos con las muestras de lodo húmedo con una composición en peso del 20%, 30% y 40% y la de lodo seco al 40%; se destruyeron al ingresar las muestras al horno y no se pudieron realizar las pruebas de compresión.

La muestra (LS1) con lodo seco al 10% en peso luego de realizar la prueba de compresión arrojó un resultado de 46.7 kg/cm² por lo que según la norma NTE INEN 297:78 se puede elaborar ladrillos huecos de tipo E.

Mientras que con la muestra con lodo seco al 20% (LS2) y con lodo seco al 30% (LS3), y con lodo húmedo al 10% (LH1) se conformaron los ladrillos pero no se obtuvieron valores de resistencia que puedan justificar su elaboración según la norma INEN 297:78

Resultados de Adoquines.

Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión de los adoquines con las diferentes muestras variando el contenido de lodo residual se evidencian la tabla 4 que son los resultados de las muestras que constan en el Informe INF 1860-LAB-OPM-2012 realizado en el Laboratorio de Suelos del Ilustre Municipio de Ambato

TABLA 4. Resultados de Ensayos de compresión de adoquines

ENSAYOS DE COMPRESION ADOQUINES					
MUESTRA #	N	LH-10	LH-20	LS-10	LS-20
ALTURA ADOQUIN (cm)	9	0.3	N/A	9.8	9.4
AREA (cm ²)	200	200	N/A	200	200
VOLUMEN (cm ³)	1960	1860	N/A	1960	1880
MASA(g)	3694	3054	N/A	3667	3484
PESO UNITARIO (g/cm ³)	1884	1642	N/A	1871	1853
CARGA(KN)	154	12	N/A	116	141
FACTOR FORMA	1100	1100	N/A	1100	1100
RESISTENCIA (kg/cm²)	86.4	6.6	N/A	65	79.1

En la tabla 4 se especifica las pruebas realizadas con las muestras en base de lodo seco y lodo húmedo, donde la muestra compuesta de lodo en base húmeda al 20 % se rompió antes del ensayo en la máquina, la de 10% en base húmeda dio una resistencia muy baja en el ensayo a la compresión de 6.6 kg/cm²; y las muestras compuestas en base seca al 10% y 20% se conformaron y se realizaron los ensayos de compresión donde se obtuvo resistencias de 65 kg/cm² y 79.1 kg/cm² respectivamente, sin embargo no cumplen ninguno de los parámetros establecidos en la norma NTE 1488:87, por lo que se recomienda su producción solo para fines decorativos.

IV. Trabajos relacionados

Los estudios realizados acerca de “Reciclaje de lodos de plantas de anodizado como materia prima en la elaboración de cerámicas refractarias” (Chávez – Martínez, 2007); y “uso de lodo residual de la empresa Extralum S.A. como material alternativo en la fabricación de cementos especiales” (Vargas 2006); fueron los puntos de partida para el desarrollo de la presente investigación e idear la forma de reutilizar el lodo residual de la empresa Cedal S.A.; el aporte realizado de la presente investigación, deja un enfoque más amplio y una opción adicional para crear un producto, resultado del lodo residual desecho, para muchas empresas dedicadas a la perfilería de aluminio, ya que no existen muchas investigaciones de este residuo catalogado como desecho especial, definido con un análisis CRTIB, comparado con las anteriores investigaciones se demuestra que puede ser útil para la elaboración de adoquines ya que cumplen con las normas de resistencia que son para la utilización de adoquinado de caminos peatonales y que aporta a que no se lo puede utilizar en la elaboración de ladrillos.

V. Conclusiones y trabajo a futuro

Para la elaboración de ladrillos con lodos residuales provenientes de procesos de anodizado de aluminio se puede concluir que:

Se pueden elaborar ladrillos con composiciones hasta el 10% de lodo en base húmeda, ya que se conforman los ladrillos pero no cumplen con lo mencionado en la norma NTE INEN 297:78; si aumentamos la cantidad de lodo húmedo al ladrillo, éste se desintegra y no se conforma.

El elaborar ladrillos con una composición hasta el 10% en peso de lodo seco se puede realizar ladrillos tipo E que son ladrillos huecos, mientras que al aumentar el contenido en peso de lodo seco éstos se conforman pero no cumplen los lineamientos de la norma antes mencionada, y peor aún si se sobrepasa el 30% en peso de lodo en la composición del ladrillo, este ni siquiera se forma.

En la elaboración de ladrillos es importante mencionar que para dar uso a los lodos húmedos, éstos deberían ser sometidos previamente a un proceso de secado para reducir la humedad contenida en el lodo, ya que en nuestras pruebas generaron buenos resultados al trabajar con lodos por debajo de 45% de humedad.

Con respecto a la realización de adoquines con lodos residuales provenientes de procesos de anodizado de aluminio se puede concluir que:

Se tiene conformación de adoquines utilizando hasta el 10% en peso de lodo húmedo en su composición, mientras que en lodo seco se tiene conformación del adoquín hasta con 20% en peso del lodo, pero superado el valor de las composiciones antes mencionadas el material en el proceso de secado se fragiliza lo que ocasiona que el adoquín se desintegre y resquebraje por lo que no es posible realizar las pruebas de compresión; razón por la cual ningún tipo de adoquín investigado cumple lo estipulado en la norma NTE INEN 1488:87, por lo cual en las composiciones que se conforma el adoquín su uso se vería limitado sólo para fines decorativos, como bordillos.

Agradecimientos

Se realiza un especial agradecimiento a la Corporación Ecuatoriana de Aluminio, por permitir la elaboración de la investigación en base a los lodos residuales de la empresa.

Referencias bibliográficas

Alcántar V.B., García C.L., Haro V.M.A.P., Carrillo C.E.G., Hurtado A.L., Díaz T.G.C. (2007), Elaboración de vitrocerámicos a partir de cenizas de lodos activados y residuos de anodizado, Tijuana México.

Chávez O, Fiderman M, (2007), Reciclaje de lodos de plantas de anodizado como materia prima en la elaboración de cerámicas refractarias, Cali Colombia.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1484:87 Adoquines, Muestreo, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1485:87 Adoquines, Determinación de las pruebas de compresión, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1486:87 Adoquines, Determinación de las dimensiones, área total y área de superficie de desgaste, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1488:87 Adoquines, Requisitos, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 292:78 Ladrillos cerámicos, Muestreo, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 293:78 Ladrillos cerámicos, Definiciones, clasificación y condiciones generales, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 294:78 Ladrillos cerámicos, Determinación de la resistencia a la compresión, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 297:78 Ladrillos cerámicos, Requisitos, Ecuador, Normas Técnicas Ecuatorianas, Catalogo 2012.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, (2009), Caracterización de los lodos de depuradoras generados en España, España, Inventia S,L.

Vargas, M. (2006), Estudio del uso del lodo residual de la empresa Extralum S.A. como material alternativo en la fabricación de cementos especiales. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.