

I

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**“REUTILIZACION DE LODOS DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS DE UNA UNIDAD MINERA  
POLIMETALICA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**PRESENTADO POR:  
RAFAEL WINCHEZ GUZMAN**

**LIMA – PERÚ**

**2007**

**DEDICATORIA**

**A Dios por su infinito Amor y misericordia**

**A mis padres Alejandro y angélica por su apoyo permanente**

**A mí esposa Zenayda Zevallos Escobar, por su ayuda incondicional a lo largo de mi formación profesional**

### AGRADECIMIENTOS

**Al Ing. Félix Lewandoswky Martel, Por su valiosa orientación y estímulo en el desarrollo de la presente investigación.**

**A mi hermano Walther Ventura por sus ideales y consejos.**

**A la Empresa "CIA MINERA BUENAVENTURA S.A.A "**

**A Ing. Arturo Zapata Payco, por su constante colaboración y amistad.**

**A todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en la presente investigación**

## RESUMEN

La unidad Minera Julcani, por sus operaciones en la mina genera aguas ácidas. El control y mitigación del vertimiento de estas aguas, se realiza mediante una Planta de Neutralización, cuyo agente neutralizador es la cal y se usa un polímero químico (floculante Praestol 2530), para sedimentar las partículas coloidales en suspensión.

Producto del proceso de neutralización y precipitación se generan lodos, por el alto contenido de material coloidal, donde el 89 % aprox. es menor de 250 micrones y tan solo el 0.5 % del material se encuentra en el rango mayor que 1.0 mm.

Hoy en día la minería tiene varios problemas cuando se trata de no contaminar el medio ambiente por los lodos de neutralización generados por las aguas ácidas, sin embargo; a pesar de ello se puede emplear este lodo de neutralización para construir ladrillos con una mezcla de cemento y Arena, para que de alguna forma sea aprovechada y con la construcción de estos ladrillos se esta resolviendo en parte la contaminación que podría causar sobre el medio ambiente.

El resultado ha sido satisfactorio ya que se ha cumplido con el objetivo de alcanzar una resistencia mayor de lo esperado (que es la principal característica cuando se trata de calificar ladrillos), logrando una resistencia a la compresión de 100 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días; casi el 40% del peso total del ladrillo es lodo.

Se realizo un estudio de impacto ambiental del ladrillo hecho con lodo de neutralización llegando a la conclusión de acuerdo a los resultados en laboratorio como solución parcial dentro de una unidad minera.

De esta forma la fabricación de ladrillos puede ser una alternativa de solución, que genere trabajo dándole un valor agregado al lodo.

## INDICE

<b>1.0 INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>ubicación</i> .....	1
1.2 <i>datos hidrológicos</i> .....	2
<b>2.0 RESUMEN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE PALCAS .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....</b>	<b>4</b>
2.2.1 <i>Obra de Entrega del Agua Acida</i> .....	5
2.2.2 <i>Mezcla Cal y Floculante</i> .....	6
2.2.3 <i>Poza de sedimentación</i> .....	7
2.2.4 <i>Zona de salida de agua decantada</i> .....	8
2.2.5 <i>Almacenamiento y Dosificación de Insumos químicos</i> .....	9
2.2.5.1 <i>Caseña de insumos</i> .....	9
2.2.5.2 <i>Floculante PRAESTO 2530</i> .....	9
2.2.5.3 <i>Oxido de calcio</i> .....	12
2.1.6 <i>Evacuación, Tratamiento y Disposición de Lodos</i> .....	12
<b>3.0 DIMENSIONAMIENTO Y PERFIL HIDRAULICO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS..</b>	<b>14</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA PLANTA .....</b>	<b>14</b>
3.1.1 <i>Cámara de entrada</i> .....	14
3.1.2 <i>Canal de Mezcla</i> .....	14
3.1.3 <i>Poza de Sedimentación</i> .....	14
3.1.4 <i>Evacuación, Tratamiento y Disposición de Lodos</i> .....	15
3.1.5 <i>Perfil Hidráulico de la poza de sedimentación de lodos</i> .....	16
<b>4.0 RESIDUOS PELIGROSOS .....</b>	<b>16</b>
4.1 <i>Generalidades</i> .....	16
4.2 <i>Residuos peligrosos</i> .....	17
4.2.1 <i>Corrosividad</i> .....	17
4.2.2 <i>Reactividad</i> .....	17
4.2.3 <i>Explosividad</i> .....	18

4.2.4 Toxicidad.....	18
4.2.5 Inflamabilidad .....	18
4.2.6 Patogenicidad.....	19
4.3 Residuos industriales.....	19
4.3.1 Tipos de residuos industriales .....	20
<b>5.0 IMPERMEABILIZACION .....</b>	<b>21</b>
5.1 Barrera geológica.....	21
5.2 Impermeabilización artificial .....	22
5.3 Fondo de cada poza.....	22
5.4 Taludes, excavación, dique de cierre .....	22
5.5 Taludes intermedios .....	23
5.6 Drenaje de captación de lixiviados .....	23
5.7 Drenaje de agua pluviales.....	24
5.8 Piezómetro de control .....	24
5.9 Gestión de lixiviados .....	25
5.10 Adecuación de las zonas de recepción y disposición final.....	25
5.11 Geomenbrana impermeable.....	25
5.12 Cerco perimetral y plumas.....	25
<b>6.0 UTILIZACION DE LODOS PROVENIENTES DE AGUAS ACIDAS PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS .....</b>	<b>26</b>
6.1 Introducción.....	26
6.2 Descripción del problema .....	27
6.3 Objetivos generales.....	28
6.4 Objetivos específicos .....	28
6.5 Razones para la fabricación de ladrillos .....	28
6.6 Resultados esperados.....	28
<b>7.0 ESTUDIO DE LAS COMPONENTES QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACION DE LADRILLOS .....</b>	<b>29</b>
7.1 Cemento Pórtland .....	29
7.1.1 Componentes químicos.....	30

7.1.2 Tipos de cemento.....	30
7.1.3 Características de los tipos de cemento .....	30
7.2 Agregado fino (Arena) .....	31
7.2.1 Funciones del agregado.....	32
7.2.2 Ensayos realizados con el agregado.....	32
7.2.2.1 Peso unitario suelto de arena .....	32
7.2.2.2 Peso unitario compactado de arena .....	34
7.2.2.3 Granulometría .....	34
7.2.2.4 Modulo de finura.....	36
7.3 Lodo .....	37
7.3.1 Características del tamaño de partículas del lodo.....	37
7.3.2 Peso unitario suelto .....	38
7.3.3 Peso unitario compactado del lodo seco .....	39
7.3.3 Contenido de humedad .....	39
7.3.4 Resultados de laboratorio de la Unidad Vulcani .....	40
7.4 Agua.....	41
<b>8.0 CONCRETO .....</b>	<b>42</b>
8.1 generalidades.....	42
8.2 Concreto convencional.....	42
8.3 Composición del concreto .....	43
8.4. Variaciones en las Propiedades del concreto.....	43
8.5 deficiencia en los métodos de prueba .....	43
<b>9.0 ESTUDIO DEL LODO COMO MATERIAL PARA LA ELABORACION DE LADRILLO.....</b>	<b>44</b>
9.1 Ensayos de laboratorio(teoría de mecánica de suelos) .....	44
9.1.1 Compactación: .....	44
9.1.2 Procedimiento .....	45
9.1.3 Equipo utilizado .....	46
9.1.4 Ensayo de máxima densidad.....	47

<b>10.0 LADRILLOS.....</b>	<b>50</b>
10.1 <i>Clasificación .....</i>	50
10.2 <i>Características y condiciones de los ladrillos.....</i>	51
10.3 <i>Proceso de fabricación artesanal .....</i>	52
10.4 <i>Diseño de probeta de prueba .....</i>	56
10.5 <i>Diseño de ladrillo de prueba.....</i>	57
10.6 <i>Ensayo de resistencia a la compresión .....</i>	58
10.6.1 <i>Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de probetas .....</i>	62
10.6.2 <i>Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos.....</i>	64
<b>11.0 ESTUDIO POR EL INSTITUTO DE MINERIA Y MEDIO AMBIENTE DE LA FIGMM – UNI, SOBRE EL LADRILLO.....</b>	<b>66</b>
11.1 <i>Resumen.....</i>	66
11.2 <i>Parte experimental .....</i>	67
11.2.1 <i>Protocolo de precipitación por lixiviación inducida(SPLP).....</i>	69
11.2.2 <i>Prueba de simulación de humedad relativa del 85% y Temp. 25°C.</i>	72
11.2.3 <i>Prueba de simulación de polvo de ladrillo con PM10.....</i>	74
<b>12.0 ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIO.....</b>	<b>76</b>
12.1 <i>Análisis de costos unitarios .....</i>	76
12.2 <i>presupuesto .....</i>	77
<b>13.0 IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS.....</b>	<b>78</b>
13.1 <i>Metodología .....</i>	78
13.2 <i>Impacto sobre el suelo .....</i>	78
13.3 <i>Impacto en la calidad de aguas subterráneas y superficial.....</i>	79
13.4 <i>Impacto sobre la flora y fauna .....</i>	80
13.5 <i>Impacto en la red vial .....</i>	80
13.6 <i>Impactos de residuos sólidos y vertimientos.....</i>	81
13.7 <i>Impacto sobre el medio acústico .....</i>	82
13.8 <i>Impacto en la calidad de aire.....</i>	82



13.9	<i>Impacto en la salud pública</i>	83
13.10	<i>Impacto en el paisaje</i>	85
13.11	<i>Impacto en los trabajadores</i>	85
13.13	<i>Impactos culturales</i>	86
<b>14.0</b>	<b>PLAN DE MANEJO</b>	<b>88</b>
14.1	<i>Condiciones básicas de operación y mantenimiento</i>	88
14.2	<i>Procedimientos de operación</i>	88
14.3	<i>Programa de monitoreo propuesto</i>	91
14.3.1	<i>Metodología</i>	91
14.3.2	<i>Puntos de monitoreo</i>	91
14.3.3	<i>Procedimientos de análisis e interpretación</i>	91
14.3.4	<i>Efluentes líquidos</i>	92
14.3.5	<i>Frecuencia de muestreo y análisis</i>	92
<b>15.0</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>16.0</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>96</b>
<b>17.0</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>97</b>
<b>18.0</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>100</b>
18.1	<i>ESTUDIOS POR WATER MANAGEMENT CONSULTANTS SOBRE EL LODO</i>	100
18.1.1	<i>Aspectos químicos</i>	100
18.1.2	<i>Protocolo de precipitación por lixiviación inducida (SPLP)</i>	103
18.1.3	<i>Prueba de extracción fisiológica para desmontes potencialmente tóxicos(PBET)</i>	104
18.1.4	<i>Implicaciones</i>	108
18.2	<i>certificado de análisis físico</i>	109
18.2.1	<i>resultado de los ensayos de resistencia a la compresión</i>	109
18.3	<i>certificado de análisis químico</i>	110
18.3.1	<i>Oxido de calcio con carbonato</i>	110
18.3.1	<i>De los lodos para mortero</i>	111
18.3.2	<i>De Mortero para ladrillo</i>	112

## **1.0 INTRODUCCION**

La generación de aguas ácidas constituye el principal efecto ambiental producto de las operaciones mineras. En dichas operaciones se crean botaderos, presas de relaves, etc.

Los botaderos son acumulaciones de rocas provenientes de diferentes áreas de la mina, que se depositan sobre la superficie terrestre formando grandes pilas de desmonte y desechos.

Las presas de relaves, son acumulaciones de residuos que quedan de un mineral, después de extraerle todos los minerales económicos recuperables.

En estas acumulaciones, los minerales sulfurosos quedan expuestos al medio ambiente y su contacto con el oxígeno y el agua es eminente, es por ello que la generación de ácido, una vez depositados puede ser instantánea.

El costo del tratamiento de aguas ácidas es alto, por lo que es necesario separar las aguas contaminadas de las aguas neutras. El control y mitigación se completa con la construcción de una planta de neutralización, para dar una solución integral, al problema de vertimiento de aguas ácidas.

Producto del proceso de neutralización y precipitación, se generan lodos por el alto contenido de material coloidal.

La disposición final del lodo se da en pozas que ocupan grandes volúmenes de terreno, esta disposición tiene que ser adecuada para evitar la contaminación del agua, suelo y aire.

Debido a esta problemática, es necesario realizar un trabajo de investigación, para la reutilización de lodos de las pozas de sedimentación, además de optimizar el tratamiento, disminuyendo el volumen de lodos de la planta de tratamiento de las aguas ácidas, generadas en la mina y superficie, que actualmente son tratadas y luego vertidas al río Opamayo, con lo cual se espera asegurar un efluente que cumpla con los límites máximos permisibles de la R.M. No 011-96-EM/VMM, y cumplir también con el compromiso ambiental del Programa de Adecuación de Manejo Ambiental (PAMA).

### **1.1 Ubicación**

La Unidad Minera Julcani, se encuentra ubicada en los Andes centrales del País, en el cuadrángulo definido por las coordenadas UTM:

8 565 000 N, 8 574 000 N, 520 000 E y 527 000 E

Distrito : Ccochaccasa  
Provincia : Angaraes  
Departamento : Huancavelica  
Altitud : 4200 m.s.n.m.

### **1.2 Datos hidrológicos**

La micro cuenca del Huajya (Julcani), nace en los cerros Chuchacruz, Estela, Chuñochina, Ccasahuasi y Huacclla y el curso principal es alimentado por un conjunto de manantiales y bofedales de la quebrada naciente.

Los tributarios a esta micro cuenca Huajya comprenden: Por la margen derecha las vertientes de Chuchacruz, Ccancahua, Chuñochina, Huanacohuaycco, Allihuayta, por la margen izquierda las vertientes de Manto Chico y Manto Grande, Rita, Huacclla, diversos bofedales como Estela y dos lagunas ubicadas arriba de Julcani

Con la finalidad valores de precipitación total mensual para la micro cuenca Huajya se utilizó la estación Acobamba, 1987 – 2002 (16 años de registro)

El Área de drenaje es igual a 11,91 km<sup>2</sup>, perímetro de 18,49 km, pendiente del cauce principal 18,59 %, niveles de altitudes entre 3400 y 4558 m.s.n.m. Precipitación promedio anual 867.90 mm., temperatura media anual de 7,3 °C, el caudal medio anual es de 0.142 m<sup>3</sup>/s; el 86% del caudal anual se descarga en la época de lluvia, el 14% restante corresponde a la época de estiaje.

La micro cuenca Huajya presenta también retenciones por pendientes y lagunas, la retención anual por pendiente de 15% es de 30,43 mm. Y la retención por lagunas 0.38 mm., la suma de esta retención anual es de 30.81 mm.

En el cauce principal el pH varía de 2.3 a 3.2. Estas aguas son generadas por los stock de pilas de piritas argentíferas y minerales oxidados con contenidos de plata, botaderos con minerales sin valor económico, de la boca mina nivel 300, nivel 580 (Rita) y nivel 1000 (Gandolini), además de las 6 presas de relaves revegetadas, con un promedio de 3 lt/s de agua de infiltración, captadas en los canales de coronación evacuando aguas abajo en el cauce del riachuelo Palcas.

## 2.0 RESUMEN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE PALCAS

Para describir el sistema de tratamiento de las aguas ácidas de la unidad Minera Julcani, en la comunidad de Palcas se han realizado visitas y monitoreos.

Se emplea el método de neutralización para su tratamiento (Neutralización por cal y co-precipitación de otro elemento)

Los agentes neutralizantes disponibles en la zona son: cal y roca caliza, que son los más comúnmente usados para el tratamiento de las aguas ácidas dado su bajo costo y la simplicidad de su uso, con los cuales se han realizado pruebas de neutralización a nivel de laboratorio. La caliza puede neutralizar la acidez libre en el agua, el pH no puede elevarse razonablemente a un valor mayor de 5 a 5,5 debido a su baja reactividad. Con adición de caliza hasta un pH de 5,0 se consume toda la acidez libre y metales como el  $\text{Fe}^{+3}$  y el Aluminio precipitan. Sin embargo la precipitación del  $\text{Fe}^{+2}$ , Zinc, Manganeso y Plomo requieren valores de pH mayores que 8,5. El incremento del pH de la solución a valores mayores que 5 se realiza con cal, por este motivo es más conveniente neutralizar con este último agente.

En los procesos de neutralización con cal, el ión hidróxido neutraliza la acidez y precipita los metales tales como  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  y Pb en forma de hidróxidos, el ión calcio precipita como sulfato de calcio, la mezcla de los sulfatos e hidróxidos forman el lodo. El agua neutralizada se descarga al medio ambiente. El lodo generado tiene un volumen grande cuyas características físico-químicas dependen de las propiedades del agua tratada.

La reacción principal en la neutralización con cal se expresa de la siguiente manera.



El aire se usa frecuentemente para oxidar de ión ferroso a ión férrico, durante la precipitación el ión férrico produce lodos químicamente más estables, también ayuda a oxidar y remover mejor algunos metales, tales como el As y Mn.

Se han realizado visitas in situ para evaluar alternativas de tratamiento con cal, esta planta se basa en sistemas de baja densidad por condiciones de topografía por lo que se requiere de grandes extensiones de terreno para depositar los lodos y mayores consumos de cal.

Las características del sistema se resumen a continuación:

**Cuadro 2.1 – Obras de tratamiento**

Tipo de Obra	Descripción
Obra de entrega de agua ácida	Una cámara de captación con bolsas de arena sin control del caudal en entrada
Unidad de mezcla	Un canal rectangular con pendiente 10 ‰, cubierto con madera en la que se usa rejillas y cilindros para el suministro de los químicos.
Poza de Sedimentación N° 1	Consiste en una unidad en serie con flujo Horizontal a través de la poza, tiene forma irregular con medidas aprox. de 50 x 40 x 6 m, con un talud 1:1 y una base de inclinación de 3%, consta de un sistema de rebose para la evacuación construido de madera.
Pozas de Secado de Lodos N° 2, 3, 4 y 5	2 pozas paralelas con capacidad aprox. de 60,000 m <sup>3</sup> cada una, impermeabilizadas.
Caseta de químicos	Caseta rectangular de 4.0 x 3.0m en el cual se instalan los productos químicos, los tanques de mezcla. Junto a la caseta central se encuentra un área techada para la vigilancia del sistema.

**2.2 Descripción de la Planta**

Los componentes de la planta para realizar el proceso de tratamiento requerido están listados en el Cuadro 2.1, a saber:

- Obra de entrega de aguas acida
- Canal hidráulico de mezcla
- Sedimentador
- Estación para almacenamiento y dosificación de insumos.
- Pozas de secado de lodos

### 2.2.1 Obra de Entrega de Águas Acida

La obra cuenta con un sistema de captación aguas arriba por un canal rectangular de 0.6\*0.8 m donde se capta el agua ácida que se genera en la micro cuenca Huajya por el drenaje ácido de mina y la lluvia

Las aguas ácidas de la mina sub suelo (solución barren), del nivel 1000 (Gandolini) nivel 580 (Rita) y nivel 300 son tributarios del cauce principal, captadas y tratadas en la Planta de Tratamiento de Palcas.



Captación de aguas acidas, provenientes  
Del cauce principal de la micro cuenca Huajya

### 2.2.2 Mezcla de cal y Coagulante

La obra de entrega alimenta un canal rectangular, con pendiente moderada.

La mezcla de cal, coagulante y agua ácida se realiza sin auxilio de agitadores mecánicos, se dosifican, los siguientes productos químicos:

- Modificador de pH en seco CaO al 37,97 % de cal útil
- Solución floculante (Praestol 2530)

Ambos productos químicos mencionados anteriormente tienen espacio independiente para su dosificación.



El modificador de ph (CaO) se añade en seco por un sistema de rejillas por encima, en la zona del canal, se realiza la dosificación cada  $\frac{1}{4}$  de hora la cantidad de aprox. 06 lampas dependiendo del caudal a tratar.

Se dosifica floculante (Praestol), previa dilución de 250 gr. en 150 l de agua, se hace en cilindros de metal por agitación manual esta solución es vertida en el canal en forma puntual por una pileta con un caudal de 0.025 lps aprox.



Personal de la Cia minera Julcani, dosificando cal  
En seco Para El proceso de neutralización



Personal de la Cia minera Julcani, agitando la mezcla De agua y floculante para su dosificación por pileta.

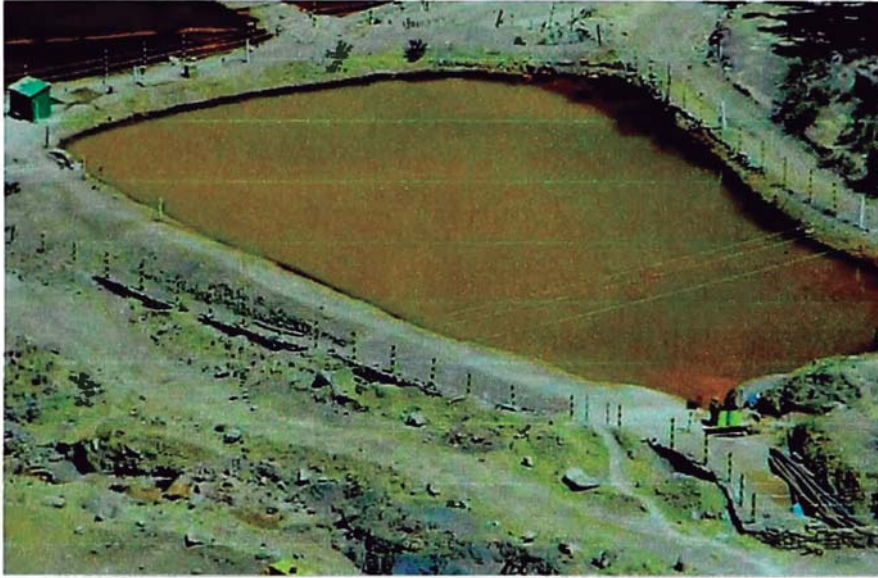
### **2.2.3. Poza de Sedimentación**

Se tiene 01 poza de sedimentación. Esta unidad tiene la forma irregular con un volumen aprox. de  $10,500 \text{ m}^3$ , y luego el efluente sale por el sistema de rebose cuya forma es la de un vertedero rectangular de  $0.8 \times 0.4 \text{ m}$  donde se vierte el agua para su disposición final que es el río Opamayo con los límites máximos permisibles para el uso de agua tipo III. Después se tiene una cámara de paso este canal corren dos ductos de polietileno HDPE de 12" separados que trabajan a presión, para distribución del lodo a las dos pozas de secado.

El mantenimiento de la poza de sedimentación se realiza cada 3 meses y es en forma manual, la pulpa neutralizada pasa a una poza de secado.

Este sistema no está equipado con grifos de agua de servicio a presión para desatorar las tuberías de lodos cuando se necesite.





Poza de sedimentación de la planta de tratamiento de aguas  
Acidas de la unidad minera Julcani

#### **2.2.4 Zona de salida de agua decantada.**

El agua decantada sales por un vertedero tipo rectangular de dimensiones 0.8\*0.6m, con una calidad de Agua para los limites de máximos permisibles de Tipo III, con destino al Rió Opamayo.



Agua decantada de la poza de sedimentación con destino  
Al rió Opamayo

## 2.2.5 Almacenamiento de Insumos Químicos

### 2.2.5.1 Caseta de insumos

Se tiene una caseta, está cuenta con una sola área encerrada con muros exteriores de albañilería y la cobertura es liviana con planchas metálicas aluminizadas protegidas con pintura. Las estructuras ubicadas lateralmente corresponden a áreas abiertas techadas que albergan las bolsas de almacenamiento del floculante tipo praestol y CaO estas estructuras tienen para cada caso las siguientes dimensiones 6.00 x 4.00m x 3.00 m. respectivamente.. Los tanques de productos químicos son de aluminio, suficiente para contener un volumen de reactivo igual a la capacidad de un tanque por lo menos.

La caseta de químicos cuenta con aproximadamente de 16,00 m<sup>2</sup> de área techada.

### 2.2.5.2 Floculante Praestol 2530

El producto PRAESTOL 2530 esta diseñado para ser usado como agente Floculante en clarificación disminuyendo la concentración de partículas coloidales que causan turbidez y color.

#### Características

PRAESTOL 2530 Es un polímero de tipo aniónico en polvo de alto peso molecular, especialmente desarrollado para que su carga electrostática específica altere el potencial zeta para valores próximos a cero, reduciendo la resistencia a la coagulación, promoviendo una floculación adecuada de partículas coaguladas.

#### Aplicación

La dosificación recomendada de PRAESTOL depende de pruebas de campo específicas bajo distintas condiciones del proceso, además de una evaluación previa de los equipos de clarificación usados.

La dosis practica usada esta en el rango de 0,5 a 2,0 ppm.

#### Propiedades

Densidad especifica (20°C)(g/cm <sup>3</sup> ):	1,100 – 1,120
Punto de congelamiento (°C):	NA
Punto de fusión (°C):	NA
Punto de inflamación (°C):	> 93

Viscosidad (20°C) (Mpa.s):	NA
pH (20°C)(solución al 0.5% en agua):	6– 10
Solubilidad (%):	2,0
Olor:	Inodoro
Apariencia de color:	Blanco
Aspecto fisico:	Polvo
Tasa de evaporacion (ETER = 1):	< 1,00
Presion de vapor (mmHg):	~ 1
Densidad de vapor (AIRE = 1):	< 1,00
Densidad en grandes cantidades:	700kg/m3

### **Envasado y Almacenamiento**

PRAESTOL 2532 se comercializa envasado en bolsas de polietileno de 25 Kg. Almacenar en lugares frescos, al amparo de rayos del sol y temperaturas muy frías, evite congelamiento.

### **Preparación de las polielectrolito en polvo (Floculantes)**

#### **1.- Tanque de preparación y maduración.**

Las soluciones madres se pueden preparar a una concentración de hasta 0,5 % como máximo a través de una preparación automatizada o por lotes, se debe utilizar agua fresca de alta pureza y se debe agitar la solución madre hasta lograr una solución homogénea y luego apagar el agitador, por lo general esto se logra dentro de los 60 minutos de agitación.

También es importante considerar el tiempo de añejamiento o maduración de la solución madre, esto se refiere a que la solución deberá estar en completo reposo de 30 a 60 minutos para lograr su máxima eficacia, permitiendo así desarrollar el largo de cadena del floculante.

#### **2.- La agitación**

En este proceso de la preparación del Floculante es muy importante considerar la velocidad de agitación con que se preparara la solución madre, se deberá preparar a no mas de 400 RPM, por lo que al tener una elevada velocidad de agitación se podrían cortar las cadenas del floculante. Es importante considerar

que la floculación se logra por desplazamiento de las partículas en suspensión a lo largo de la cadena del floculante mientras mas grande se forme el floc mayor será su velocidad de sedimentación.

### 3.- Tanque de dosificación

Después de lograr tener una solución madre homogénea y después de darle el tiempo de añejamiento y reposo recomendado, la solución madre se podrá trasvasar al un segundo tanque que seria de dosificación para iniciar recién el tratamiento.

Al tener una solución madre al 0,20% aprox. se dosificaría 3 Lt/ min. Para mantener la dosis de 0,5 ppm de floculante lógicamente la dosis de floculante se optimizaría en una prueba industrial, con esta dosificación se tendría que preparar el floculante cada 12 horas para mantener abastecido el sistema.

### 5.- La post - dilución

El agua de dilución secundaria debe añadirse a la solución madre justo antes del punto de dosificación en una proporción al menos de 10 : 1 de esta manera se logra saturar de la mejor manera el agua de ingreso a los equipos de clarificación

#### **Para el caso de la Poza de Sedimentación de Palcas:**

Cada tres horas se medirá el pH del efluente que ingresa a la Poza de sedimentación de Palcas.

La cal y floculante se usará de acuerdo a la cantidad de Caudal y pH. En época seca se usará como mínimo 05 Carretillas de cal, por turno, para un Q= 600.00 lit/turno y 400 gr de floculante/turno. En épocas de lluvia, se debe emplear un mínimo de 18 carretillas de cal / turno para Q= 216.000 lit/ turno y 1600 gr de floculante/turno.

Cada hora se debe registrar el pH del efluente en el punto de monitoreo EJ – 17. El pH debe estar en un rango de 6,5 a 8,0

Para el mantenimiento de la poza de sedimentación N° 1 se vaciarán los lodos (hidróxido de fierro) hacia la poza N° 6

En caso que se presente lluvias torrenciales tapar el canal de decantación hasta que el problema se solucione y se continúe con el tratamiento de agua

El Tratamiento de Aguas Ácidas en la poza funcionara durante las 24 horas y los 365 días del año

### **2.2.5.3 Cal viva**

Este producto químico se utiliza para aumentar el pH y ayudar a la precipitación del hierro, determinada por un alto pH (en principio > 8,5) en el agua acida.

Este producto químico se entrega como CaO al 37,97% de ley. Es aconsejable añadir con agua para su dosificación pero en esta se utiliza en seco.

### **2.2.6 Evacuación, Tratamiento y Disposición de Lodos**

Los lodos se almacenarán en pozas o lagunas de secado de capacidad adecuada para algunos años de funcionamiento de la planta.

Las lagunas de secado con taludes inclinados con pendientes 2/1. Los lodos se distribuyen en toda la longitud de cada laguna mediante canales. Los sólidos decantan al fondo de la laguna. Cuando una laguna se llena con el lodo líquido, el líquido clarificado de la superficie empieza a salir a través de un ducto de rebose. Este líquido puede ser descargado a la otra poza de lodos en tiempo de avenida.

Debido a que se prevén la utilización de los lodos, éstas se pueden utilizar alternadamente. En la poza que «descansa» se bajará el nivel del agua hasta la separación con los lodos espesados, que, a su vez, se dejarán secar en forma natural. Antes de ser rellenadas se construirán otras unidades para seguir operando el sistema.

De la experiencia de Julcani con instalaciones similares, resulta que los lodos secados quedan compactos al fondo de la laguna. Por tanto, tras un tiempo, se puede añadir otro lodo líquido, de tal forma que la laguna se llena de sólidos progresivamente para después encapsularlos.

Por tanto, se incluyen en la poza de sedimentación, por el momento, dos lagunas con las características siguientes:

- Tipo de impermeabilización: geomembrana HDPE
- Volumen de las pozas:
  - a) Pozas (Nº 1 = 8000m<sup>3</sup>, Nº 2 = 34000m<sup>3</sup>, Nº 3 = 25000m<sup>3</sup>)



b) Total 67,000 m<sup>3</sup> aprox.

- Capacidad de almacenamiento estimada: 4 años aprox.



Lodos frescos, obtenidos de la operación de limpieza  
Del sedimentador



Lodos secos, después de varios días de estar expuestas al  
Medio Ambiente

### **3.0 DIMENSIONAMIENTO Y PERFIL HIDRAULICO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

#### **3.1 Descripción de los Principales Componentes de la Planta**

**3.1.1 Cámara de Entrada:** Incluye el canal de entrada, de 0.6\*0.8m, El nivel del terreno natural está en la cota 3491,5 m s.n.m. en su inicio y 3489,60 m s.n.m. al final y el eje del canal de llegada está en la cota 3490 m s.n.m. El nivel del piso terminado del canal está en la cota 3489 m s.n.m. Su ancho es también variable, tratando de conservar su velocidad y por lo tanto energía cinética, a la altura de la entrada a cada canal de mezcla rápida. El ancho varía de 1.20 m al inicio a 0.80 m al final.

**3.1.2 Canal de Mezcla:** Se tiene 01 canal de mezcla de 0,80 x 0.60 m a la entrada, que trabajan o totalmente abiertas o cerradas (esto último cuando salen de operación). La longitud del canal es de 12,50 m, El canal ha sido dimensionado para un caudal de 0,140 m<sup>3</sup>/s. Este canal de mezcla desemboca en una tubería de ingreso a la poza de sedimentación. En el tramo aguas arriba, el fondo del canal está en la cota 3491,5 m.s.n.m. y tiene un ancho de 0.70 m y en el tramo aguas abajo el fondo del canal se ubica en la cota 3489.00 m.s.n.m.

**3.1.3 Poza de sedimentación:** El sedimentador laminar, y de forma rectangular con un largo de 40 m y un ancho total de 30 m. La cota de terreno al inicio del sedimentador es 3489,60 m.s.n.m. y al final de los mismos 3489,20 m.s.n.m. El flujo en el sedimentador es horizontal y luego es recolectado por un sistema de rebose tipo rectangular. Este sistema facilitará la decantación de los sólidos, por acortar el recorrido de deposición de las partículas sólidas e inducir a que el flujo del agua sea laminar.

El fondo del sedimentador se ubica en la cota 3483,60 m.s.n.m. Sobre este solado se han formado una tolva, para recibir los sedimentos que precipitan.

El sistema de tuberías de recolección de lodos, los recolecta desde el fondo del sedimentador. Las descargas de estos, se conectan a una tubería de recolección. Luego, hasta desembocar en una tubería de recolección general  $\varnothing = 315$  mm.

El sistema de tubería de colección de lodos incluye además una "Te" de 315 x 100 mm, en cuyo ramal va una válvula compuerta manual de  $\varnothing = 100$  mm y un niple roscado para permitir la conexión de la manguera de impulsión de una bomba o de un compresor. Esta conexión es para la limpieza de las tuberías en caso de una obstrucción de las mismas con lodo residual de la purga que se hubiera compactado aguas arriba de cualquiera de las 12 válvulas de purga. Esta conexión se ubicará en un punto cercano al acceso a la galería de válvulas. Para la limpieza se abre la válvula que se va a desatorar y se cierran todas las demás, se conecta la manguera de impulsión de la bomba y se abre la válvula de compuerta manual de 100 mm.

### **3.1.4 Tratamiento y Disposición de Lodos**

#### **Producción de Residuos Sólidos (Lodos)**

Uno de los aspectos fundamentales en una planta de tratamiento es resolver el problema de disposición final de los sólidos que son removidos del agua acida en proceso de tratamiento y retenidos en los diferentes elementos componentes de la Planta:

Los componentes de la planta que retiene mayormente materia arcillosa e hidróxidos de hierro, en forma de lodos de diferentes concentraciones son los sedimentadores.

#### **Sedimentador**

Estas estructuras retienen sólidos más finos, aglutinados por el uso de coagulantes y coadyuvantes de la coagulación y favorecida la decantación de los mismos por un régimen de flujo laminar descendente. Para un año con importante cantidad de huaycos se puede asumir una concentración de sólidos que ingresan a estas estructuras de un volumen de lodos 3539 m<sup>3</sup>/mes

El peso específico del lodo seco es aproximadamente 0.97Ton / m<sup>3</sup>, lo que implica un volumen anual de lodos secos de aproximadamente 106170 m<sup>3</sup>/año por concepto de la decantación en los sedimentadores, que serán trasladados a las canchas de lodos. Naturalmente este valor corresponde a un año de frecuentes huaycos y puede reducirse sensiblemente en un año de pocos



huaycos dependiendo de la características hidrometeorológicas del año en cuestión.

### **3.1.5 Funcionamiento Hidráulico de las Pozas de Almacenamiento de Lodos**

Las pozas de almacenamiento de lodos funcionarán de la siguiente forma:

En forma alterna, es decir cuando una está en proceso de llenado, la otra está en proceso de sedimentación del material sólido

Las fuentes principales de la alimentación a las pozas de lodos son:

Los Sedimentadores: Cuya alimentación a las Pozas de Lodos es prácticamente permanente durante los 365 días de funcionamiento de la Planta.

## **4.0 RESIDUOS PELIGROSOS**

### **4.1 Generalidades**

Existe una gran variedad de residuos peligrosos, generados por la industria minera, como inflamables, tóxicos que presentan diversas características y niveles de peligrosidad. Algunas de estas características harán que su disposición en el suelo cause un gran riesgo al medio ambiente, como son los relaves, lodos, solventes halogenados y los bifenilos policlorados (PCB's). En este sentido es importante establecer definiciones y listas de los residuos que pueden ser dispuestos en rellenos de seguridad sin generar un alto riesgo de contaminación al medio ambiente.

A continuación se presentan definiciones de importancia, las que están basadas en la *GUÍA PARA LA DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS*. En Seguida, se describen los tipos de residuos que pueden disponerse en los rellenos de seguridad y las posibles incompatibilidades que podrían presentarse al mezclarse los diferentes grupos de residuos.

Se define como **residuo** a todo material que no tiene valor de uso directo, y que es descartado por su propietario. Esta definición implica que existe el potencial de reciclaje, ya que el residuo es al mismo tiempo una materia prima, pudiendo ocasionar dificultades de manejo en caso de tratarse de residuos peligrosos. Por esta razón, se recomienda considerar al residuo como tal, hasta su transformación o disposición, ya que de esta manera se consigue una mayor

protección del ambiente, particularmente cuando la infraestructura de control es limitada.

#### **4.2 Residuo peligroso**

Es aquel desecho que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad, puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente. En este grupo no están incluidos los residuos radiactivos.

Se ha puesto énfasis en las características de peligrosidad tal como se utilizan en los Estados Unidos y en otros países, y se han incluido las características de explosividad y patogenicidad. Por otro lado, los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente, son generalmente controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental y esta fuera del alcance del presente proyecto.

##### **4.2.1 Corrosividad (EPA, 1980)**

Un residuo es corrosivo si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

Ser acuoso y tener un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.

Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor que 6.35mm al año a una temperatura de 55°C, de acuerdo con el método NACE1 o equivalente.

##### **4.2.2 Reactividad (EPA, 1980)**

Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades:

Ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar; reaccionar violentamente con agua; generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes, para provocar daños a la salud o al ambiente cuando es mezclado con agua; poseer entre sus componentes, cianuros o sulfuros que, por reacción libere gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes, poniendo en riesgo la salud humana o al ambiente; ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.

---

#### **4.2.3 Explosividad (EPA, 1980)**

Un residuo es explosivo si presenta una de las siguientes propiedades:

Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua; ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y 1 atm.

Ser una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o efecto pirotécnico.

#### **4.2.4 Toxicidad: (PNUMA, 1989)**

Un residuo es tóxico si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, o efectos perjudiciales para la salud del ser humano si ingiere, inhala o si entra en contacto con la piel. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos que contienen los constituyentes enumerados en el cuadro N°1.

La definición de toxicidad es cualitativa y tiene como propósito evitar la necesidad de equipos analíticos de laboratorio altamente sofisticados para la clasificación de los residuos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas o el uso de definiciones que establecen LC50 (concentración letal media que mata al 50 % de los organismos de laboratorio) tales como las que se usan en Estados Unidos (EPA, 1980) o en el Estado de Sao Paulo, Brasil (CETESB, 1985).

#### **4.2.5 Inflamabilidad. (EPA, 1980)**

Un residuo es inflamable si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

Ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60°C, conforme el método del ASIM-D93-79 o el método ASTM-D-32 78-78 (de la American Society for Testing and Material), con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen.

No ser líquido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25°C y 1 atm. Producir fuego por acción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y cuando se inflama, quemar vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego;

Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

**Cuadro N° 1**  
**Sustancias tóxicas que confieren peligrosidad a un residuo**

Metales carbonilos
Berilio y sus compuestos
Cromo hexavalente y sus compuestos
Compuestos de cobre
Compuestos de zinc
Arsénico y sus compuestos
Selenio y sus compuestos
Cadmio y sus compuestos
Antimonio y sus compuestos
Telurio y sus compuestos
Mercurio y sus compuestos
Talio y sus compuestos
Plomo y sus compuestos
Compuestos inorgánicos del flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Cianuros inorgánicos
Asbesto (polvo y fibras)
Compuestos orgánicos del fósforo
Cianuros orgánicos
Fenoles, compuestos fenólicos, incluyendo clorofenoles
Éteres
Solventes orgánicos halogenados y no halogenados
Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
Otras sustancias organohalogenadas

#### **4.2.6 Patogenicidad (CETESB, 1985)**

Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.

#### **4.3 Residuos industriales**

Se define como residuos industriales a aquellos generados por las industrias en el ejercicio de su actividad, los que debido a su complejidad y por los diversos tipos de procesos que se producen existen dificultades para su clasificación. La más comúnmente aceptada es la que los divide en función de sus características básicas, por su sistema de gestión y por sus riesgos potenciales.

Dentro de los residuos industriales se incluyen a los asimilables a urbanos, a los inertes y a los peligrosos, denominados también especiales por que pueden producir riesgos para la salud del hombre y de los seres vivos, caracterizándose por que no son biodegradables.

#### **4.3.1 Tipos de residuos industriales**

El principal residuo que se produce, son las borras que contienen metales pesados y aditivos nocivos para el medio ambiente y la salud, tierras y arenas contaminadas con hidrocarburos diversos, envases de productos químicos, de acuerdo a información de la American Petroleum Institute (API), los lodos petrolizados y borras alcanzan el 50% del total de desechos generados por esta industria. La mayoría de los desechos eran confinados en áreas específicas dentro de las instalaciones de las refinerías y plantas de ventas. Esta actividad ha sido suspendida por recomendación de los PAMA por la contaminación que generan en la napa.

Las actividades principales generadores de residuos en los procesos de refinación y almacenamiento, quemadores y/o área de fosas de quemadores, Instalaciones de movimiento de productos (carga/descarga de crudo y/o productos), unidades de procesos, servicios industriales (plantas de vapor de agua y agua de enfriamiento), instalaciones de tratamiento de agua residual, operaciones de mantenimiento, operaciones de laboratorio, unidades de transporte marítimo, unidades de transporte terrestre

Los desechos sólidos generados por las actividades señaladas pueden clasificarse en: Suelos contaminados, Lodos petrolizados, Catalizadores gastados, Químicos gastados o fuera de especificación, Metal de desecho o chatarra, Otros desechos menores.

Las fuentes generadoras de lodos petrolizados son: Fondos de tanques de almacenamiento, Unidades desaladoras de crudos, Limpieza de cañerías, Separadores de agua y crudos, Unidades de flotación con aire disuelto, Procesamiento de aceites lubricantes, Lodos ácidos de alquilación.

Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), de la US-EPA, establece como desecho peligroso a Lodos flotantes de las unidades de flotación con aire, Sólidos de emulsión de aceite (Slop), Sólidos provenientes de la limpieza de intercambiadores de calor, Lodos del separador API de aguas e hidrocarburos,

Fondos de tanques con plomo, Lodos de separación primaria de agua e hidrocarburos, según la Guía ARPEL para el Manejo de Residuos Sólidos de Refinerías de Petróleo, otros residuos tóxicos son los siguientes: Fondos de tanque sin plomo, Fondos de tanque de aceite crudo, Fondos de tanques de destilación, Sedimentos de tanque de decantación de aceite (fraccionador catalítico), Sedimentos del fraccionador de coque, Sedimentos de tanques de buques, Sedimentos de tanques de slop, Residuos de asfalto, Sedimentos de tanque TMM, Sedimentos de Tetraetilo de Plomo, Sedimentos de caja de lodos (FONDOIR), Cartuchos de filtro de gasolina sin plomo, Cartuchos de filtro de gasolina con plomo, Arcilla gastada, Sedimentos del filtro con precubrimiento de amina, Furfurul gastado, Polímero soluble en ácido fluorhídrico, Cartuchos de filtros de destilados medios, Cartuchos de filtros de proceso de amina, Sedimento del endulzamiento de gas, Filtros gastados de antracita, Filtros gastados de arena, Sedimento del separador por gravedad (API/CPI/PPI), Sedimento de biotratador, Sedimentos de la cuenca de lodo aceitoso, Residuos sólidos de laboratorio, Sólidos producto de limpieza de intercambiadores, Madera de torre de enfriamiento

## **5.0 Impermeabilización**

La impermeabilización de las pozas de sedimentación se conseguirá mediante la acción combinada de:

### **5.1 Barrera geológica**

El sustrato de los terrenos de ubicación está constituido principalmente por rocas sedimentarias pertenecientes a las secuencias de la sierra central del Perú. Las rocas sedimentarias son de composición ácida clasificadas como pirita, chalcopirita y granodioritas, constituyen el basamento del área de estudio y las partes laterales. Los depósitos cuaternarios están formados por depósitos erosión los cuales, geológicamente son recientes y están formados por arcillas, arenas.

## **5.2 Impermeabilización Artificial**

El revestimiento impermeable artificial se construirá mediante la colocación de los siguientes materiales, respectivamente en el fondo y taludes de cierre de cada poza que conforma la planta

### **5.3 Fondo de cada poza**

Terreno natural refinado y compactado.

Material arcilloso seleccionado, procedente de las excavaciones de la obra y/o de préstamos en la propia finca, en un espesor de 20 cm. y compactado al 95% del Proctor Modificado.

Geotextil antipunzonamiento de 1000 gr./m<sup>2</sup> para la protección inferior de la lámina impermeable. Su colocación se justifica por la necesidad de proteger la lámina del punzonamiento por los elementos de la capa de material arcilloso.

Lámina impermeable de polietileno de alta densidad de 2mm de espesor, lisa por sus dos caras.

Geotextil antipunzonamiento de 1000 gr./m<sup>2</sup> de protección superior de la lámina impermeable. Su colocación se justifica por la necesidad de proteger la lámina del punzonamiento por los elementos de la capa de drenaje de lixiviados.

### **5.4 Taludes, excavación, dique de cierre**

Terreno natural refinado y compactado.

Geotextil antipunzonamiento de 1000 gr./m<sup>2</sup> de protección inferior de la lámina impermeable. Su colocación se justifica por el posible contenido de elementos punzonantes de los taludes de excavación.

Lámina impermeable de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor, con la cara inferior provista de spikes para evitar el deslizamiento de la misma y evitar roturas por tensión.

Geotextil antipunzonamiento de protección superior de la lámina impermeable. Su colocación se justifica por la necesidad de proteger la lámina del punzonamiento por los elementos de la capa de drenaje de lixiviados. Este geotextil viene incluido en el sistema de drenaje a instalar en los taludes.



### **5.5 Taludes intermedios**

Los taludes intermedios llevarán como única capa impermeabilizante una capa de arcilla de espesor y altura variable.

### **5.6 Drenaje de captación de lixiviados**

En la poza se dispondrá de un punto bajo, hacia donde fluirán los lixiviados. En este punto bajo es donde se encontrará la torre de captación de lixiviados. Sobre las capas impermeabilizantes artificiales se construirán redes de drenaje con gravas, torres de captación y arquetas de control, desde donde los lixiviados serán bombeados a cabecera de vertedero para su evaporación o a sistemas para su transporte a un centro de tratamiento.

La capa de drenaje que cubrirá el fondo del vaso estará constituida por grava de tamaño comprendido entre 20 y 40 mm, de material no calcáreo (para evitar su disolución por los lixiviados) y de bordes redondeados. Su espesor será de 30 cm.

La capa de grava irá recubierta de un geotextil de filtración, cuya principal función es evitar la colmatación de los canales de drenaje creados con la grava.

No está prevista la colocación de tuberías de captación de lixiviados, ya que por experiencia se ha visto que estas tuberías tienden a colapsarse cuando el peso de los residuos situados sobre ellas es alto, perdiendo toda la funcionalidad.

En los taludes del interior del vaso se colocará una estructura de drenaje artificial formada por una malla tridimensional de monofilamentos de polietileno de alta densidad. Dicha malla está preformada en una configuración zig-zag, que es óptima para resistir la presión. Esta malla está cubierta por su capa inferior por un geotextil de protección de la lámina de polietileno y por su cara superior de un geotextil de filtración que evite la colmatación de los canales de drenaje. Con este sistema de drenaje y captación de lixiviados se evita la ruptura de la estanqueidad del vaso de vertido con la salida de tuberías al exterior, consiguiéndose tanto durante la operación como tras la clausura del relleno una mucho mayor garantía de estanqueidad.

Este sistema de drenaje propuesto, incluida también la torre de captación de lixiviados, cumplirá también la función de sistema de ventilación, favoreciendo la salida al exterior de los posibles gases (principalmente biogás) que se puedan formar en el relleno.



Las torres de captación de lixiviados estarán formadas por una arqueta de concreto sobre la que se situará una tubería de polietileno de alta densidad de 300 mm de diámetro. A su alrededor se situará una tubería perforada de concreto de 500 mm de diámetro con perforaciones de 5 mm. El espacio situado entre ambas tuberías estará relleno de grava. Alrededor de la tubería de concreto se irá formando un toro de grava de 1,5 m de radio interior y 2 m. de radio exterior.

Toda la estructura de la torre de captación de lixiviados irá situada sobre el mismo sistema de impermeabilización del vaso, de tal forma que se asegure la total estanqueidad al evitarse posibles filtraciones a través del concreto.

### **5.7 Drenaje de aguas pluviales**

Como en la zona existe precipitaciones pluviales altas de suma importancia (la intensidad promedio de la lluvia es de 867,90 mm anual, de ocurrencia para 500 años de periodo de retorno) se ha tomado las previsiones correspondientes para evitar el ingreso por escurrimiento a las celdas por lo que en la parte superior de estas se ha proyectado una cuneta de drenaje de sección rectangular, con un talud 1H:1V en el lado de la ladera.

Esta cuneta desaguará a una cuneta en tierra que permitirá llevar las aguas a terrenos donde se elimine por gravedad a cauce natural. Esta cuneta tendrá los tramos de más pendientes revestidos de escollera.

### **5.8 Piezómetros de control**

Se construirán al menos tres piezómetros de control: uno en la parte más alta y dos en la parte baja del vaso, en una línea perpendicular a la dirección del flujo subterráneo; la separación y profundidad dependerán del lugar escogido.

Sobre estos piezómetros se realizarán muestreos periódicos para controlar la perfecta estanqueidad del depósito.

Los piezómetros estarán protegidos de manera que se mantenga su integridad, y en caso de fallo, serán reparados inmediatamente.

### **5.9 Gestión de lixiviados**

La gestión de lixiviados se realizará mediante la utilización de una torre de captación de lixiviados por celda. Desde este punto de almacenamiento la gestión a realizar será:

Evaporación natural por recirculación al vaso de vertido

Envío a una planta de tratamiento de aguas acidas para su depuración.

### **5.10 Adecuación de las Zonas de Recepción y Disposición Final**

Las zonas a deprecionar carga serán previamente humedecidas para activar el efecto clástico de las tierras arcillosas y garantizar la impermeabilidad del lecho natural.

Como fase intermedia, se procederá a forrar el área a ser utilizada, con una geomembrana de 2 mm de espesor promedio, la cual finalmente, será cubierta con una capa de tierra arcillosa, compactada y húmeda de 0,60 cm. de espesor.

### **5.11 Geomembrana impermeable**

Las áreas seleccionadas, antes de recibir los residuos clasificados previamente y con la finalidad de garantizar la impermeabilidad de los suelos, prevenir absorciones del subsuelo mayores a las previstas y cumpliendo con las normas internacionales, serán revestidas con una geomembrana, las especificaciones y características de las geomembranas a utilizarse estarán condicionadas a la tipología de los residuos a almacenarse en forma segregada.

### **5.12 Cerco perimetral y pluma**

Las pozas de sedimentación de palcas tendrá un cerco perimetral para el control de acceso y evitar la entrada de personas ajenas y el control de los materiales que ingresen.

Resulta conveniente nivelar una faja de 5 a 8 m de ancho antes de comenzar a instalar la protección a efectos de permitir la circulación de los equipos pesados a ambos lados de la cerca. Se utilizará alambre de 1,20 m de altura para la valla circundante, complementado con 3 hilos de alambre de púas cada 20 cm. Los postes serán de madera dura pre moldeado.

El cerco perimétrico no será un impedimento definitivo para el ingreso de personas ajenas a la planta, lo que se busca con este cerco es limitar su ingreso

y definir la propiedad del terreno contra eventuales invasiones de terreno. Debido a que el proyecto se realizará por etapas y la primera tendrá una vida útil aproximada de 2 años, es conveniente y aconsejable cercar el área total del relleno. Se prevé la colocación de un cartel de identificación, para que sea observado por los usuarios de este servicio.

## **6.0 UTILIZACION DEL LODO PROVENIENTE DE AGUAS ÁCIDAS EN LA FABRICACION DE LADRILLOS**

### **6.1 Introducción**

La producción de ladrillos es una de las alternativas que da solución al problema de vivienda; por otra parte genera puestos de trabajo tanto en la fabricación, como en la comercialización, además se mitiga problemas de contaminación ambiental, debido a que el uso de la arcilla en la fabricación de ladrillos necesita de material combustible, para lo cual se usa eucalipto en grandes cantidades para su cocimiento. La arcilla y el eucalipto que pueden ser útiles en otras actividades del ser humano.

El lodo sería uno de los componentes a usar como materia prima en la elaboración de ladrillos, con lo que se estaría dando utilidad a un material inservible y contaminante en el estado en que se encuentra, consiguiendo de esta manera una solución integral al problema de contaminación por aguas ácidas y material coloidal en suspensión.

Se han realizado diferentes ensayos de laboratorio, con teorías de mecánica de suelos, tecnología del concreto y tecnología de materiales de construcción, tratando de conocer el comportamiento físico-mecánico del lodo, así también el comportamiento como compuesto del mortero formado por: Cemento-Arena-lodo-agua.

El resultado ha sido satisfactorio ya que se ha cumplido con el objetivo de alcanzar una resistencia mayor de lo esperado (que es la principal característica cuando se trata de calificar ladrillos), logrando una resistencia a la compresión de 100 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de curado; casi el 40% del peso total del ladrillo es

lodo. De esta forma la fabricación de ladrillos puede ser una alternativa de solución, que genere trabajo dándole un valor al lodo.

## **6.2 Descripción del problema.**

La unidad Minera Julcani por sus operaciones en la mina genera aguas ácidas que son tratadas en la poza de neutralización, y almacenadas en pozas de sedimentación, ubicada en la comunidad de Palcas, a una altura de 3450 m.s.n.m. a orillas del Río Opamayo, cerca de la confluencia con la Quebrada de Palcas, que está a una distancia aprox. de 6,5 km de la unidad minera. En esta zona de tratamiento se capta un caudal promedio de 30Lps.

La generación de lodos densos asegura que el sistema genere un alto inventario de lodo que contribuye a la co-precipitación de metales para producir un efluente bajo en concentración de metales.

El lodo generado puede tener un volumen grande, cuyas características físico-químicas, dependen de las propiedades del agua tratada.

Se tienen dos alternativas de almacenamiento en el largo plazo:

- a. Almacenamiento in-situ
- b. Excavación y transporte a otro lugar

La primera de estas opciones sería sin duda, la mejor alternativa en términos de costo, lo cual requiere:

- Estabilización de las paredes de las pozas
- Colocación de una capa de cobertura
- Revegetación a fin de reducir la infiltración y escurrimiento del agua.

Dada la proximidad al río Opamayo, podría presentarse erosión en las paredes de las pozas y pérdida de lodos bajo condiciones extremas de flujo (por ejemplo durante una avenida).

Actualmente se ha visto, que dos pozas de sedimentación se encuentran llenas con lodo, y se está usando una tercera poza, el volumen de almacenamiento excede los 30000 m<sup>3</sup>. Dado que no hay suficiente área en el lugar, para la disposición de lodos a futuro, es necesario optimizar el uso del espacio físico,

cedido por la comunidad de Palcas, debiendo evacuar los lodos existentes, para reutilizar las pozas de lodos.

### **6.3 Objetivos generales**

- Buscar una alternativa que permita usar el lodo.
- Disminuir los impactos ambientales en la actualidad
- Prevenir el impacto ambiental pasivo en el futuro, en el medio ambiente natural y social.

### **6.4 Objetivos específicos**

- Dar un valor agregado al lodo, en la fabricación de ladrillos, hallando una dosificación adecuada de los materiales que intervienen (cemento, arena, lodo, agua).
- Generar puestos de trabajo en la producción de ladrillos en forma artesanal.
- Postergar nuevas inversiones de la minería, para la disposición final de los residuos de las pozas de retención/sedimentación.

### **6.5 Razones para la fabricación de ladrillos**

- Hacer unidades de albañilería no requieren de mucho consumo de energía.
- No requiere de mano de obra calificada, en la elaboración de ladrillos y solo de especialización media, en la industria de la construcción.
- Es muy manejable por su pequeño tamaño y su resistencia es muy grande a los elementos climatológicos.
- La materia prima disponible no es costoso, no requiere cocido o quemado como en el caso de ladrillos de arcilla.

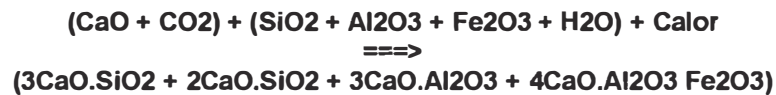
### **6.6 Resultados esperados**

Lograr la dosificación adecuada en peso, para la fabricación de ladrillos tipo I, con una resistencia a la compresión de  $60 \text{ kg/cm}^3$ , a un costo que pueda competir con los precios del mercado de otros productos de albañilería similares usados en la construcción.

## 7.0 ESTUDIO DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO

### 7.1 Cemento Pórtland

El cemento es una mezcla de materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. Dosificando: cal, sílice, óxido de aluminio y óxido de hierro. Luego de triturarlos, se pasa a un horno rotatorio a una temperatura de 2700 °F, formando un nuevo material llamado clinker. Luego de enfriarlo se tritura para formar un polvo fino (no menor de 1600 cm<sup>2</sup> por grano de superficie específica) se le agrega un retardador (pequeño porcentaje de yeso) para controlar la velocidad de fraguado en el momento que se hidrata el cemento. El polvo fino resultante es el cemento Pórtland.



El cemento es una mezcla de muchos compuestos, hay 4 compuestos que constituyen más del 90% del peso de cemento y son:

- Silicato tricálcico (C3S): produce la alta resistencia inicial del cemento Pórtland hidratado. Pasa del fraguado inicial al final en unas cuantas horas. La rapidez de endurecimiento de la pasta está en relación directa con el calor de hidratación. El C3S hidratado casi alcanza su mayor resistencia a los 7 días.
- Silicato dicálcico (C2S): se encuentra en 3 formas: alfa (inestable a temperatura ambiente), beta (es importante en el cemento Pórtland, requiere algunos días para fraguar. Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento) y gamma (no muestra endurecimiento al hidratarse)
- Aluminato tricálcico (C3A): exhibe fraguado instantáneo al hidratarse, es el causante del fraguado inicial y desprende grandes cantidades de calor durante la hidratación, disminuye la resistencia del producto al ataque de sulfatos.
- Aluminoferrita tetracálcico (C4AF): semejante al C3A, porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia. No obstante, no muestra fraguado instantáneo.

### 7.1.1 Componentes químicos

Oxido Componente	% Típico	Abrev.
CaO	61 a 67	C
SiO <sub>2</sub>	20 a 27	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 a 7	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 a 4	F
SO <sub>3</sub>	1 a 3	
MgO	1 a 5	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25 a 1.5	

### 7.1.2 Tipos de cemento

Los cementos Pórtland, abarcan una gama diferenciada de productos, a base del clinker del Pórtland, su clasificación y nomenclatura se establece de acuerdo a sus cualidades y usos. Se produce en cinco tipos que responden a diferentes requerimientos constructivos. Además, dentro de la familia de Pórtland se especifica los que tienen incorporadores de aire y adiciones como la puzolana.

#### NORMAS DE NOMENCLATURA Y SIMBOLOS

DENOMINACION	SIMBOLO
Pórtland tipo 1	I
Pórtland tipo 2	II
Pórtland tipo 3	III
Pórtland tipo 4	IV
Pórtland tipo 5	V
Pórtland Puzolánico tipo I y IM	IP, IPM
Pórtland de Escoria Tipo I y IM	IS, ISM
Pórtland Blanco Tipo I	B
Pórtland Compuesto Tipo I	Co
Cemento de albañilería	A

### 7.1.3 Características de los tipos de cemento Pórtland

**Tipo I:** de mediana resistencia a los sulfatos, calor moderado, resistencia inicial lento. Es el cemento destinado a obras de concreto en general.

**Tipo II:** de uso general, en especial en obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera un moderado calor de hidratación, resistencia inicial rápido.

**Tipo III:** de alta resistencia inicial. Es el cemento que demora menos de los 28 días necesarios para adquirir la mayor resistencia, baja resistencia sulfatos, Alto calor de hidratación

**Tipo IV:** de bajo calor de hidratación y resistencia inicial muy lento.

**Tipo V:** muy Resistente a la acción de los sulfatos, de bajo calor de hidratación y resistencia inicial muy lento.

Existen otros tipos de cementos que se derivan del cemento Pórtland, como son:

**Cemento Puzolánico (IP) :** Cemento tipo I que se le añadió puzolana. Su fraguado es más lento, posee mayor resistencia a los sulfatos y aguas agresivas. Obtiene casi la misma resistencia en los tiempos finales (28 días).

**Cemento Aluminoso:** Tiene una resistencia mecánica muy alta.

**Cemento Blanco:** Contiene menor cantidad de oxido de hierro, por ello posee es color característico. Posee menor resistencia mecánica. Se usa más para el tarrajeo de paredes, es más de estilo arquitectónico.

**Cemento Pórtland de Escoria (IS):** Contiene escorias, posee una alta resistencia a los sulfatos.

## 7.2 Agregado fino (arena)

Llamados también áridos es el conjunto de partículas de origen natural o artificial (piedra triturada) que pasa la malla 3/8" y que queda retenido en el tamiz N° 200, siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm.

Los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), Contrarrestan en cierta medida varios de los problemas originados por el cemento e influyen notablemente en las propiedades del



concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Los agregados de calidad deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

La resistencia del concreto puede ser mayor que los agregados, la textura de la estructura y composición de las partículas del agregado influye sobre la resistencia, hay evidencias de que las arenas gruesas aumentan la resistencia a la compresión del mortero y producen morteros ásperos, mientras que las arenas muy finas reducen la resistencia y la adhesión.

### **7.2.1 Funciones del agregado**

- Como esqueleto o relleno para la masa (cemento-lodo-agua), reduciendo el contenido de cemento-agua en el volumen.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o intemperismo, que puedan actuar sobre el mortero.
- Reducir los cambios de volumen resultantes en los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado por calentamiento de la pasta

### **7.2.2 Ensayos realizados con el agregado**

#### **PESO UNITARIO**

Da una medida de los vacíos en la unidad de volumen del agregado, representa un índice de calidad.

#### **7.2.2.1 Peso unitario suelto de arena (PUS)**

$$\text{PUS} = \text{Peso arena secada al aire libre suelto} / \text{volumen molde}$$

Se llenó con arena secada al medio ambiente, un molde de 1268,79 cm<sup>3</sup>, con una pala, dejando solo caer la muestra, este llenado se realizó en una sola capa,

es decir sin compactar con la varilla, luego se procedió a pesar el material en una balanza teniendo presente el peso del molde.

### PESO UNITARIO SUELTO DE ARENA

**Molde**

Peso del molde (kg) = 2,48  
 Diam (cm) = 9,50  
 Altura(cm) = 17,90  
 Vol (cm<sup>3</sup>) = 1268,79

DESCRIPCION	PESO (kg)	PUS (gr/cm <sup>3</sup> )	PUS (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso arena suelta	4,30		
Peso arena suelta	1,82	1,43	1 434,44

**PUS = 1434.44 kg/m<sup>3</sup>**

### 7.2.2.2 Peso unitario compactado de arena (PUC)

**PUC = Peso arena secada al aire libre compactado/volumen molde**

**Procedimiento**

Se llenó arena secada al medio ambiente, en un molde de 1268,79 cm<sup>3</sup>, con una pala realizándolo en tres capas similares, por cada capa que se relleno, se realizaron 25 golpes sobre esta, en forma espiral, esto es con el propósito de compactar el material en forma uniforme, estos golpes se realizaron con la varilla metálica de 5/8", de 60 cm.

Al compactar la primera capa se procura que la barra no golpee el fondo del recipiente.

Al compactar las 2 últimas capas, la barra debe penetrar la capa anterior aprox. 5 cm.

La última capa luego de los 25 golpes, se enrasa y lo sobrante, se elimina con ayuda de la varilla compactadora.

Luego se pesó el recipiente así llenado descontando el peso del recipiente con lo cual se obtuvo el peso del material compactado.

### PESO UNITARIO COMPACTADO DE ARENA

#### Molde

Peso del molde (kg) = 2,48

Diam (cm) = 9,50

Altura(cm) = 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1268,79

DESCRIPCION	PESO (kg)	PUS (gr/cm <sup>3</sup> )	PUS (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso arena compactada	4,48		
Peso arena compactada	2,00	1,58	1 576,30

**PUC = 1576.30 kg/m<sup>3</sup>**

#### 7.2.2.3 Granulometría

El agregado debe estar bien graduado, es decir, debe contener granos grandes y pequeños. La pasta cementante debe cubrir completamente cada grano. Si el agregado está compuesto solo de granos finos, se requerirá más pasta, incrementando el costo. Si el agregado contiene granos gruesos y finos, los finos llenan los espacios entre los gruesos, consiguiendo un mortero más trabajable y plástico. Además al estar cubiertos todos los granos por material cementante, los granos finos actúan como esferas de apoyo, permitiendo a los granos gruesos rodar uno sobre otro.

#### Preparación del material

- Se mezcla adecuadamente una muestra representativa
- Con esta muestra procedemos a formar un montón al cual le daremos base circular ayudándonos de una pala.
- Dividimos entonces en cuatro partes cortando el montón diametralmente.
- Procedemos ahora a mezclar las partes opuestas y se volverá a repetir el procedimiento descrito anteriormente hasta obtener la cantidad necesaria para el ensayo.

#### Procedimiento

- Pesar la muestra "seca" con una aproximación de 0.1%.
- El tamizado se hace usando los tamices correspondientes colocados en orden decreciente según el tamaño de abertura.

- El material a tamizar se coloca en la malla superior, mediante el empleo de la maquina vibradora se imprime movimientos de vaivén a la muestra (no se debe forzar el paso de partículas con la mano).
- Se procede a retirar cada tamiz y pesar el material retenido (se verifica que la suma total corresponda al peso inicial).

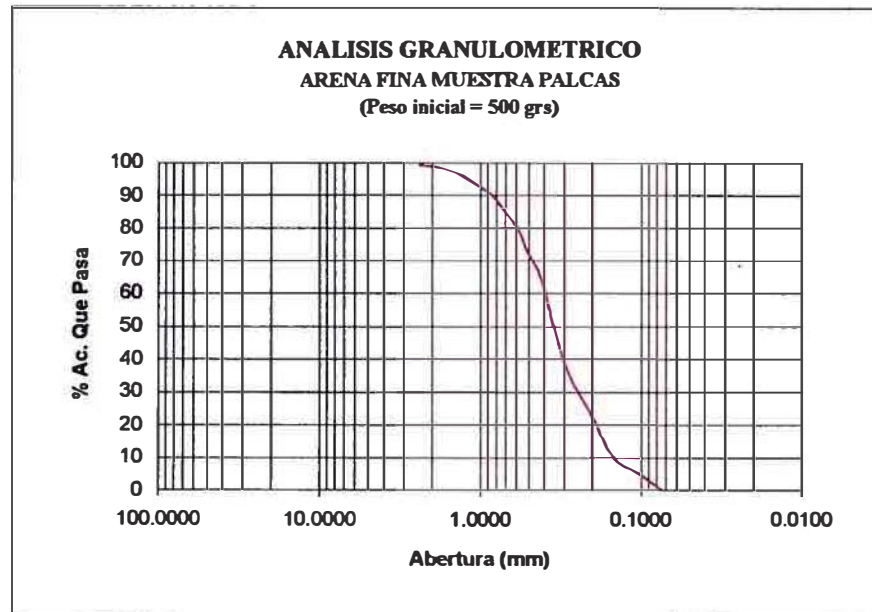
El agregado fino, debe estar graduado dentro de los siguientes límites:

No.	Malla		% QUE PASA
	mm.	pulg	
4	4,6800	0,1843	100
8	2,3800	0,0937	95 - 100
16	1,2300	0,0469	80 - 100
30	0,5890	0,0232	50 - 85
50	0,2970	0,0117	25 - 60
100	0,1490	0,0059	10 - 30
200	0,0740	0,0029	2 - 10

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
AGREGADO FINO (Palcas)**

**PESO DE LA MUESTRA (gr) = 500**

No.	M a l l a		Peso		Ret. %	Ret. Ac. %	Ac. que pasa %
	mm.	pulg	Ret. (gr)	Ret. Ac. (gr)			
8	2,3800	0,0937	3,845	3,845	0,772	0,772	99,228
10	2,0000	0,0787	1,788	5,633	0,359	1,131	98,869
12	1,6800	0,0661	3,489	9,122	0,700	1,831	98,169
14	1,4100	0,0555	6,374	15,496	1,280	3,111	96,889
16	1,2300	0,0469	6,659	22,155	1,337	4,448	95,552
18	1,0010	0,0394	15,438	37,593	3,100	7,548	92,452
20	0,8400	0,0331	13,384	50,977	2,687	10,235	89,765
25	0,7060	0,0278	22,989	73,966	4,616	14,850	85,150
30	0,5890	0,0232	25,453	99,419	5,110	19,961	80,039
35	0,5000	0,0197	40,362	139,781	8,104	28,064	71,936
40	0,4200	0,0165	37,265	177,046	7,482	35,546	64,454
50	0,2970	0,0117	132,468	309,514	26,596	62,142	37,858
70	0,2100	0,0083	69,652	379,166	13,984	76,126	23,874
100	0,1490	0,0059	67,870	447,036	13,626	89,752	10,248
140	0,1050	0,0041	24,578	471,614	4,935	94,687	5,313
200	0,0740	0,0029	26,463	498,077	5,313	100,000	0,000



**7.2.2.4 Modulo de finura:** Criterio establecido por Duff Abrams en 1925; granulometrías que tengan iguales módulos de fineza independientemente de la gradación de sus partículas requieren la misma cantidad de agua para obtener similares propiedades de trabajabilidad y resistencia.

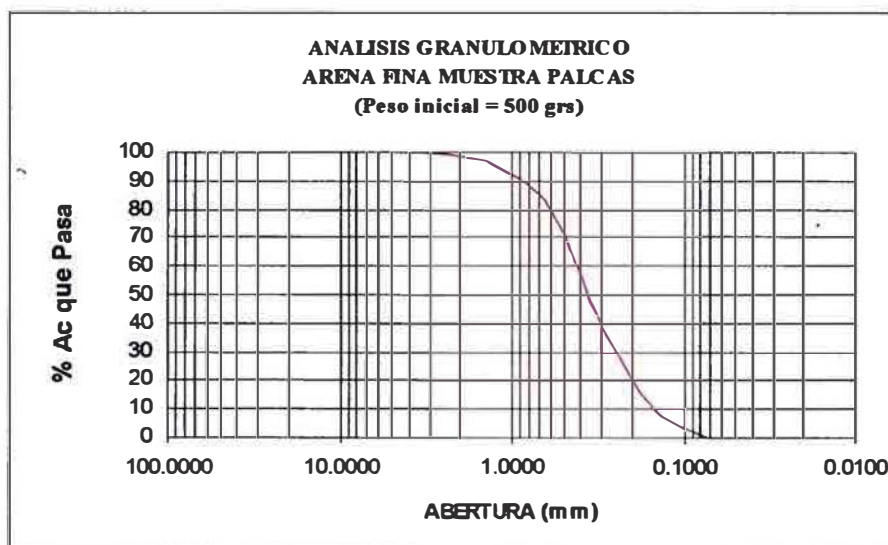
índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los agregados, siendo proporcional con el grosor del agregado. Se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Módulo de Fineza alto ==> Agregado grueso

#### MODULO DE FINURA

No.	M a l l a		Peso		Ret.	Ret. Ac.	Ac. que pasa
			Ret.	Ret. Ac.			
	mm.	pulg	(gr)	(gr)	%	%	%
4	4,6800	0,1843	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000
8	2,3800	0,0937	3,845	3,845	0,772	0,772	99,228
16	1,2300	0,0469	18,310	22,155	3,676	4,448	95,552
30	0,5890	0,0232	77,264	99,419	15,512	19,961	80,039
50	0,2970	0,0117	210,095	309,514	42,181	62,142	37,858
100	0,1490	0,0059	137,522	447,036	27,611	89,752	10,248
200	0,0740	0,0029	51,041	498,077	10,248	100,000	0,000

$$MF = 1,771$$



### 7.3 Lodo

Material generado de la neutralización de aguas ácidas provenientes de las operaciones en la mina.

#### 7.3.1 Características del tamaño de partículas del lodo

La distribución de partículas fue determinada mediante el tamizado de submuestras de 100 – 200 gr, obtenidas tras desagregar y secar con aire seco a una temperatura de 40 oC.

Tamaño de apertura de malla	Masa retenida por malla (gr)	Masa retenida Como % de muestra original
2.0 mm	0,2	0,5
1.0 mm	1,04	2,9
500 micrones	0,76	2,1
250 micrones	1,72	4,7
< 250 micrones	32,46	89,2
Pérdida	0,2	0,5

De la tabla puede observarse que predomina la fracción de tamaño < 250 micrones. El 89 % de la masa total de los lodos cae dentro de esta fracción, tan solo el 0.5 % del material se encuentra en el rango > 1 mm.

### 7.3.2 Peso unitario suelto (PUS)

**PUS = Peso lodo seco suelto/volumen molde**

Se llenó lodo seco un molde de 1268,79 cm<sup>3</sup>, con una pala dejando solo caer la muestra, este llenado se realizó en una sola capa es decir sin compactar con la varilla, luego se procedió a pesar el material en una balanza teniendo presente el peso del molde.

#### PESO UNITARIO SUELTO DE LODO

##### Molde

Peso del molde (kg) = 2,48

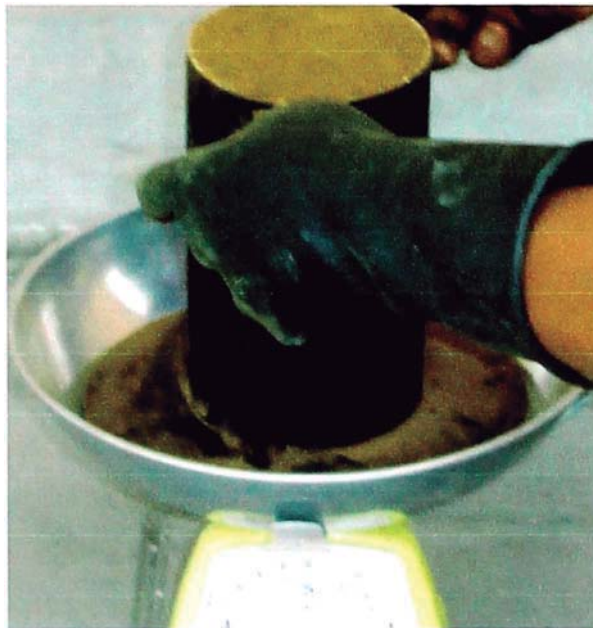
Diam (cm) = 9,50

Altura(cm) = 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1 268,79

DESCRIPCION	PESO (kg)	PUS (gr/cm <sup>3</sup> )	PUS (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso lodo suelto	3,72		
Peso lodo suelto	1,24	0,98	977,31

**PUS = 977.31 kg/m<sup>3</sup>**



**Pesando el lodo para hallar el peso unitario suelto**

### 7.3.3 Peso Unitario compactado de lodo seco (PUC)

$$\text{PUS} = \text{Peso lodo seco compactado} / \text{volumen molde}$$

Se llenó lodo secada al medio ambiente, en un molde de 1268,79 cm<sup>3</sup>, con una pala realizándolo en tres capas similares, por cada capa rellena, se realizaron 25 golpes sobre esta, en forma espiral, esto es con el propósito de compactar el material en forma uniforme, estos golpes se realizaron con la varilla metálica de 5/8", de 60 cm.

Al compactar la primera capa se procura que la barra no golpee el fondo del recipiente.

Al compactar las 2 últimas capas, la barra debe penetrar la capa anterior aprox. 5 cm.

La última capa luego de los 25 golpes, se enrasa y lo sobrante, se elimina con ayuda de la varilla compactadora.

Luego se pesó el recipiente así llenado descontando el peso del recipiente con lo cual se obtuvo el peso del material compactado.

#### PESO UNITARIO COMPACTADO DE LODO

##### Molde

Peso del molde (kg) = 2,48

Diam (cm) = 9,50

Altura (cm) = 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1268,79

DESCRIPCION	PESO (kg)	PUS (gr/cm <sup>3</sup> )	PUS (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso lodo compactado	3,96		
Peso lodo compactado	1,48	1,17	1 166,46

$$\text{PUC} = 1166,46 \text{ Kg/m}^3$$

### 7.3.4 Contenido de humedad

La finalidad de este ensayo de laboratorio es determinar el contenido de humedad de una muestra de lodo.



### Procedimiento

- Se tomó una cantidad de lodo y se procedió al cuarteo
- Se escogió una muestra representativa y esta se llenó en una tara, luego se pesó
- Esta muestra pesada se llevó al horno durante 24 horas a una temperatura de 110 +/- 5 oC
- Pasadas las 24 horas se retiró el material y se procedió al pesado de este, que es el peso del material seco que necesitamos.

Para el Peso Especifico los volúmenes se tomaron haciendo uso de mercurio.

Formula:

$$W(\%) = W_w / W_s * 100$$

Contenido de Humedad = (Peso muestra húmedo – Peso muestra seca) x 100 / Peso seco

### CONTENIDO DE HUMEDAD y PESO ESPECIFICO DEL LODO

Volumen tara (cm3) = 13,60

Volumen muestra seca (cm3) = 4,50

Variación de Volumen (cm3) = 9,10

DESCRIPCION	PESO (gr)	Cont. Humedad %	P.e. Húmedo (gr/cm3)	P.e. Seco (gr/cm3)
Peso muestra húmeda + tara	34,30			
Peso tara	22,00			
Peso muestra húmeda	12,30			
Peso muestra seca	3,00			
Peso agua	9,30	310,00	0,90	0,67

- La muestra de lodo tiene un alto contenido de humedad
- Al secarse la muestra de lodo se reduce un 66.91 %

### 7.3.5 Resultados del laboratorio (Unidad Julcani)

DESCRIPCION	Ag %	Pb%	Cu%	Zn%	Fe%
Muestra lodo	0	0.16	0.2	1.1	21.96

En el lodo se encuentra el Zn en un 1.1% pero en la forma de óxido. Se puede recuperar mediante una lixiviación con ácido sulfúrico para eso se necesitan grandes volúmenes de lodos.

Otra forma de recuperar el Zn será como sulfatos pero esta saldrá con ciertas impurezas.

Si el Zn se hubiera encontrado como sulfuros sería otra cosa, ya que por flotación se hubiera podido separar el sulfuro del Zn.

La otra posibilidad como se puede observar de los resultados tiene un alto contenido de hierro en un 21.96% esta se puede usar como una fuente de cationes para fertilizantes.

Otra posibilidad de usar el lodo es en producir la Magnetita calcinando el hidróxido férrico esto por el alto contenido de hierro presente en ello.

#### 7.4 Agua

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

#### Límites permisibles para el agua de mezcla y de curado

Según la norma NTP 339.088

Descripción	Límite permisible (ppm)
1. Sólidos en suspensión	5 000 max
2. Materia orgánica	3 max
3. Alcalinidad ( $\text{NaHCO}_3$ )	1 000 max
4. Sulfato ( Ión $\text{SO}_4$ )	600 max
5. Cloruros ( Ión $\text{Cl}^-$ )	1 000 max
6. pH 5 a 8	
7. Hierro ( Ión Férrico )	1 max

- El contenido de residuos sólidos en suspensión no será mayor de 5 gr/lt (5000 ppm)
- Contenido máximo de materia orgánica, expresado en oxígeno consumido: 3 mgr/lt (3 ppm)
- Contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresado en  $\text{NaHCO}_3$  será menor de 1 gr/lt (1000 ppm)
- El contenido de sulfatos, expresado en ión  $\text{SO}_4$  - será menor de 0.6 gr/lt (600 ppm)
- Contenido de cloruros, expresado en ión  $\text{Cl}$  - será menor de 1 gr/lt (1000 ppm), los iones de cloro corroen al acero.
- El pH 5,5 – 8. Las aguas ácidas tienen efectos destructivos en el concreto.

Una cantidad de agua equivalente al 25% del peso del cemento, reacciona con el cemento, pero mayor cantidad de agua es requerida para mejorar la colocación y compactación. La relación agua cemento varía entre 0,35 y 1,00, dependiendo de la riqueza de la mezcla, la relación agregado-cemento y la resistencia deseada del concreto.

El agua en exceso de la relación agua-cemento, ayuda a la hidratación, pero en su mayor parte produce vacíos y reduce la resistencia del concreto.

La mayor o menor cantidad de agua se traduce en la mayor o menor posibilidad de segregación entre los componentes del concreto.

## **8.0 CONCRETO**

### **8.1 Generalidades**

El concreto es un material artificial utilizado en ingeniería que básicamente es una mezcla de dos componentes: Agregado y pasta.

La pasta, compuesta de Cemento y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

### **8.2 Concreto convencional**

Es una mezcla de cemento, arena, agregado, agua y aditivo que posee la cualidad de endurecer con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de

uso común en la construcción. En estado fresco posee un suficiente tiempo de manejabilidad y excelente cohesividad en estado endurecido.

### 8.3 Composición del concreto

<b>Componentes del Concreto</b>	<b>Proporciones %</b>
Aire	1 a 3
Cemento	7 a 15
Agua	15 a 22
Agregados	60 a 75
Aditivos	0,1 a 0,2

### 8.4 Variaciones en las propiedades del concreto

Debido a:

1. Cambios en la relación Agua/ Cemento
  - Control deficiente de la cantidad de agua.
  - Variación excesiva de humedad en los agregados.
  - Agua adicional al pie de obra.
2. Variación en los requerimientos de agua de mezcla.
  - Gradación de los agregados, absorción y forma.
  - Características del Cemento y Aditivos.
  - Contenido de aire.
  - Tiempo de suministro y temperatura.
3. Variaciones en las características y proporciones de los ingredientes.
  - Agregados.
  - Cemento.
4. Variaciones ocasionadas por el transporte, colocación y compactación.
5. Variaciones en la temperatura y curado.

### 8.5 Debido a deficiencias en los métodos de prueba

1. Procedimientos de muestreo inadecuados.

2. Dispersiones debidas a las formas de preparación manipuleo y curado de cilindros de prueba.

3. Mala calidad de los molde para cilindros de prueba.

4. Defectos de curado:

Variaciones de temperatura.

Humedad Variable.

Demoras en el transporte de los cilindros al laboratorio.

5. Procedimientos de ensayo deficientes.

En el refrendado (capping) de los cilindros.

En el ensayo de compresión.

## **9.0 ESTUDIO DEL LODO COMO MATERIAL PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS**

El Lodo tiene características similares a la arcilla a simple vista: color, plasticidad en estado húmedo, dureza en estado seco, al secarse se “cuarteo”, tiene partículas finas, etc. Pero en la realidad varias de estas características difieren de la arcilla.

El lodo posee plasticidad cuando está húmedo, es rígida vidriosa cuando esta seca, de color rojizo a marrón, de textura irregular; este material no tiene adhesividad, se disgrega al secarse por tratarse de minerales no cohesivos, sub consolidados y con una densidad relativa muy baja. En estado húmedo retiene mucha cantidad de agua, el contenido de humedad que alcanza es sumamente alto.

Para el uso en la fabricación de ladrillos es necesario mezclar con arena gruesa limpia y bien graduada, ya que como es sabido el lodo es un material de partículas muy finas; esto no es conveniente para nuestro propósito, ya que al haber mayor superficie específica, se necesita mayor cantidad de cemento, que es el aglomerante a usar.

No es conveniente el uso de la arcilla como un agregado mas, aunque le proporcionaría cohesividad, porque aportaría mayor cantidad de partículas finas y por tanto mayor superficie específica que cubrir con cemento.

## **9.1 Usando la teoría de mecánica de suelo**

### **9.1.1 Compactación**

La compactación de suelos es el proceso artificial de densificación rápida, empleando medios mecánicos, donde se produce una disminución del volumen de los huecos que contienen aire y un acercamiento entre las partículas.

En la compactación además de variar el contenido de aire de la muestra, también varían otras características como la resistencia mecánica, la deformabilidad, la permeabilidad, etc. Este método mejora la resistencia, disminuye la capacidad de deformación, aumentando el peso específico seco y disminuyendo sus vacíos por lo que el material adquiere inalterabilidad frente a agentes externos.

Los métodos empleados para la compactación dependen del tipo de material con que se trabaje en cada caso; en los materiales puramente friccionantes como la arena, los métodos vibratorios son los más eficientes, en tanto que en materiales plásticos el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso.

El grado de compactación, sometido a un procedimiento dado, depende en gran parte del contenido de humedad.

Resumiendo: se puede decir que la compactación mejora la estabilidad de las partículas, dependiendo de dos factores principales: el contenido de agua del suelo y de la energía específica aplicada.

El propósito de un ensayo de compactación de laboratorio, es determinar el óptimo contenido de humedad para alcanzar el mayor grado de compactación.

Se ha realizado el ensayo similar al Proctor modificado (para lo cual hemos construido nuestro propio equipo) para hallar el óptimo contenido de humedad que permita la mayor densificación de la mezcla Arena-Lodo en diferentes proporciones tratando de hallar una mezcla que permita usar la mayor cantidad de lodo.

### **9.1.2 Procedimiento**

Se usó 2.5 kg de mezcla (arena-lodo) para hallar cada punto del gráfico de compactación.

- Hemos secado el material por separado (arena, lodo) al aire libre.
- El lodo se redujo a polvo mediante un rodillo manual.

- Se mezcla cada porción de Arena-Lodo, controlando la cantidad de agua para llevarla al contenido de humedad deseado.
- Se agrega el agua al material (Arena-Lodo) y se mezcla bien para permitir que el contenido de humedad se distribuya uniformemente en toda la muestra.
- Se pesa el molde y su base.
- Colocamos una capa de material aprox.  $1/3$  de la altura del molde. Compactando la capa con 25 golpes uniformemente distribuidos con un pisón 0.5 kg con una altura de caída de 70 cm.
- Repetir 2 veces la operación anterior. Al compactar la última capa debe quedar un pequeño exceso de material por sobre el borde del molde, el que debe sobresalir aprox.  $1/4$  de pulgada.
- Enrasar la superficie del molde con una regla metálica. Pesar el molde
- Repetir las operaciones anteriores, hasta que haya un decrecimiento en la densidad húmeda del suelo. El ensayo se debe efectuar desde la condición más seca a la condición más húmeda.
- Finalmente se procede a graficar la curva de compactación con las densidades secas y los contenidos de humedad para cada ensayo.



### 9.1.3 Equipo utilizado

#### Molde

Diámetro interno	: 9,4 cm.
Altura	: 18 cm.
Volumen	: 1268,79 cm <sup>3</sup> .

**Pisón metálico**

Diámetro externo	: 4,2 cm.
Peso	: 0,50 kg.
Altura	: 70 cm.

**Probeta graduado**

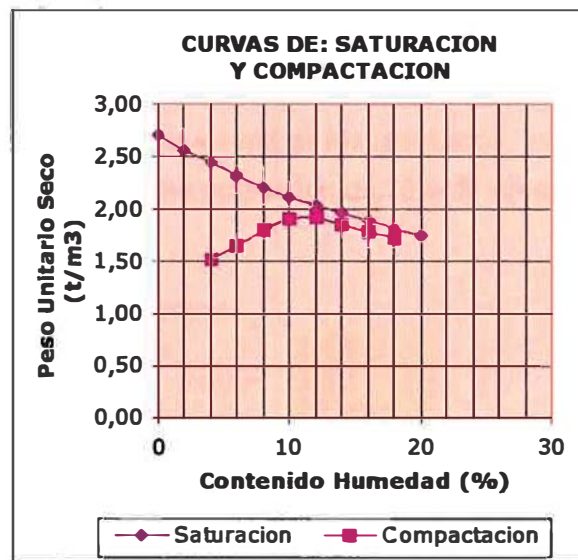
Capacidad	: 500 cm <sup>3</sup> , graduada a 2,5 c
-----------	--

**Balanza**

Capacidad	: 5 kg
Precisión	: 20 gr.

**Regla de acero**

Largo	: 30 cm. de largo.
-------	--------------------



En el gráfico se puede apreciar la curva de compactación  
Obtenida de un suelo común.

**9.1.4 Cuadros de datos y cálculos realizados, para hallar  
La proporción de arena-lodo con la que se alcance  
La máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.**



### ENSAYO DE MAXIMA DENSIDAD

A = Arena

L = Lodo

a = agua

m = mezcla (A+L)

Wm(kg)

= 5

**Molde**

W (kg) = 2,48

Diam (cm) = 9,50

Altura(cm)= 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1 268,79

A (%)	L (%)	No.	A (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
70	30	1	0,500	4,48	2,00	1,500	1,182	33,33
(kg)	(kg)	2	0,600	4,60	2,12	1,520	1,198	39,47
3,5	1,5	3	0,900	4,81	2,33	1,430	1,127	62,94
		4						

A (%)	L (%)	No.	A (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
62,5	37,5	1	0,300	4,42	1,94	1,640	1,293	18,29
(kg)	(kg)	2	0,600	4,52	2,04	1,440	1,135	41,67
3,125	1,875	3	0,800	4,60	2,12	1,320	1,040	60,61
		4						

Repetimos el primer ensayo para verificar los resultados, esta vez se usó 2,5 kg. de muestra (Arena-Lodo) en una proporción de 70% de Arena y 30 % de Lodo.

A = Arena

L = Lodo

a = agua

m = mezcla (A+L)

Wm (kg) = 2,5

**Molde**

W (gr) = 2,48

Diam (cm) = 9,50

Altura(cm)= 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1268,79

A (%)	L (%)	No.	A (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
70	30	1	0,500	4,48	2,00	1,500	1,182	33,33
(kg)	(kg)	2	0,600	4,60	2,12	1,520	1,198	39,47
1,75	0,75	3	0,900	4,81	2,33	1,430	1,127	62,94
		4						

### ENSAYO DE MAXIMA DENSIDAD

A = Arena

L = Lodo

a = agua

m = mezcla (A+L)

**Molde**

W (kg) = 2,48

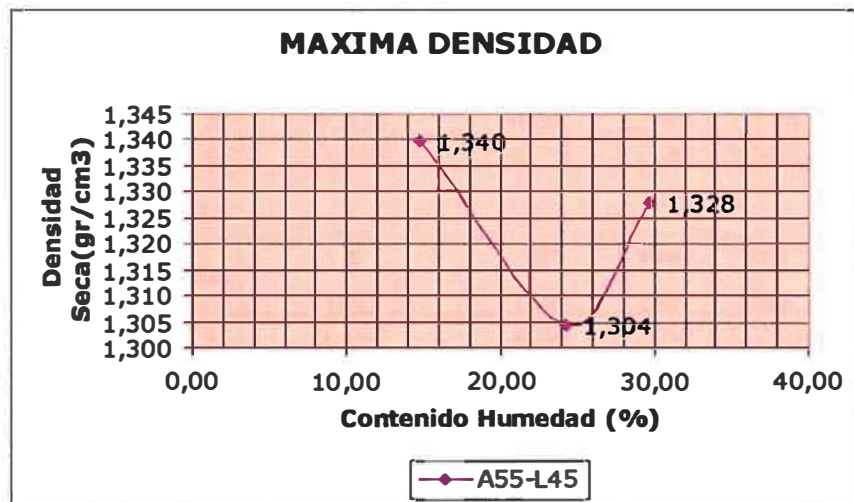
Diam (cm) = 9,50

Altura(cm)= 17,90

$$W_m(\text{kg}) = 3$$

$$\text{Vol}(\text{cm}^3) = 1\,268,79$$

A (%)	L (%)	No.	a (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
55	45	1	0,250	4,43	1,95	1,700	1,340	14,71
(kg)	(kg)	2	0,400	4,54	2,06	1,655	1,304	24,17
1,65	1,35	3	0,500	4,67	2,19	1,685	1,328	29,67
		4						



Curva de compactación de la muestra que contiene 55% de Arena y 45% de Lodo

La compactación es un método usado en la ingeniería de la construcción en general para densificar suelos; como puede observarse este material (Arena-Lodo), no se comporta como un suelo común, donde el material, desde un estado relativamente seco al agregarle agua en forma proporcional, al compactarlo va adquiriendo una densidad cada vez mayor, hasta llegar a una densidad máxima donde el contenido de humedad es el óptimo, para luego bajar de densidad conforme aumenta la humedad.

### ENSAYOS DE MAXIMA DENSIDAD

A = Arena

L = Lodo

a = agua

m = mezcla (A+L)

Wm(kg)

= 2,5

**Molde**

W (kg) = 2,48

Diam (cm) = 9,50

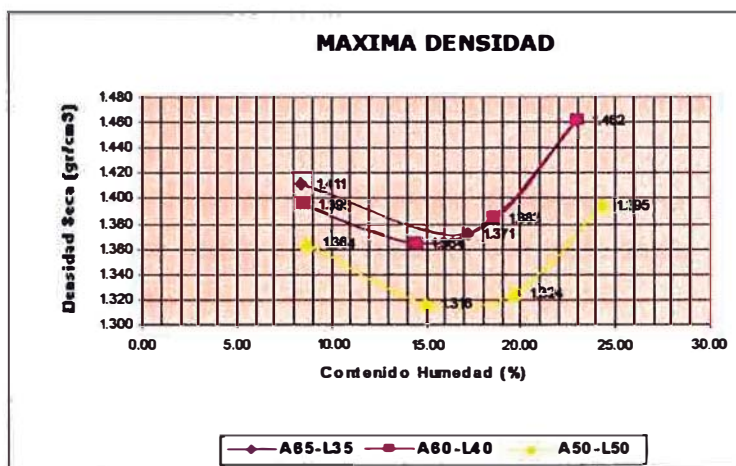
Altura(cm)= 17,90

Vol (cm<sup>3</sup>) = 1268,79

A (%)	L (%)	No.	a (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
65	35	1	0,150	4,42	1,94	1,790	1,411	8,38
(kg)	(kg)	2	0,300	4,52	2,04	1,740	1,371	17,24
1,625	0,875	3	0,425	4,76	2,28	1,855	1,462	22,91
		4						

A (%)	L (%)	No.	a (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
60	40	1	0,150	4,40	1,92	1,770	1,395	8,47
(kg)	(kg)	2	0,250	4,46	1,98	1,730	1,364	14,45
1,5	1	3	0,325	4,56	2,08	1,755	1,383	18,52
		4	0,425	4,76	2,28	1,855	1,462	22,91

A (%)	L (%)	No.	a (ml)	Wt (kg)	Wm (kg)	Ws (kg)	D (gr/cm <sup>3</sup> )	CH (%)
50	50	1	0,150	4,36	1,88	1,730	1,364	8,67
(kg)	(kg)	2	0,250	4,40	1,92	1,670	1,316	14,97
1,25	1,25	3	0,330	4,49	2,01	1,680	1,324	19,64
		4	0,430	4,68	2,20	1,770	1,395	24,29



## 10.0 LADRILLOS

Son unidades de albañilería, que mediante un proceso de moldeado y compactado en forma de un paralelepípedo rectangular, dosificadas en proporciones adecuadas de cemento, arena, lodo y agua, son utilizadas en la industria de la construcción.

## 10.1 Clasificación

### Según su forma

- Sólida o maciza: unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente al 75% o más del área bruta en el mismo plano.
- Perforada o hueca: unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente a menos del 75% del área bruta en el mismo plano.
- Tubular: tiene perforaciones paralelos a la cara de asiento, sin limitaciones de área.

### Según la materia prima

- De arcilla.
- De concreto vibrado
- Sílico clacáreos

### Según el método de fabricación

- Artesanal: Fabricado por el sistema manual medianamente especializada.
- Industrial: Fabricado con maquinaria que amasa, moldea, prensa o extruye la pasta. Estos ladrillos se caracterizan por su uniformidad, forma mas perfilada y su alta resistencia.

El ladrillo materia del presente estudio según su forma es un ladrillo sólido, según la materia prima usada es de concreto con lodo, según el método de fabricación es artesanal.

Sus dimensiones serán:

Largo	= 24 cm.
Ancho	= 12 cm.
Alto	= 9 cm.

Es conveniente que sea sólido para que pueda alcanzar mayores resistencias, usando la mayor cantidad de lodo.

## 10.2 Características y condiciones de los ladrillos

Los ladrillos tienen que ser sólidos, resistentes, sin fisuras ni alabeos; la forma debe ser homogénea y compacta.

### **10.2.1 Componentes**

Esta compuesto por cemento Pórtland tipo I, arena fina, lodo y agua. El cemento funciona como aglomerante, mientras que la arena y el lodo son agregados inertes.

La función de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, atenuando la contracción por secado.

### **10.3 Proceso de fabricación artesanal**

#### **Secado**

Trasladar el material a la zona de trabajo, una vez acumulado el lodo en la zona de trabajo se procede al tendido en plásticos con la finalidad de secar el material

#### **Desmenuzado y molienda**

Se efectúa con la ayuda del pico, golpeando los trozos hasta reducirlos en pequeñas partículas, los cuales continúan el proceso de secado, se termina de desmenuzar por medio de un rodillo de fierro, de ser posible tamizar el material hasta obtener partículas finas.

#### **Pesaje y mezcla en seco**

Se procede al pesaje de cada uno de los elementos que conforman el ladrillo (Cemento, Arena, Lodo), en la dosificación hallada en laboratorio, e indicada en el presente informe.

Haciendo uso de una bolsa de plástico resistente y sin huecos, se procede al mezclado en seco, del cemento, arena y lodo, hasta que la mezcla sea homogénea.

#### **Mezcla con agua y amasado**

En un recipiente impermeable (de plástico), con el material del proceso anterior se procede a verter el agua en la cantidad estipulada en el presente informe. Haciendo uso de herramientas como la espátula, se procede al amasado teniendo cuidado de no dejar grumos y que la mezcla sea homogénea.

### **Moldeado**

Se realiza utilizando molde fabricadas de planchas de acero, previamente se engrasa el molde para que no se pegue la masa al desmoldarlo.

Es necesario que al llenar el molde se realice un proceso de compactación por capas (03) varillando con 25 golpes, tratando de compactar la masa, esto mejorará la resistencia del ladrillo, dándole además un mejor acabado.

### **Desmoldado**

Luego de unos 15 a 30 minutos se procede a desmoldar el ladrillo con bastante cuidado para que no se produzcan fisuras, alabeos ni deformaciones.

Luego de desmoldado, se coloca el ladrillo fresco en un lugar en donde vaya a alcanzar consistencia, durante 24 horas.

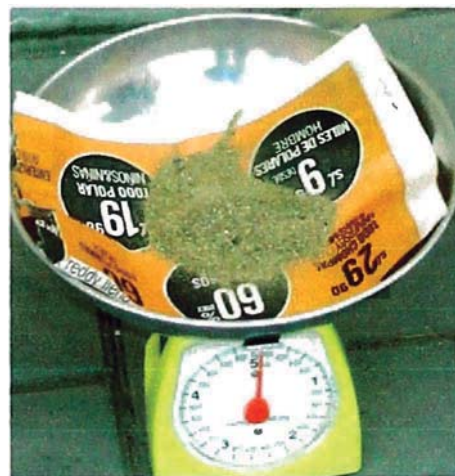
### **Curado y secado**

Se pone las unidades en un cilindro con agua de forma que sea totalmente sumergido, para que el cemento utilizado alcance su resistencia a los 14 días. Es necesario que los ladrillos se sequen al aire, hasta que el lodo alcance mayor resistencia.

Siguiendo este proceso en forma estricta, se puede asegurar la calidad obtenida en el laboratorio; alcanzando buena resistencia y buen acabado en el ladrillo.



Pesando el Cemento



Pesando la Arena

## **DOSIFICACION EN PESO**





Pesando el lodo molido, secado al aire libre



Preparado del Espécimen con una dosificación adecuada  
obsérvese la humedad de la mezcla



Luego de llenar el molde en tres capas habiendo varillado con 25 golpes, se procede a enrasar la ultima capa con una regla de fierro

Luego de unos 15 a 30 minutos se procede a desmoldar el espécimen, con bastante cuidado para que no se produzcan fisuras, alabeos ni deformaciones.





**10.4 DOSIFICACION FINAL DEL MORTERO PARA LADRILLOS  
PROPORCION DE MEZCLA EN PESO DE  
CEMENTO, ARENA, LODO, AGUA  
PARA UN "PROBETA" DE ENSAYO**



**DISEÑO DE PROBETA DE PRUEBA  
PROPORCIONES EN PESO (gr)**

**Molde Mortero "Probeta"**

W (kg) = 1,00	m = Arena + Lodo
Diam (cm) = 5,40	C = Cemento
Altura (cm) = 9,30	a = agua
Vol (cm <sup>3</sup> ) = 212,99	Pe.m (gr/cm <sup>3</sup> ) : 1,462
	Pe.c (gr/cm <sup>3</sup> ) : 3,150
A = Arena seca	Prop. Arena (%m): 0,600
L = Lodo seco	Prop. Lodo (%m) : 0,400

**DE TESIS :**

PROPORCION EN PESO		Resist. Comp. (kg/cm <sup>2</sup> )	Curado (días)
Mat.	(kg)		
C	1,00	120	7
A	4,00	151	14
a	0,98	173	28

**DOSIFICACION EN PESO :**

**CEMENTO**

C (gr) = 69,754    **70**

**ARENA + LODO**

m (gr) = 279,017

**ARENA**

A (gr) = 167,410    **170**

**LODO**

L (gr) = 111,607    **112**

**AGUA : (a/C) = 1,00**

a (ml) = 69,754    **70**

### 10.5 DOSIFICACION FINAL DEL MORTERO PARA LADRILLOS

PROPORCION DE MEZCLA EN PESO DE  
CEMENTO, ARENA, LODO, AGUA  
PARA UN LADRILLO DE ENSAYO



#### DISEÑO DE LADRILLO DE PRUEBA PROPORCIONES EN PESO (gr)

##### Molde "ladrillo"

Largo (cm) = 24,00  
Ancho (cm) = 12,00  
Altura (cm) = 9,00  
Vol (cm<sup>3</sup>) = 2592,00

A = Arena seca  
L = Lodo seco

m = Arena + Lodo  
C = Cemento  
a = agua  
Pe.m (gr/cm<sup>3</sup>) : 1,462  
Pe.c (gr/cm<sup>3</sup>) : 3,150  
Prop.Arena (%m): 0,600  
Prop.Lodo (%m) : 0,400

##### DE TESIS :

PROPORCION EN PESO		Resist. Comp. (kg/cm <sup>2</sup> )	Curado (días)
Mat.	(kg)		
C	1,00	120	7
A	4,00	151	14
a	0,98	173	28

##### DOSIFICACION EN PESO :

##### CEMENTO

C (gr) = 848,879 850

##### ARENA + LODO

m (gr) = 3 395,516

##### ARENA

A (gr) = 2 037,310 2040

##### LODO

L (gr) = 1 358,207 1360

AGUA : (a/C) = 1,00

a (ml) = 848,879 850

### 10.6 Ensayo de resistencia a la compresión

Es la propiedad más importante y mas difundido, tanto porque es una buena medida de la uniformidad del material, como por ser la variable que mas influye, en la resistencia a la compresión del muro. Define no solo el nivel de calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro.

La forma de falla a compresión en el ladrillo ocurre por aplastamiento o corte.

#### Objeto

Comprobar la resistencia del ladrillo

#### Procedimiento:

Cuando los ladrillos presentan irregularidades para el ensayo, se rellenan con una capa de cemento Pórtland, la que se deja fraguar 24 hr. Antes de aplicar el recubrimiento de yeso necesario para el ensayo.

Luego de colocar el ladrillo tratado, colocar la muestra con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina TINIUS OLSEN y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior de la muestra, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del ladrillo.

Se aplica lentamente la carga con una velocidad de desplazamiento del cabezal de la máquina que no sea mayor de 1,27 mm/min. El incremento de la carga se proseguirá hasta la rotura del espécimen.

Ecuación:  $f'_b = P/A$

$f'_b$  = Resistencia a la compresión del ladrillo (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga de rotura aplicada por la máquina (kg)

A = Promedio de las áreas brutas superior e inferior de la muestra (cm<sup>2</sup>)

### REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS

LADRILLO TIPO	RESIST. A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	PROPIEDADES
I	60	<i>Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para constr. de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.</i>
II	70	<i>Resistencia y durabilidad bajas. Apto para constr. de albañilería en condiciones de servicio moderadas</i>
III	95	<i>Resistencia y durabilidad media. Apto para constr. de albañilería de uso general.</i>
IV	130	<i>Resistencia y durabilidad altas. Apto para constr. de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.</i>
V	180	<i>Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para constr. de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.</i>

**Resultado del ensayo de resistencia a la compresión  
de probetas y ladrillo usando lodo  
Realizado en el laboratorio de ensayo de materiales  
de la universidad nacional de ingeniería  
facultad de ingeniería civil.**



Especímenes listas para ser ensayadas, enumeradas con diferentes colores, para la fácil identificación según la dosificación utilizada para el estudio.





Prensa marca TINIUS OLSEN TESTING MACHINE CO. No 52873-1  
Certificado de Calibración DNTT/735c/01



Toma de medidas del espécimen en este caso midiendo el diámetro



Pequeña "Probeta" lista a ser ensayada, alineada al eje con la prensa, que comprime con una velocidad controlada



Así quedaron las "próbetas" luego del ensayo realizado el 06/09/05 como puede apreciarse en la fotografía

### 10.6.1 Resultado de los ensayos de resistencia a la compresión de "probetas"

Muestra	Diám. (cm)	Altura (cm)		Area (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resist. Compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
1	5,40	9,30		22,90	2950,00	128,81	184,01
2	5,50	9,40		23,76	2650,00	111,54	159,34
3	5,50	9,40		23,76	2450,00	103,12	147,32
4	5,40	9,50		22,90	1100,00	48,03	68,61
5	5,40	9,50		22,90	900,00	39,30	56,14
6	5,50	9,60		23,76	1550,00	65,24	93,20
7	5,40	9,50		22,90	2400,00	104,79	149,70
8	5,50	9,50		23,76	2450,00	103,12	147,32
9	5,50	9,60		23,76	1800,00	75,76	108,23
10	5,40	9,50		22,90	2550,00	111,34	159,06

#### PROPORCIONES EN PESO

C= Cemento

m= mezcla de arena y lodo



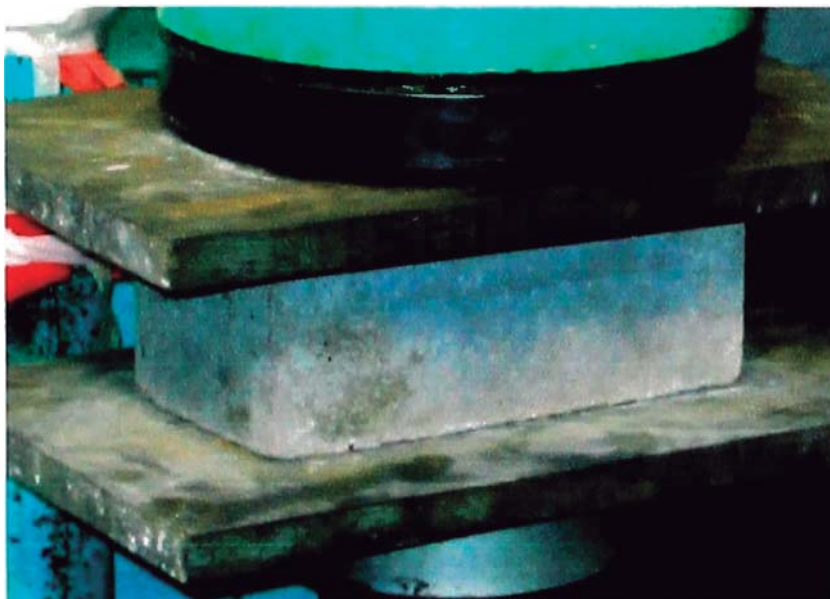
C:m/1:3



C:m/1:5

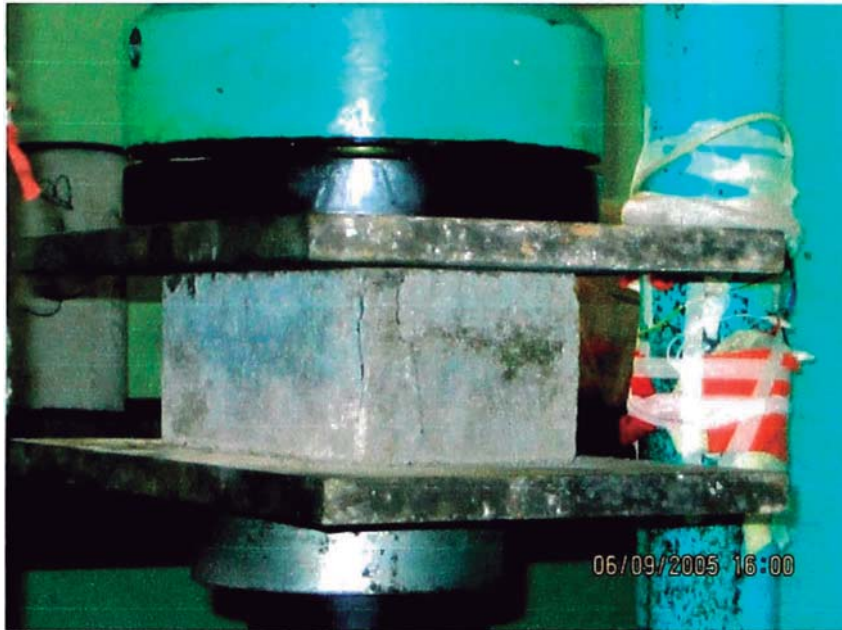


C:m/1:4 DISEÑO FINAL A USAR EN LA FABRICACION DE LADRILLOS

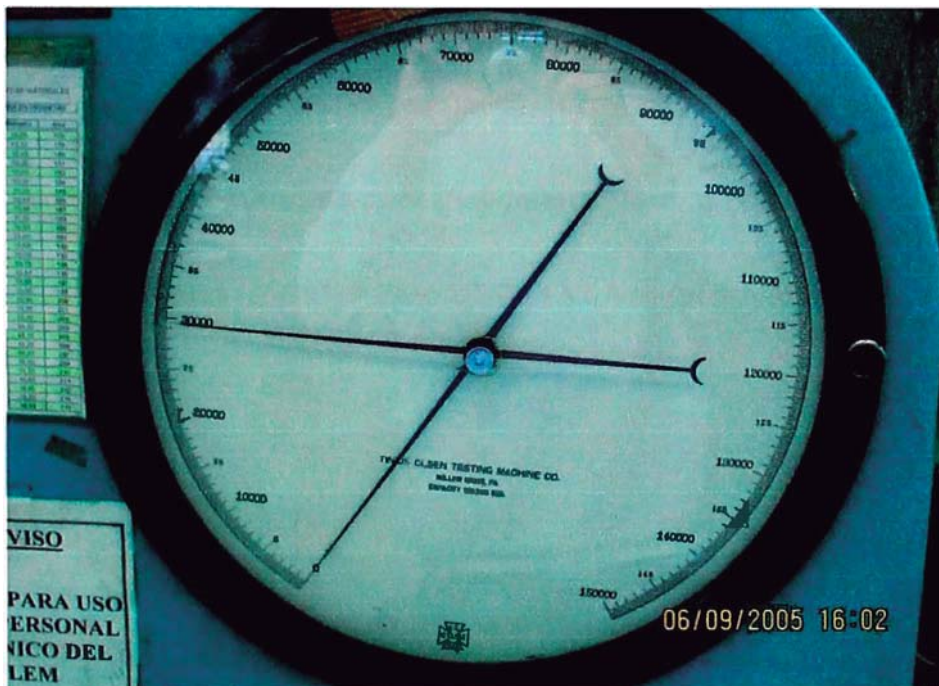


Colocación del ladrillo en la prensa para ser ensayada,  
el ladrillo no presenta alabeos ni deformaciones.





Ladrillo ensayado, puede observarse las fisuras provocadas por la compresión de la prensa: TINIUS OLSEN TESTING MACHINE CO. No 52873-1



**Carga de rotura del ladrillo ensayado  
a los 7 días de curado... OK!**

**29600 kg**

**10.6.2 Resultado del ensayo de  
Resistencia a la compresión del ladrillo**

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kg)	Resist. Compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo	24,20	12,20	9,60	295,24	29 600,00	100,26	143,22

**Proporciones en peso**

C= Cemento

m= mezcla de arena y lodo



C:m/1:3

C:m/1:5

C:m/1:4 DISEÑO FINAL A USAR EN LA FABRICACION DE LADRILLOS

**Peso específico de masa**

$$P_{em} \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \text{peso ladrillo seco} / \text{vol. ladrillo s.s.s}$$

**Peso específico saturado superficialmente seco**

$$P_{ess} \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \text{Peso ladrillo s.s.s} / \text{vol. del ladrillo s.s.s}$$



Existe una estrecha relación entre la densidad o el peso específico del ladrillo y sus otras propiedades, a mayor densidad, mayor resistencia.

### Procedimiento

- Se secó el ladrillo en un horno a 110 °C durante 24 horas, luego dejó enfriar al medio ambiente para registrar el peso seco.
- El mismo ladrillo se sumerge el ladrillo durante 24 horas, luego se sacó el ladrillo, se secó con una franela y pesó.

### Datos

Peso del ladrillo saturado superficialmente seco	: 5 360 gr
Peso del ladrillo seco	: 4 910 gr
Volumen del ladrillo superficialmente seco	: 2 834,304 cm <sup>3</sup>

$$P_{em} = 1,732 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_{esss} = 1,891 \text{ gr/cm}^3$$

sss = saturado superficialmente seco

### Porcentaje de absorción

Es una medida normalizada, de la cantidad de agua absorbida por el ladrillo sumergido en agua durante 24 horas, se expresa como un porcentaje del peso. Nos dá la idea de la porosidad del material, que es un factor que perjudica la resistencia de los ladrillos.

Para que exista adhesión entre el mortero y el ladrillo, los solubles del cemento se deben disolver en el agua absorbida, para que se incrusten y luego cristalicen en los micro poros de la unidad de albañilería

El procedimiento es el mismo seguido para hallar el peso específico

$$\% \text{ Abs.} = (\text{Peso ladrillo sss} - \text{Peso seco}) \times 100 / \text{Peso seco}$$

$$\% \text{ Abs.} = 9,165 \%$$

## ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS AL CONCRETO

PRESENCIA EN EL SUELO	CONCENTRACION (ppm)	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	0 - 1000 1000 - 2000 2000 - 20000 > 20000	LEVE MODERADO SEVERO MUY SEVERO	Expansión interna y rajaduras
CLORUROS	> 6000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de corrosión en la armadura
SALES SOLUBLES TOTALES	> 15000	PERJUDICIAL	Ocasiona prob. de pérdida de resistencia mecánica por prob. de lixiviación

## 11.- ESTUDIO POR EL INSTITUTO DE MINERIA Y MEDIO AMBIENTE DE LA FIGMM - UNI SOBRE EL LADRILLO

### 11.1 RESUMEN

En este trabajo se presenta los resultados del Estudio de Impacto Ambiental del ladrillo hecho con lodo de neutralización. En primer lugar, se realizó el análisis químico respectivo del ladrillo, para determinar la presencia de 14 elementos principales. Para esto se procedió a la preparación mecánica del material, obteniendo así la muestra a malla -200. La cual se sometió a una digestión ácida ( $\text{HNO}_3$  /  $\text{HCl}$ ) por espacio de 30 minutos, después de la cual se determinó los elementos químicos respectivos, utilizando para ello un equipo de absorción atómica (PERKIN ELMER 210). Después de realizar el análisis químico respectivo del ladrillo, se procedió a la prueba SPLP. Se hace uso de este tipo de prueba para ver la respuesta al contacto en corto plazo del agua con el ladrillo. La prueba SPLP (Protocolo de precipitación por lixiviación inducida) se rige de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (US-EPA 1312). Para esta prueba se simuló una agua de lluvia ligeramente ácida con  $\text{pH} = 5.5$ .

Para el estudio del efecto en el aire, se simuló un ambiente lleno de polvo del ladrillo, y se procedió a recolectar los polvos del aire con un equipo PM10, para luego ser analizado el papel de filtro con el fin de tener la cantidad en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  del elemento respectivo.

## 11.2 PARTE EXPERIMENTAL

### 11.2.1. PROCEDIMIENTO "PARA DETERMINAR LOS 14 ELEMENTOS EN LA MUESTRA DEL LADRILLO"

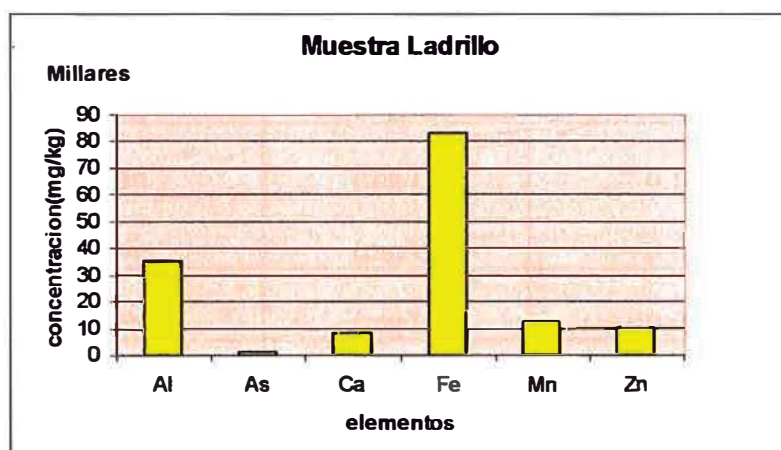
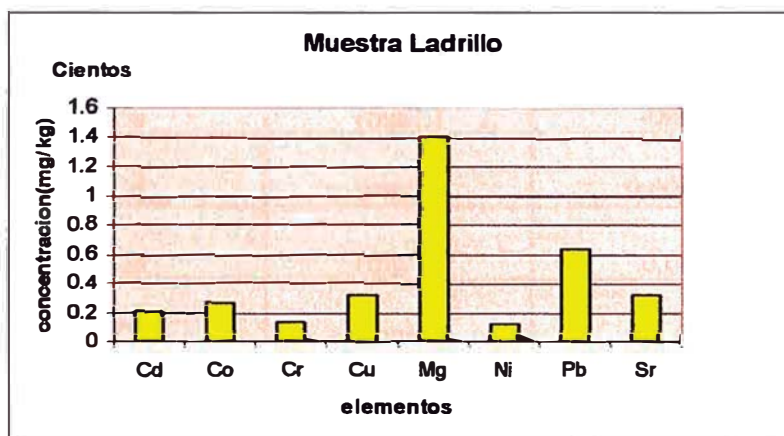
1. Se procedió a la preparación de la muestra, para esto se pulverizó la muestra y se hizo pasar por malla -200, luego se puso a secar en la estufa a 105 °C
2. Se pesó la cantidad de 500 mg de muestra pulverizada y se hizo el ataque químico con una mezcla de ácido nítrico y ácido clorhídrico en la relación de (1:3).
3. Se agregó 6 ml de HCl y 15 ml de agua destilada, se calentó en plancha caliente y se dejó enfriar.
4. Se pasa la solución a una probeta de 25 mL y se enrasa a 25 con agua destilada
5. Listo la solución se procedió a realizar la lectura de los 14 elementos químicos en el equipo de absorción atómica PERKIN ELMER 210.

En la siguiente tabla N°1 se muestra los valores determinados.

(TABLA N° 1)

ELEMENTO	UNIDAD	CONCENTRAC.
Al	(mg/Kg)	35 142
As	(mg/Kg)	1 022
Ca	(mg/Kg)	8 630
Cd	(mg/Kg)	20.1
Co	(mg/Kg)	26.7
Cr	(mg/Kg)	14.5
Cu	(mg/Kg)	32.6
Fe	(mg/Kg)	83 125
Mg	(mg/Kg)	140.6
Mn	(mg/Kg)	12 468

Ni	(mg/Kg)	12.8
Pb	(mg/Kg)	64.0
Sr	(mg/Kg)	32.6
Zn	(mg/Kg)	10 541



### 11.2.2: PROCEDIMIENTO "PARA REALIZAR LA PRUEBA SPLP A pH=5.5"

1. La muestra de ladrillo pulverizado se colocó en un vaso de vidrio de 600 mL con una relación de sólido/líquido de 1:4 (200 gr. / 800 mL de agua).

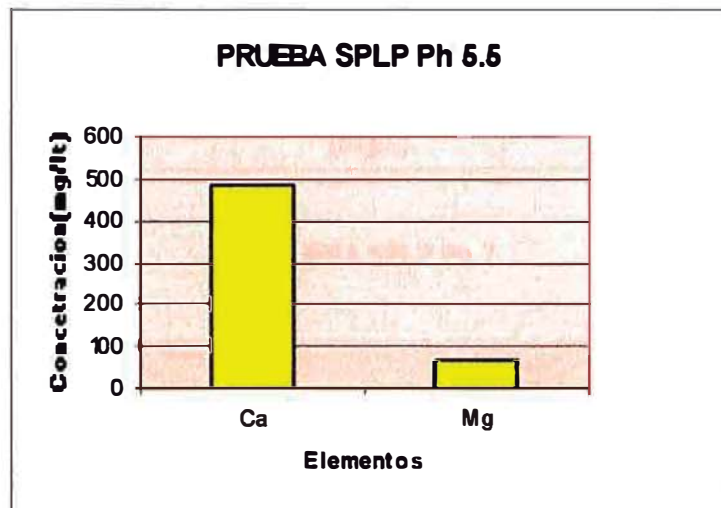
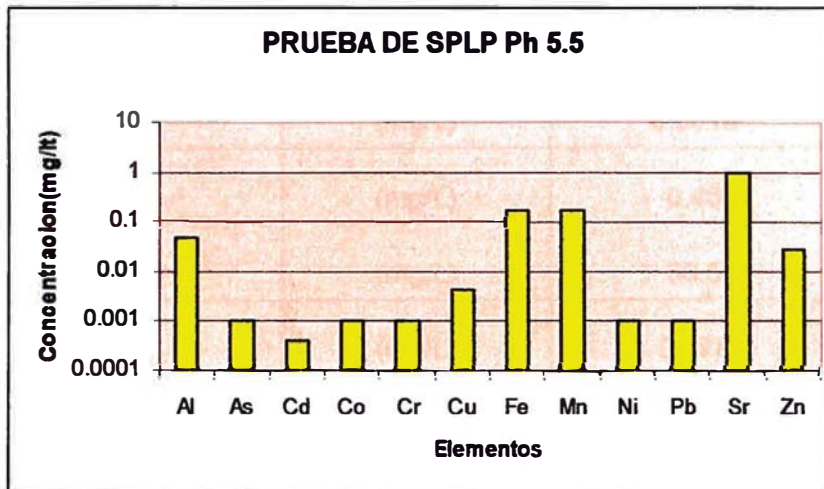
La muestra fue agitada con movimientos rotatorios por espacio de 48 horas, tras lo cual la solución fue filtrada en papel whatman 41 y después analizada por el método de absorción atómica.

A continuación se muestra los resultados de la prueba SPLP a pH=5.5 en la tabla N° 2

(TABLA N° 2)

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONCENTRAC.</b>
Al	(mg/L)	0.050
As	(mg/L)	<0.001
Ca	(mg/L)	486.2
Cd	(mg/L)	0.00042
Co	(mg/L)	0.001
Cr	(mg/L)	<0.001
Cu	(mg/L)	0.0044
Fe	(mg/L)	0.172
Mg	(mg/L)	64.8
Mn	(mg/L)	0.18
Ni	(mg/L)	<0.001
Pb	(mg/L)	<0.001
Sr	(mg/L)	0.98
Zn	(mg/L)	0.030



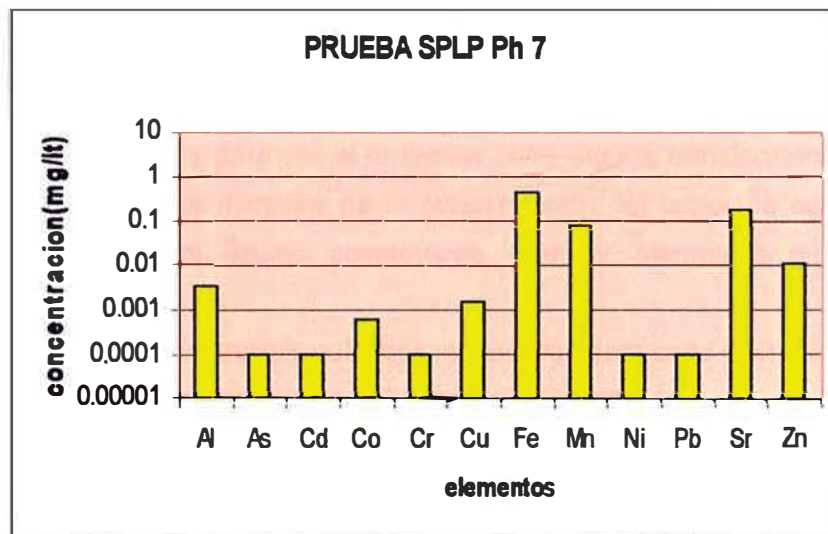


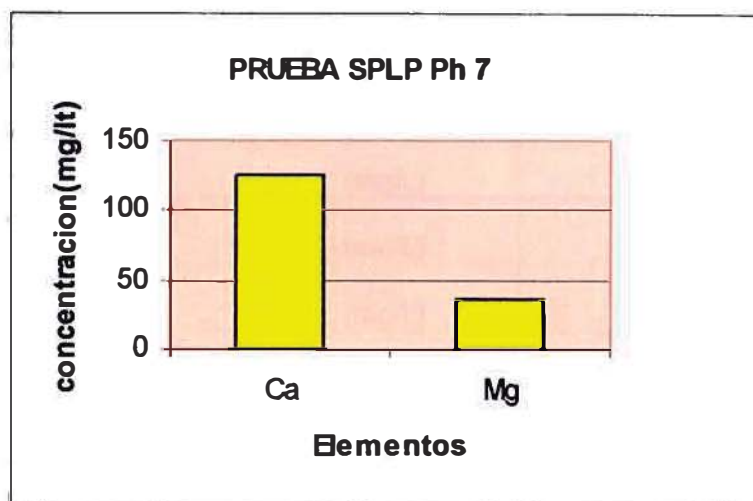
RESULTADOS DE LA PRUEBA SPLP DE LA MUESTRA A pH = 7

(TABLA N° 3)

ELEMENTO	UNIDAD	CONCENTRAC.
Al	(mg/L)	0.0036
As	(mg/L)	<0.0001
Ca	(mg/L)	125.8
Cd	(mg/L)	<0.0001
Co	(mg/L)	0.0006

Cr	(mg/L)	<0.0001
Cu	(mg/L)	0.0016
Fe	(mg/L)	0.46
Mg	(mg/L)	36.5
Mn	(mg/L)	0.078
Ni	(mg/L)	<0.0001
Pb	(mg/L)	<0.0001
Sr	(mg/L)	0.18
Zn	(mg/L)	0.011





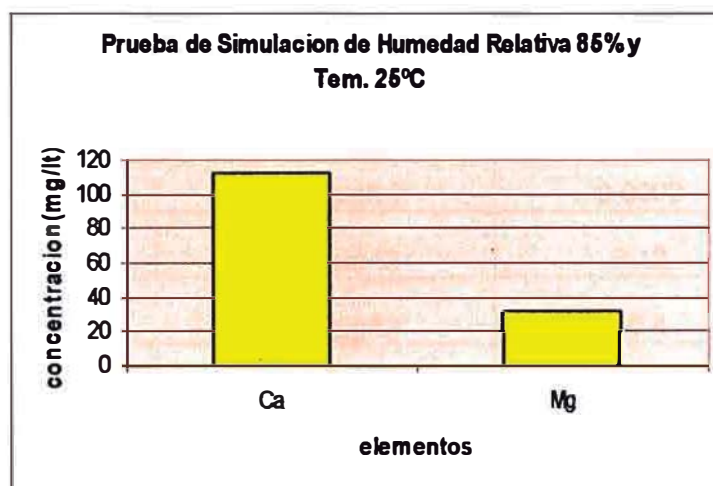
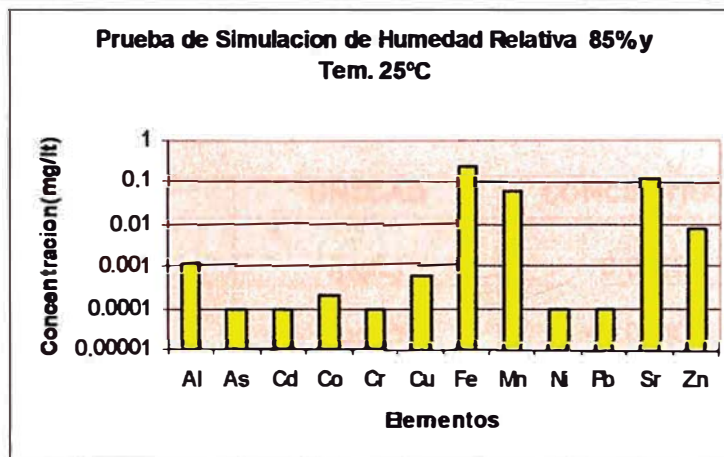
### 11.2.3. PROCEDIMIENTO: PRUEBA DE UNA SIMULACIÓN DE HUMEDAD RELATIVA DEL 85 % Y UNA TEMP. 25 °C

1. Se colocó un ladrillo hecho con lodo de neutralización en una autoclave controlada (modelo 3210 national electric), con una humedad relativa del 85 % y a una temperatura de 25°C. En ella el ladrillo fue sometido a una humedad relativa para ver si el ladrillo sufre alguna transformación en su estructura, y que después de la condensación del vapor de agua ver si efectivamente el líquido condensado contiene elementos de metales pesados tóxicos.
2. Se procedió a los análisis químicos respectivos para cada elemento. A continuación se tiene los resultados en la tabla N° 4:

(TABLA N° 4)

ELEMENTO	UNIDAD	CONCENTRAC.
Al	(mg/L)	0.0012
As	(mg/L)	<0.0001
Ca	(mg/L)	112.3
Cd	(mg/L)	<0.0001
Co	(mg/L)	0.0002

Cr	(mg/L)	<0.0001
Cu	(mg/L)	0.0006
Fe	(mg/L)	0.25
Mg	(mg/L)	32.3
Mn	(mg/L)	0.064
Ni	(mg/L)	<0.0001
Pb	(mg/L)	<0.0001
Sr	(mg/L)	0.13
Zn	(mg/L)	0.008



**11.2.4. PROCEDIMIENTO: PRUEBA DE UNA SIMULACIÓN DE POLVO DEL LADRILLO EN UN AMBIENTE DONDE SE CUENTA CON UN PM10 (FILTRA PARTÍCULAS MENOS QUE UN MICRÓN)**

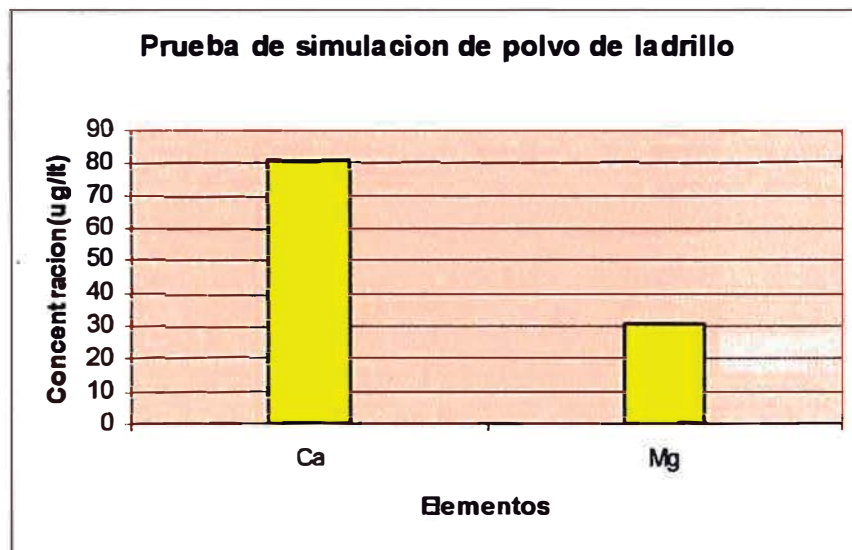
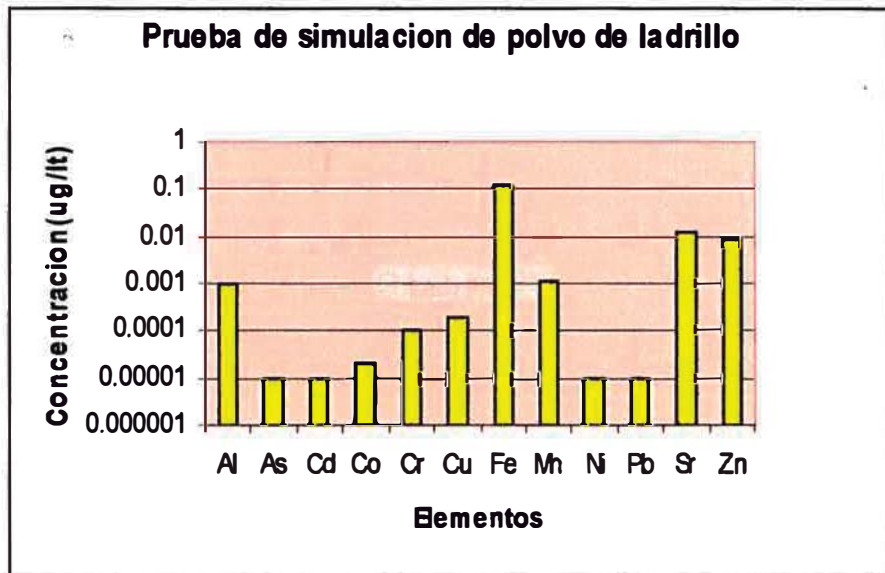
1. En un ambiente 3x2x3m se sometió la muestra pulverizada a un pulverizador para generar un polvo forzado.
2. Se puso a funcionar el PM10 para lo cual se colocó un papel de filtro dentro del instrumento para captar precisamente las partículas menores que 10 micras
3. Después de estar en funcionamiento por un tiempo de 24 horas se procedió al análisis respectivo.
4. Para ello se pesó el papel de filtro del PM10 y se lo atacó químicamente, para después realizar los análisis respectivos.

A continuación se tiene los resultados para esta prueba de la tabla N° 5

**(TABLA N° 5)**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CONCENTRAC.</b>
Al	(µg/L)	0.0010
As	(µg/L)	<0.00001
Ca	(µg/L)	80.6
Cd	(µg/L)	<0.00001
Co	(µg/L)	0.00002
Cr	(µg/L)	<0.0001
Cu	(µg/L)	0.0002
Fe	(µg/L)	0.12
Mg	(µg/L)	30.4
Mn	(µg/L)	0.0012
Ni	(µg/L)	<0.00001
Pb	(µg/L)	<0.00001

Sr	( $\mu\text{g/L}$ )	0.013
Zn	( $\mu\text{g/L}$ )	0.008



## 12.- ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIO

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**

PERSONAL	INC.	Remun/día	AÑO
Capataz	0	25,00	2005
Operario	1	15,00	
Peón	0,5	15,00	
Rendimiento/día	64	Ladrillos	

DESCRIPCION	Und	PU	Cant.	Parcial
<b>MATERIALES</b>				
Cemento	bl	12,79	0,0200	0,2558
Arena	m3	16,95	0,0014	0,0241
Lodo	m3	2,00	0,0014	0,0028
Agua	m3	2,00	0,0085	0,0170
<b>MANO DE OBRA</b>				
Capataz	hh	3,13	0,0000	0,0000
Operario	hh	1,88	0,1250	0,2344
Peón	hh	1,88	0,0625	0,1172
<b>Herr. Equipo</b>	%MO	5,00	0,3516	0,0176
Costo por ladrillo S/.				0,6688

Costo por millar S/.	668,83
----------------------	--------



**PRESUPUESTO**

PROYECTO : POZAS DE LODOS

SECTOR : PALCAS

PROPIETARIO : COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. - U.P. JULCANI

ITEM	PARTIDA	PRESUPUESTO			
		UND	METRADO	P.U.	TOTAL (S/.)
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>16.515,64</b>
01.01.00	Construcción de trocha carrozable (corte mat suelto).	M3	150,00	3,33	499,50
01.02.00	Movilización y desmoviliz. de maquinaria y equipo	GLB	1,00	6 000,00	6 000,00
01.03.00	Recuperación y traslado de tierra de cultivo	M3	500,00	3,26	1 630,00
01.04.00	Trazo, niveles, y replanteo durante el proceso	M3	10 227,00	0,82	8 386,14
<b>02.00.00</b>	<b>EXPLANACION</b>				<b>656.166,84</b>
02.01.00	Corte en material suelto	M3	1 850,33	3,33	6 161,60
02.02.00	Tapete drenante ( E=0.50 M) Laterales	M2	574,97	29,74	17 099,61
02.03.00	Extracción y apilamiento de material de préstamo	M3	35 606,15	3,33	118 568,48
02.04.00	Carguío de material de préstamo	M3	71 212,30	1,66	118 212,42
02.05.00	Transporte de material préstamo	M3	71 212,30	2,00	142 424,60
02.06.00	Relleno y compactado para la estabilidad de Poza	M3	71 212,30	3,03	215 773,27
02.07.00	Riego sobre área de relleno de estabilidad de poza	M3	4 659,32	8,14	37 926,86
<b>03.00.00</b>	<b>REVESTIMIENTO CON GEOMEMBRANA HDPE</b>				<b>79 462,50</b>
03.01.00	Colocación (e=1.5 mm)	M2	3 750,00	21,19	79 462,50
<b>04.00.00</b>	<b>OBRAS DE ARTE</b>				<b>91 536,48</b>
04.01.00	Excavación de zanja para enrocado	M3	600,00	9,08	5 448,00
04.02.00	Excavación de zanja para drenaje	M3	1 366,50	2,28	3 115,62
04.03.00	Eliminación de material excedente	M3	1 639,80	4,49	7 362,70
04.04.00	Sub drenaje	ML	200,00	93,94	18 788,00
04.05.00	Enrocado de base de talud	M3	600,00	25,16	15 096,00
04.06.00	Reforestación	M2	10 227,00	4,08	41 726,16
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>843 681,46</b>
	<b>GASTOS GENERALES 10 %</b>				<b>84 368,15</b>
	<b>UTILIDAD 5 %</b>				<b>42 184,07</b>
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>970 233,68</b>

## **13. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS**

### **13.1 Metodología**

La metodología utilizada para la evaluación fue la identificación, prevision y valoración de los impactos susceptibles de ser inducidos por la construcción, puesta en marcha y operación de la excavación de pozas y producción de ladrillos, teniendo en cuenta las características del proyecto, la situación de referencia y elementos relativos a los efectos ambientales de este tipo de instalación.

Luego de la previsión de los impactos se ha procedido a la previsión de su magnitud y significado. Siempre que fue posible, los impactos fueron valorados teniendo en cuenta la definición de:

Sentido: positivo o negativo

Duración: temporal o permanente

Espacio: localizado o extensivo

recuperabilidad y reversibilidad

Probabilidad

Tipo de acción: directa o indirecta

Los impactos son descritos tanto para la fase de explotación del lodo como de operación para la producción de ladrillos, teniendo en cuenta las particularidades de las acciones que se van a verificar en cada una de esas fases de la concreción del proyecto.

### **13.2 Impactos sobre el suelo**

#### **Fase de construcción**

Los impactos sobre el suelo son más o menos intensos dependiendo del uso del suelo o de la calidad y necesidad de conservación del mismo.

Las obras de habilitación de pozas provocarán pérdida del suelo en el área de su instalación. Sin embargo, en el área destinada al proyecto es pequeño el suelo tiene un valor especial, más bien se trata de suelo de la comunidad de palcas. La pérdida del suelo en este caso, tiene significado, siendo el impacto alto.

En cuanto al uso del suelo, el área en la actualidad no tiene ningún uso y por lo tanto no hay pérdida de parte del área para la construcción de la fábrica artesanal de ladrillos.

#### **\* Fase de operación**

En el proyecto general de la operación de las pozas en palcas está incluida la construcción de obras de arte como gaviones, voladuras, maquinaria pesadas que en conjunto: el suelo estará siendo utilizado de acuerdo a los usos previstos para el mismo que permitirá el establecimiento de vegetación, en área actualmente no recubierta.

En cuanto al impacto en el suelo en los puntos de generación, el funcionamiento de las pozas permitirá a las empresa minera eliminar los residuos que actualmente se depositan libremente dentro de las pozas ocupando espacio y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores, habrá un impacto positivo e indirecto, que beneficiara a la salud de la población, con marcada reducción de riesgo sanitario. Pero en la construcción de ladrillos no es significativo.

### **13.3 Impacto en la Calidad de las aguas subterráneas y superficiales**

#### **Fase de construcción**

El área de la pozas de secado, donde el suelo será revestido e impermeabilizado, es una zona de recarga de aguas subterráneas.

Hay impactos relevantes en las aguas subterráneas en el área de influencia del proyecto, en la fase de disposición final de lodos.

#### **Fases de operación**

En la fase de operación, existirá un tipo de impacto sobre las aguas subterráneas y superficiales por cuanto en la zona donde se ha ubicado el proyecto existen cursos de agua como el río palcas y opamayo la napa se encuentra a más de 5m de distancia

Sin embargo, el impacto potencial positivo con la operación exitosa de la disposición final de lodos es considerable en la unidad minera Julcani, debido a que la obligatoriedad de disponer los residuos de origen industrial en un lugar adecuado como relleno de seguridad, eliminaría la habilitación de más pozas por el uso del material como actualmente se realiza.

### **13.4 Impactos sobre la flora y fauna**

#### **Fase de construcción**

En el área destinada para la elaboración de ladrillos, existe todo tipo de flora y fauna, salvo algunas arañas y otro tipo de artrópodos. El terreno tiene cubierta vegetal, ésta siendo utilizado con fines agrícolas. Si existirán por lo tanto impactos sobre la flora y la vegetación en la fase de habilitación de las poza del lodo, arena.

#### **Fases de operación**

En la fase de puesta en marcha y de operación, asociado a la operación de las pozas habrá un leve impacto positivo por el riego de la zona prevista para jardines Es un impacto positivo, directo, localizado, temporal y reversible.

### **12.5 - Impactos en la red vial**

#### **Fase de construcción**

En la fase de construcción, el transporte de materiales de un lugar para la obra, donde se incluye la construcción de los ambientes para la disposición final de lodos, con el uso de vehículos pesados, causara alguna interferencia en el tráfico normal del sector correspondiente a la Comunidad de Palcas, sin embargo por ser una zona dedicada a actividades minera y que esta a un costado de la carretera Lircay - Recuperada es zona de pase de vehículos.

Esta situación, aunque temporal podrá inducir un impacto negativo en las condiciones de circulación y seguridad en la zona. El impacto es temporal, indirecto, extensivo y reversible. Además de este impacto, que puede ser minimizado por el correcto planeamiento de las obras, podrán ocurrir desgastes en la trocha carrozable de las vías, mayores emisiones de contaminantes atmosféricos y ruidos provenientes de los vehículos pesados en tráfico y maniobras en el área.

La empresa contratista que construirá las obras, deberá programar que todo ya que el movimiento de vehículos de y para la obra sea desfasado en relación a las horas de punta, es decir las horas de entrada y salida de los trabajadores.

### **Fase de operación**

En la fase de operación, una parte muy importante del funcionamiento de la pozas de disposición final constituye el traslado de los residuos desde la pozas de sedimentación hacia las poza de lodos Este traslado se efectuará en camiones que utilizaran la carretera Julcani-Palcas.

En cuanto a la carretera Lircay - Huancavelica el impacto no será de importancia por el volumen diario de vehículos que circulan en ella.

Esta situación, aunque temporal podrá inducir un impacto negativo en las condiciones de circulación y seguridad en la zona. El impacto es temporal, indirecto, extensivo y reversible. Además de este impacto, que puede ser minimizado por el correcto planeamiento del horario de circulación, podrán ocurrir desgastes en el pavimento de las vías, a las cuales la empresa deberá dar un mantenimiento periódico para facilitar el acceso al relleno

### **13.6 Impactos de residuos sólidos y vertimientos.**

#### **Fase de construcción**

En la fase de construcción, los residuos se limitarán al material de la excavación del terreno y aquellos resultantes de restos de la propia obra y basuras. Los residuos de la excavación serán dispuestos entre las 0.5ha de terreno que dispone la empresa para el proyecto.

Como conclusión, los impactos de vertimientos y residuos sólidos durante la fase de construcción son de baja magnitud, temporales, directos, localizados y remediabiles.

Podrá haber impacto negativo en la disposición final de los residuos, si los mismos no son enviados a los sitios autorizados vertimiento.

#### **Fases de puesta en marcha y de operación**

En las fases de operación, en los residuos de carácter peligroso de parte de la lodos de la planta de tratamiento de aguas acidas que se generen serán de una magnitud máxima y serán dispuestos en el mismo lugar para su utilización de estas en la producción de ladrillos por lo que en este punto no existirá impacto

### **13.7 Impactos sobre el ambiente acústico**

#### **Fase de construcción**

Durante la fase de construcción de la planta, habrá un aumento de los niveles de ruido en la zona de trabajos y su entorno inmediato, siendo sin embargo difícil su estimación cuantitativa.

El ruido en una construcción varía según la operación que se realiza. Las operaciones, en este caso se pueden dividir en cuatro fases: excavación; colocación de geomembranas; compactado, acabado,

Debido a que el lugar poblado mas cercano esta a 100 metros de distancia habrá un impacto en la población por la generación de los ruidos de las maquinarias en el proceso de construcción.

Sin embargo en el interior de la zona de construcción existirá, aunque alto un impacto negativo, de difícil previsión, pero de efecto temporal y localizado.

#### **Fase de Operación**

Durante la fase de operación el funcionamiento del relleno implica el uso de maquinarias que obviamente generaran ruidos, sin embargo el ruido de estos equipos serán de magnitud que puedan ser percibidas por la población de la comunidad de Palcas ubicada a 100metros de distancia, no generaran inconvenientes al personal del complejo ambiental de palcas. Los operadores de las maquinarias deberán llevar como medida e protección personal, elementos de protección audible como parte de su uniforme de trabajo, junto con guantes, botas, etc.

El impacto del ruido del tráfico generado por la circulación de los vehículos de transporte es intrascendente.

### **13.8 Impacto en la Calidad del Aire**

#### **Fase de Construcción**

Durante la fase de construcción habrá impacto de la emisión de material particulado - (negativo, temporal, directo, localizado y remediable) en el área. Es siempre posible atenuar la gravedad de este tipo de situación procediéndose cuando sea necesario, al humedecimiento de las tierras a movilizar. Además, es de admitir, que los volúmenes de tierra a movilizar en la construcción de la planta



son relativamente reducido. Sin embargo, el impacto aunque leve y de efecto temporal, localizado y totalmente reversible, deberá ser minimizado para no causar molestia a los trabajadores de la empresa constructora.

La operación de equipos con motores de combustión interna para los equipos, será responsable por emisión de contaminantes atmosféricos de diversas etiologías. Sin embargo, el carácter temporal y reversible de esta degradación lleva a concluir que este impacto se puede considerar de poco significado.

### **Fase de Puesta en Marcha y de Operación**

El principal impacto potencial de una habilitación de la poza de lodos en la planta es en forma mecanizada usando residuos inocuos en cuanto a la emisión a la atmósfera que afecten la calidad del aire se dará cuando se incumplan las medidas de seguridad industrial y los manuales de operación de cada una de las etapas del proceso de recepción, clasificación y disposición de residuos, debido a la gran variedad de compuestos químicos que conforman los residuos industriales y peligrosos y a la facilidad de formar compuestos volátiles de los elementos que conforman estos residuos.

La dirección del viento, la ubicación, el cumplimiento de los manuales de operación, es decir el funcionamiento correcto, con el diseño adecuado disminuirán los efectos adversos que se puedan causar a atmósfera.

La operación de la planta involucra la utilización de energía eléctrica para los vibradores, los que serán responsables de la emisión de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, el carácter temporal, localizado y reversible de esta degradación lleva a concluir que este impacto se puede considerar moderado.

## **13.9 Impactos en la Salud Pública**

### **Fase de Construcción**

Los posibles impactos en la salud pública en la fase de construcción, ya fueron descritos y son referentes a la emisión de material particulado y de ruidos molestos. Son impactos negativos, temporales, localizados y reversibles.

### **Fase de puesta en marcha y operación**

El impacto positivo del proyecto se hará sentir sobretodo como consecuencia de la implantación de la planta en los siguientes aspectos:

Substituirá la disposición en el suelo que hace gran cantidad de industrias por carecer de espacio e instalaciones adecuadas de almacenamiento de los residuos que genera y elimina el riesgo de los trabajadores que los manipula.

Eliminara el riesgo de los trabajadores que desarrollan sus actividades diarias en las zonas de disposición en el suelo

Eliminará los peligros a los que actualmente están sometidos los operadores de residuos en zonas disposición final.

Disminuirá la contaminación de los cursos de aguas de manantiales y el riesgo de los agricultores - ganaderos que hacen uso de los de las aguas adyacentes a las zonas de descarga.

Todos estos impactos son positivos, indirecto, extensivo y de gran magnitud.

En cuanto a la salud de los trabajadores que operarán la planta de tratamiento, existe siempre algún riesgo de infecciones asociadas con el manejo de residuos que puedan eventualmente contener agentes tóxicos u otro tipo de agentes causales de contaminación química, respiratoria o del tracto digestivo.

El manejo y transporte de residuos debe ser motivo de cuidados: los trabajadores trabajarán con guantes y botas adecuadas y el material debe ser acondicionado para no permitir el contacto de los residuos con el personal encargado de su manejo. Si estos cuidados son tomados, el impacto resultante del manejo de estos residuos será nulo.

El riesgo potencial de contaminación de los trabajadores por el contacto directo con los materiales que ingresan a la poza de lodos puede ser atenuado en la práctica, por medidas preventivas, debido al nivel de formación y capacitación de los operadores, y a través del equipamiento mínimo que posibilite los cuidados de higiene personal y de uso de ropa protectora. El impacto es en conclusión, de reducido significado, siempre que se sigan las recomendaciones para la operación adecuada de una unidad de este tipo.

Otros riesgos asociados a la salud son aquellos referentes a los accidentes en la operación del relleno. De la misma forma que los anteriores, estos riesgos pueden ser atenuados por medidas preventivas, capacitación adecuada de los

trabajadores, además de implantación de programas de prevención de accidentes.

### **13.10 Impactos en el paisaje**

De acuerdo con las características del proyecto y con el análisis efectuado, en términos de extensión espacial, el impacto visual generado la planta estará limitado a una zona relativamente pequeña, y confinado en un sector de un tributario de dentro de la quebrada Palcas.

Por otro lado, el impacto positivo en el paisaje generado por la implementación del cerco verde es de gran magnitud para el área.

De la misma forma habrá un impacto positivo en el paisaje, con formación de jardines dentro del área de adyacente a la ubicación del proyecto.

### **13.11 Impactos en los trabajadores**

Las diferentes actividades que se desarrollaran en la etapa de construcción, puesta en marcha y operación de la habilitación de la pozas de lodos operado por la comunidad de palcas, generaran acciones que se traducirán en probables impactos negativos en aspectos de salud ocupacional de los trabajadores permanentes y de transportistas, en el cuadro siguiente se resumen las principales actividades y sus posibles consecuencias en los trabajadores y en el funcionamiento de la construcción de de una poza.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>IMPACTO</b>
1. Transporte de residuos de las pozas de sedimentación	Riesgo de accidentes de transporte y vertimientos
2. Descarga de residuos en pozas	Riesgo del trabajo por fallas en la gestión y/o manejo operativo.
3. Proceso del excavación	Riesgo de precolación y generación de lixiviados no

	canalizados que pueden emerger en zonas distantes y afectar la salud humana y el medio ambiente
4. obras de arte	Acciones no deseables y que afecten la salud de los trabajadores
5. Proceso de compactación	Riesgo de generarse Casi nulo
6. proceso de operación	Riesgo de generarse acción contaminante
7. llenado	Riesgo de generarse Acciones malas
8. encapsulamiento	Riesgo de generarse Acciones deseables
9. revegetacion	Riesgos de accidentes casi nulos

### 13.12 Impactos Culturales

#### Humano

**Seguridad:** El proyecto tiene los niveles de riesgo propios a los de cualquier planta artesanal que maneje materiales que encaran ciertos riesgos, principalmente las plantas mineras, por lo que sus operaciones se desarrollarán dentro de los límites adecuados de seguridad industrial, con la finalidad de no producir ningún impacto que afecte la salud humana de sus trabajadores ni del entorno adyacente.

**Turismo:** El desarrollo del proyecto tendrá efecto en este componente por que la zona de producción esta en la comunidad de Palcas dentro de la influencia directa del desarrollo del proyecto.

### Arqueología

La comunidad de Palcas no cuenta con sitios arqueológicos, por lo tanto este componente no esta involucrado dentro de los posibles impactos del proyecto

**Oportunidad de Trabajo:** Se empleará mano de obra local para la construcción, puesta en funcionamiento y operación del proyecto.

**Cuadro N° Matriz de Evaluación e Impactos ambientales**

ACTIVIDAD	IMPACTOS						EFECTOS
	N/P	L/E	T/P	I/C	I/D	R/I	
Físico							
Atmósfera	N	L	P	I.	D	R	Particulado en etapa de construcción y emisiones durante la operación
Aguas subterráneas	N	L	P	I	D	R	Impacto nulo
Aguas superficiales							No aplicable
Terreno/suelo	P	L	P	C.	D	R	Efecto menor, la zona está constituida por tierras agrícolas.
Ruido y vibración	N	L	P	I	D	R	Este efecto será moderado
Estética y paisajista	N	L	P	C	D	-	Efecto imperceptible
Biológico	-						
Flora terrestre	P	L	P	C	D	R	Positivo, luego del sellado de celda, se sembrará césped
Fauna terrestre	-	-	-	-	-	R	No se ha detectado fauna mayor cerca de la zona.
Hábitat terrestre	N	L	T	C	D	I	No es afectado
Humano							
Seguridad	P	E	P	C.	D	I	Existe cierto nivel de riesgo para los trabajadores y zona aledaña
Turismo	-	-	-	-	-	-	No aplicable
Arqueología	-	-	-	-	-	-	No es afectado
Oportunidad de trabajo	P	L	P	C.	D	R	Se crearán fuentes de trabajo para los habitantes de la zona
Salud	P	E	P	C	D	I	Eliminación de riesgos de salud de trabajadores y operadores

## **14.0 PLAN DE MANEJO**

### **14.1 Condiciones básicas de Operación y Mantenimiento**

Desde el punto de vista técnico, el diseño de la operación de una poza de sedimentación y fabricación de ladrillos, se basa en criterios de seguridad industrial. La gestión integral de residuos industriales peligrosos se realizará con criterios de seguridad que garanticen la minimización de riesgos y peligrosidad de estos, para lo cual se tendrán en cuenta las siguientes condiciones de trabajo:

Minimización de riesgos de accidentes en las actividades de transporte de lodos inocuos y colocación de geomembrana por parte de la empresa proveedora especializada en estas actividades.

Supervisión de los procesos de habilitación de pozas de lodos, con la finalidad de hacer cumplir las especificaciones técnicas constructivas señaladas en el expediente del proyecto.

Cumplir con las normas de seguridad industrial para el manipuleo de residuos de las empresas generadoras en los momentos de carga a las unidades de transporte.

Cumplir con lo dispuesto en el Manual de Operaciones, Programa de Mantenimiento, Cartilla de Seguridad y Plan de Contingencias desarrollados para la adecuada operación de las unidades de transporte.

Cumplir con las normas de seguridad del Área de medio Ambiente unidad Julcani, en las actividades de descarga de los residuos de las unidades de transporte.

Desarrollar un monitoreo periódico del estado de las celdas en operación y las selladas, con la finalidad de mantener los niveles de riesgo por debajo de los límites máximos permisibles.

Activar el Plan de Contingencias al momento de presentarse un evento no deseable o actos de Dios.

Evitar por medio de avisos, cercos y vigilancia, el ingreso de personas ajenas a las operaciones de la evacuación de lodos para su disposición final.



## **14.2 Procedimientos de Operación**

La Empresa comunal Palcas. Deberá inscribirse en el Registro de Operadores de Residuos Peligrosos, como una EPS, según lo normado en la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314. Sin embargo, esta acción será coordinada con DIGESA hasta la publicación del Reglamento respectivo.

El generador, la compañía Cia Buenaventura., luego de haber realizado un servicio, deberán presentar un Manifiesto de Manejo de Residuos a DIGESA, de acuerdo a lo estipulado en la Ley General de Residuos Sólidos N° 23714. Se diseñará un modelo de declaración jurada.

Para realizar el transporte de residuos peligrosos, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

El operador proporcionará al generador el listado de todos los vehículos, volquetes, cisternas u otros contenedores a ser utilizados en el servicio.

El operador proporcionará al generador, el listado de los equipos ser empleados en caso de accidente,

El operador proporcionará al generador el Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias.

Los residuos a ser trasladados deberán cumplir con los requisitos de seguridad en el circuito carga/ transporte/ descarga. En el caso de productos altamente tóxicos, estos deberán ser envasados y rotulados para su transporte.

Se organizarán cursos de capacitación sobre manejo de residuos peligrosos y la incidencia de la naturaleza de la carga en la conducción. Estos cursos podrán ser realizados por las autoridades competentes, organismos vinculados a la protección ambiental y/o generadores y operadores.

Al Inicio del circuito, el generador deberá otorgar al transportista un documento en el que se tipifica el tipo de producto que se transporta, la cantidad y el destino final. Copias de este documento también serán remitidos a DIGESA y la Dirección Ambiental del Ministerio del Energía y Minas al que pertenece el generador. Estos documentos acompañarán al Manifiesto de Manejo de Residuos.

La comunidad de Palcas y/o la empresa Cia buenaventura encargada por el generador para el transporte y disposición final de sus desechos, al finalizar el servicio, emitirán una Constancia de Servicio, en el que se especifique el

nombre del generador, la descripción del residuo, la cantidad, el transporte utilizado, el tratamiento previo (si fue necesario) y la disposición final realizada. Copias de este documento serán enviadas a DIGESA, a la Dirección Ambiental del Ministerio del Sector de energía y minas al que pertenece el generador y de ser necesario al Municipio del generador.

Los generadores de residuos industriales deben verificar si los mismos están calificados como peligrosos, teniendo en cuenta los niveles de corrosividad, inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, y lixiabilidad.

En un informe se deberá especificar:

Residuos peligrosos generados, especificando si se trata de alta o baja peligrosidad.

Cantidades generadas por períodos (en ton. o kg. según corresponda).

Procesos que originan la generación.

Actividades (sistemas, equipos, instalaciones y recursos humanos propios y externos) ejecutadas para, según corresponda:

Controlar la generación.

Controlar la descarga o emisión al ambiente del residuo.

Manipular el residuo.

Envasar el residuo, con la rotulación que corresponda.

Transportar el residuo (indicar transportista).

Tratamiento (indicar planta de tratamiento receptora).

Disposición final (indicar la planta de disposición interviniente).

Daños humanos y/o materiales ocasionados.

Plan de prevención en caso de repetición del suceso.

Los generadores y operadores, deberán llevar un libro de registro obligatorio, donde conste cronológicamente la totalidad de las operaciones realizadas y otros datos que requieran las autoridades. Dichos libros tendrán que ser rubricados y foliados. Los datos allí consignados deberán ser concordantes con los manifiestos y la declaración jurada anual.

Si se trata de sólidos: Cantidad en Ton. Especificando la característica de peligrosidad y/o la concentración de constituyente peligroso específico.

Si se trata de un barro: Cantidad en Ton. Especificando la cantidad de humedad, la característica de peligrosidad y/o la concentración de constituyente peligroso específico.

Si se trata de líquido: Cantidad en Ton. Especificando la densidad, la característica de peligrosidad y/o la concentración de constituyente peligroso específico.

La citada documentación deberá ser presentada para solicitar la renovación anual y podrá ser exigida por las autoridades competentes en cualquier momento.

#### **14.3 Programa de Monitoreo Propuesto**

El objetivo del Programa de Monitoreo, consiste en evaluar las variaciones en la durabilidad en el tiempo de las pozas, tanto en la calidad, generación de eflorescencia y contaminación de suelos perimétricos.

##### **14.3.1 Metodología**

Se tendrá en cuenta los procesos técnicos contenidos en los Métodos de Prueba de la EPA y el Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (D.S. 046-93-EM y D.S. 09-95-EM) y lo señalado en el "Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones Gaseosas", del Sub-Sector Hidrocarburos de la DGAA del MEM. Adicionalmente, se tendrá en consideración la data de límites máximo permisibles que se muestra en el Informe de Validación del INVENT (MITINCI-1996).

##### **14.3.2 Puntos de Monitoreo**

Los puntos de monitoreo para el caso de la Calidad de Aire, se ubicarán a 300 metros del perímetro de la poza de sedimentación, por Estaciones colocadas a Barlovento y Sotavento a 1.50 m de altura.

Asimismo, se obtendrán muestras del suelo y subsuelo perimetral con la finalidad de determinar los niveles de contaminación, en caso sean detectados.

Se deberá contar con las facilidades necesarias por parte del Complejo Medioambiental de Palcas, para obtener un muestreo realmente representativo.

##### **14.3.3 Procedimientos de Análisis e Interpretación**

Los resultados de los análisis servirán para formar un Banco de Datos, sistema que permitirá evaluar el programa, corregir distorsiones y recomendar acciones, con la finalidad de mejorar el control de las emisiones.

### Emisiones Gaseosas

Parámetro	Método
Caudal	EPA
Hidrocarburos no metanos	AP 42-EPA
Caracterización de elementos *	Cromatográfico

\*La caracterización de elementos será semestral

### Calidad del Aire (Inmisión)

Parámetros	N° Muestras	Método	Período	Rango	Análisis
P.T.S.	Una por Est.	Recolección de PTS en filtros de fibra de vidrio con una unidad de alto volumen (HI-VOL)	24 hrs.	0 hasta el límite de captación	Gravimétrico
SO <sub>2</sub>	Una por Est.	Absorción en solución de captación - Método Dinámico	24 hrs.	0-900 (ugr/m <sup>3</sup> )	Colorimétrico
NO <sub>x</sub>	Una por Est.	Absorción en solución de captación - Método Dinámico	24 hrs.	0-1000 (ugr/m <sup>3</sup> )	Espectrofotométrico Saltzman
H <sub>2</sub> S	Una por Est.	Absorción en solución de captación - Método Dinámico	24 hrs.	0-100 (ugr/m <sup>3</sup> )	Iodométrico
CO	Una por Est.	Lectura instrumental directa	24 hrs.	0-100 (ppm)	Electroquímico
HC no metanos	Una por Est.	Colección de partículas en filtros de fibra de vidrio	24 hrs.	0-100 (ppm)	Espectrofotométrico

#### 14.4.4 Efluentes Líquidos

El monitoreo de líquidos deberá realizarse tomando muestras de las pozas de sedimentación y poza de lodos con agua, con la finalidad de obtener datos respecto a pH, sólidos, Metales Pesados, Hidrocarburos y derivados.

#### 14.4.5 Frecuencia de Muestreo y Análisis

La frecuencia del monitoreo será mensual durante los dos primeros años de operación y luego será trimestral. A partir del quinto año y hasta el cierre de

operaciones, deberá efectuarse monitoreos técnicos por lo menos una vez al año.

## 15.0 CONCLUSIONES

- Un índice representativo de la resistencia del material es la densidad o el peso específico, para tener una idea de la calidad del ladrillo haré algunas comparaciones

Pe. lodo seco compactado = 1.166 gr/cm<sup>3</sup>

Pe. arena seca compactada = 1.576 gr/cm<sup>3</sup>

Pe. Arena-Lodo con óptimo contenido de humedad = 1.395 gr/cm<sup>3</sup>

Pe ladrillo = 1,732 gr/cm<sup>3</sup> (ensayado a los 7 días de curado)

<b>Ladrillo Macizo Artesanal</b>	<b>Absorción</b>	<b>Peso Específico</b>	<b>Resistencia Compresión</b>
	<b>(%)</b>	<b>(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Carabaylo *	13,240	1,790	54,00
Huachipa *	14,110	1,870	55,00
Buenaventura	9,165	1,732	100,26

\* De datos de Tesis (FIC-UNI: TG/3252 - 1995)

AUTOR: Juan Carlos Tito Izquierdo

Se ha conseguido un ladrillo menos pesado, con mayor resistencia, que es lo adecuado para la construcción, donde se necesita menor carga muerta sobre todo en los pisos superiores.

- La resistencia a la compresión es el índice más importante en unidades de albañilería ya que es una buena medida de la uniformidad del material. Mayor resistencia a la compresión significa mayor densidad del material, menor porosidad, mayor durabilidad, mejor acabado.
- Como puede observarse del resultado de los ensayos, se ha logrado una resistencia que pasa de 100 kg/cm<sup>2</sup>, tanto para las muestras como para el ladrillo; a los 7 días de curado, se sabe que el concreto ha alcanzado el 70%

de su resistencia aproximadamente con lo cual estaríamos logrando una resistencia a la compresión que pasa los 140 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, que es empleada como un índice de la calidad cuando se usa cemento Pórtland. Por lo tanto se ha alcanzado con creces el resultado esperado, garantizando un ladrillo tipo IV.

- Cambiar la proporción de 1:3 a 1:5 (Cemento: mezcla arena-lodo) disminuye la resistencia a la compresión en un porcentaje alto (56%).
- Usando arena gruesa limpia (sin finos) y bien graduada, se puede mejorar la resistencia a la compresión del ladrillo. Los resultados obtenidos se hallaron con la arena proporcionada sin alterar su granulometría.
- Puede mejorar la calidad del ladrillo en cuanto a la resistencia, compactando el material con una prensa manual, que reduzca la porosidad y quite el aire atrapado.
- El costo de producir un ladrillo de proporciones de 1:4 ó de 1:5 (Cemento : Arena-Lodo) no es significativo, porque la cantidad de cemento necesario, se mantiene en ambas dosificaciones.
- El usar la proporción de 1:4 asegura la resistencia a la compresión del ladrillo, mejora la durabilidad y tiene un mejor acabado.
- El ladrillo hecho con el lodo de neutralización es un material con un pH ligeramente básico (7.8), presenta además un alto contenido de materia orgánica (4.8 %)
- Las concentraciones de los principales contaminantes conocidos en el lixiviado SPLP son muy bajos con respecto al total en la muestra de ladrillo, esto sugiere que la muestra tiene componentes de baja solubilidad (generalmente óxidos hidratados). Además la desorción (solubilidad) de los cationes metálicos en la muestra no es tan buena en las condiciones de trabajo realizado al pH respectivo.



- En general la carga de elementos en el lixiviado SPLP está dominado por los cationes  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . Probablemente liberados a partir de sus óxidos y carbonatos presentes en el ladrillo, cuyo origen posible esté en la cal y cemento utilizado para su elaboración
- Las concentraciones totales de los diversos cationes (metales pesados y metaloides) determinados en el lixiviado SPLP del ladrillo, no son lo suficientemente altos como para ser considerados residuos peligrosos para el medio ambiente por estar debajo de los límites permisibles de contaminación.
- A partir de los datos obtenidos en las tablas N° 1 y N° 2, consideramos que el ladrillo construido con el lodo de neutralización no contamina el medio ambiente. Esto deducido de los resultados químicos respectivos.
- Respecto a la prueba de simulación de polvo se encontró que efectivamente los valores están por debajo de los límites permisibles en el aire
- El arsénico esta en la muestra de ladrillo como oxido (  $\text{Ar}^{5+}$  ), esto indica que es mas estable por lo que no pasa a solución.

#### **NOTA**

Todas las pruebas químicas y de SPLP fueron realizadas en el laboratorio de espectrometría del INSTITUTO DE MINERIA Y MEDIO AMBIENTE DE LA FIGMM – UNI, y en convenio con el LABORATORIO QUÍMICO PAIMA S.A.C. y Laboratorio de ensayo de Materiales de FIC - UNI

## **16.0 RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones en la elaboración del ladrillo, es el cuidado que se debe tener para lograr una buena calidad de la mezcla para ladrillo.

En elaboración del Ladrillo tomar todas las medidas de seguridad del caso, empleando el equipo correspondiente como son: guantes, botas, respirador, bolsas, etc. para el mezclado y pesaje de los elementos que componen el material para ladrillo.

- Es necesario secar el lodo y la arena en forma separada para pesar y poder controlar la cantidad de agua y garantizar una relación agua/cemento que permita alcanzar buena resistencia a la compresión del ladrillo.
- Es necesario reducir los trozos de lodo hasta obtener partículas finas (de ser posible tamizar), para que la mezcla sea homogénea.
- La mezcla de Arena lodo debe hacerse en seco dentro de una bolsa, hasta que el material sea homogéneo. Este material debe mezclarse luego con el cemento, poco antes de elaborar el ladrillo, para que no reaccione el cemento con la humedad que puedan contener los agregados.
- Es importante el control de la cantidad de agua que se use; la mezcla debe hacerse en un recipiente que no absorba el agua.
- La mezcla de Cemento, Arena, Lodo y agua debe ser homogénea, sin grumos para luego llenar el material al molde, compactándolo por capas, desmoldando correctamente sin que se produzca deformaciones ni fisuras, para lograr un buen acabado.
- El curado del ladrillo es importante para que el proceso químico del concreto alcance su máxima resistencia. El curado puede hacerse entre 14 y 20 días antes de usar el ladrillo.

- Es recomendable el tarrajear de los muros construidos con este ladrillo para asegurar su durabilidad en el tiempo.
- No es conveniente el uso de arcilla como agregado a la mezcla arena-lodo, debido a la cantidad de finos que aporta la arcilla, lo cual aumenta la superficie específica a cubrir con el cemento.
- De los estudios realizados se ha determinado que el floculante usado para la precipitación de las partículas en suspensión, si bien es cierto que ayuda a retener con una estabilidad química a los cationes metálicos, su uso sin embargo no sería necesario ya que el mismo efecto se tiene si el hidróxido de hierro se mantiene a un pH a mayor a 8, a este Ph el coloide tiene una carga electrostática negativa. Este Ph se obtiene con facilidad con la adición de cal viva. Con este procedimiento se tiene un ahorro significativo con respecto al floculante utilizado.

#### **17.0 BIBLIOGRAFIA**

Karl Terzaghi "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica" 3ra. Edición (1963).

Juarez Badillo – Rico Rodríguez "Mecánica de los Suelos" Tomo I "Fundamentos de la Mecánica de los Suelos".

Raúl Lopez Menardi "Sobre la Compactación de Suelos" Informe interno a la Cátedra de Geotecnia 2002.

Apuntes de "Compactación de Suelos" Cátedra Construcción de Carreteras, año 1999.

Jack Hilf "Compacted Fill" Foundation Engineering Handbook.

Rico Rodriguez – Del Castillo "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres" Vol1.

Franco Moreno "El Ladrillo en la Construcción" Ed. CEAC, Barcelona – 1981

**TESIS:**

**“ESTUDIO DE MORTEROS PARA LA ALBAÑILERIA DE ADOBE ESTABILIZADO”**

Codigo FIC-UNI : TG/2195 - 1979

AUTOR: Evelyn Mercedes Vargas Candelas

ASESORES: Dr. Ricardo Yamashiro Kamimoto

Ing. José Meza Cuadra Velásquez

**“UTILIZACION DE ARENAS EOLICAS EN LA FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO VIBRADO”**

Codigo FIC-UNI : TG/2861 - 1989

AUTOR: Walter Armas Mejia

ASESORES: Ing. Roberto Morales Morales

Ing. Carlos Irala Candiotti

**“UTILIZACION DE ESCORIA DE SIDER PERU COMO AGREGADO FINO EN MORTERO”**

Codigo FIC-UNI : TG/3019 - 1992

AUTOR: Rosa Mariela Aramburú Garcia

ASESORES: Ing. Carlos Tapia Martinez

**“CORRELACIONES PARA DETERMINAR PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE UNIDADES O ESPECIMENES DE ALBAÑILERIA”**

Codigo FIC-UNI : TG/3252 - 1995

AUTOR: Juan Carlos Tito Izquierdo

**“RELACION AGUA-CEMENTO-RESISTENCIA EN CONCRETOS PREPARADOS CON CEMENTOS PUZOLANICOS”**

Codigo FIC-UNI : TG/3211 - 1995

AUTOR: Danitza Nora Lopez Pacheco

ASESORES: Ing. Enrique Rivva Lopez

Ing. Heddy Jimenez

**“ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DEL MORTERO DE BAJA DENSIDAD CON ARENA ARTIFICIAL DE MICROESFERA HUECA DE VIDRIO”**

Codigo FIC-UNI : TG/3312 - 1995

AUTOR: Hugo José Durán Alvarado

ASESORES: Ing. Juan Rios Segura

Ing. Carlos Barzola Gastelú

**“ESTUDIO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION EN HUANCAYO”**

Codigo FIC-UNI : TG/2725

AUTOR: Juan Ortega Avila

ASESOR: Ing. Carlos Perez Bardales

**“EVALUACION DE LOS PRINCIPALES MATERIALES DE CONSTRUCCION DE LA CIUDAD DE AYACUCHO”**

Codigo FIC-UNI : TP/3842 - 1999

AUTOR: Jaime Leonardo Bendezú Prado

**“INFLUENCIA DEL MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA No. 100 EN LAS PROPIEDADES DEL MORTERO USADO EN ALBAÑILERIA”**

Codigo FIC-UNI : TG/3148

AUTOR: Julio Miguel Vargas Flores

ASESORES: Ing. Juan Rios Segura

Ing. Carlos Barzola Gastelú

**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACION DEL AREA NETA EN LADRILLOS DE ARCILLA Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO SISMORESISTENTE DE MUROS CONFINADOS”**

Codigo FIC-UNI : TP/4037 - 2001

AUTOR: Mónica Consuelo Ramirez Oré

ASESOR: Dr. Carlos Alberto Zavala Toledo

## **18.0 ANEXOS**

### **18.1 ESTUDIOS ENCARGADO POR LA WATER MANAGEMENT CONSULTANTS PARA LA CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.**

A continuación se presenta la metodología y los resultados de los ensayos encargados por, los cuales tuvieron por finalidad definir las características geo-ambientales y toxicológicas de los lodos resultantes del tratamiento activo del agua ácida. Para el efecto se evaluó:

- La reactividad química de los lodos en contacto con el agua de infiltración, así como el potencial de lixiviación de trazas de elementos tóxicos en el largo plazo bajo condiciones de almacenamiento in-situ
- La bio-disponibilidad de elementos traza tóxicos en los lodos, así como la toxicidad de estos materiales en caso de ser ingeridos por seres humanos o el ganado.

#### **18.1.1 Aspectos químicos**

Para cada una de las muestras tomadas se determinaron las concentraciones de los 16 cationes traza mas importantes (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, V y Zn ) mediante la digestión de 1 gr de submuestra en una solución ácida caliente (HF + HClO<sub>4</sub> + HNO<sub>3</sub>).

Este procedimiento de caracterización se llevó a cabo en los laboratorios del Servicio Geológico Británico, en el Reino Unido.

La tabla N°2 y la figura N°1 presentan información del pH y los resultados de los análisis de concentración de materia orgánica y dieciséis elementos, para los lodos de palcas.

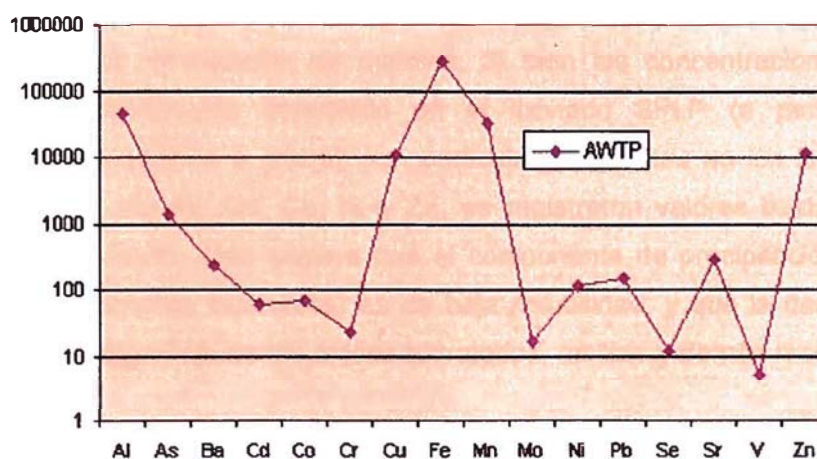
El lodo de neutralización es un material con un pH cercano a 7, presenta un alto contenido de materia orgánica (13%). Las características geoquímicas determinadas son típicas de los residuos de precipitación en procesos con adición de cal; la matriz es bastante ferruginosa (total Fe 27%), mientras el Al, Mn, Cu y Zn corresponden al 4.5%; 3.2%; 1% y 1.1% de la masa total, respectivamente. Estos elementos se encuentran presentes en los hidróxidos metálicos secundarios, o absorbidos y co-precipitados en las fases asociadas al Fe, Mn y los óxidos de Al. Los demás componentes de la matriz restante son mayormente yeso y arcillas.

Las concentraciones de As(1344mg/kg), Cd(58mg/kg), Cu(10681mg/kg), Ni(115mg/kg), Se(12mg/kg), y Zn(11748 mg/kg) exceden los valores límite establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) para la categorización de residuos industriales peligrosos.

### CONCENTRACION DE CATIONES TRAZA SELECCIONADAS EN MUESTRAS DE LODOS

Parámetro	Unidad	Lodo
PH	SI	7,5
Concent.Org.	%	13
Al	(mg/kg)	45 104
As	(mg/kg)	1 344
Ba	(mg/kg)	231
Cd	(mg/kg)	58,9
Co	(mg/kg)	67,7
Cr	(mg/kg)	22,2
Cu	(mg/kg)	1 0681
Fe	(mg/kg)	275154
Mn	(mg/kg)	32 485
Mo	(mg/kg)	<16
Ni	(mg/kg)	115
Pb	(mg/kg)	147
Se	(mg/kg)	12
Sr	(mg/kg)	288
V	(mg/kg)	<5
Zn	(mg/kg)	11 748

Características geoquímicas de los lodos de neutralización





Se rige de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). La prueba ha sido diseñada para evaluar el potencial de movilización de metales y metaloides contenido en los residuos mineros que están en contacto con el agua de lluvia. En el caso específico de los lodos de neutralización, la información obtenida con las pruebas SPLP permiten simular los riesgos asociados con el almacenamiento permanente in-situ.

Cada uno de las muestras de lodos obtenidas se hizo uso de la versión modificada de la prueba SPLP, a fin de determinar la movilidad de los contaminantes metálicos presentes. Si bien para la prueba estándar se emplea una relación sólido solución de 20:1 (100gr de material de menos 3/8" en dos litros de agua), en este caso se uso una relación de 4:1 (200 g de lodo y 800ml de agua). Se efectuó este ajuste para evitar que las concentraciones obtenidas se encuentren por debajo del límite de detección en las pruebas de lixiviación. Para cada muestra se procedió agitar el material y el agua en recipiente rotatorio por espacio de veinte horas, tras lo cual la solución fue filtrada y analizada usando el método ICP-AES. La solución usada en las pruebas fue de agua destilada acidificada un pH de 5,7 a fin de simular las características promedios de agua de lluvia.

Todas las pruebas SPLP fueron realizadas en los laboratorios geo-ambientales del Instituto de Investigación de Columbia Británica (British Columbia Research Institute: BCRI) en Vancouver, Canadá.

En la tabla 3 se presentan los resultados de los análisis de lixiviados efectuados tras completar las pruebas SPLP en las muestras de lodos de neutralización y simulación del agua de lluvia presentaron un pH final de 7,4 y una dureza total relativamente alta (1680 mg/lit) expresada como CaCO<sub>3</sub>). Estas características denotan la alta capacidad de neutralización del lodo y por ende, una baja propensión a la movilización de metales. Si bien las concentraciones de los principales contaminante conocidos en el lixiviado SPLP (a partir de las información geoquímica a granel) son particularmente altas en los lodos, en el caso particular del As, Cd, Cu, Ni y Zn, se registraron valores bastante bajos (0,0006–0,032 mg/lit). Esto sugiere que el componente de precipitación química del lodo (mayormente hidróxidos) es de baja solubilidad, y que la desorción de metales en la superficie de los óxidos hidratados, arcillas y demás receptores no

es buena bajo las condiciones de pH generadas por la interacción sólido-solución. En general, la carga de sólidos totales disueltos en el lixiviado SPLP se encuentra dominada por los cationes mayores: Ca (511 mg/lt) y Mg (97,8 mg/lt). Estos elementos son probablemente liberados a partir de las bases de sulfatos de alta solubilidad en la matriz del lodo.

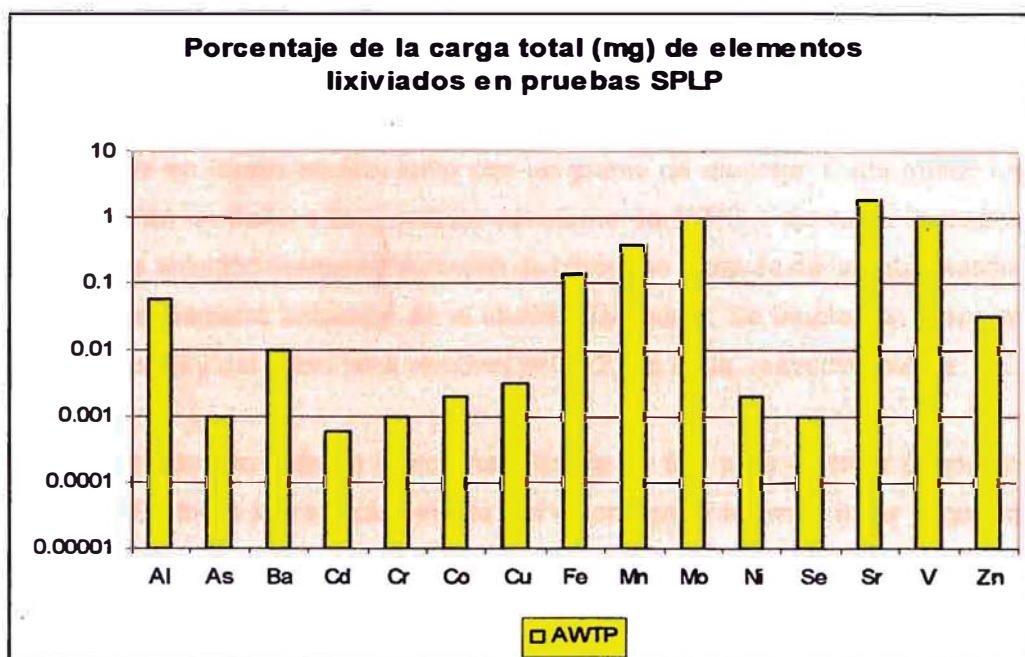
En la figura N°2. se aprecia la masa absoluto (en mg) de los elementos individuales lixiviados durante la ejecución de las pruebas SPLP en relación a la masa total presente en la matriz sólida. Estos resultados confirman que menos de 0.001% de la masa total de Al, As, Cu y Fe en la matriz de los lodos de neutralización fue lixiviada como respuesta a la mezcla en proporción de 1:4 con agua de agua simulada durante un periodo de veinte horas. Para el caso de Ba, Cd, Cr, CO, Mn, Mo, Ni, Se, V y Zn, la proporción lixiviada fue inferior a 0,1%

**Tabla 3**

**PRUEBAS SPLP PARA LAS MUESTRAS DE LODOS**

Parámetro	Unidad	Lodo	Parámetro	Unidad	Lodo
pH final	SI	7,4	Hg	(mg/L)	<0,02
Dureza	(mg/L)	1 680	Mo	(mg/L)	<0,0005
Al	(mg/L)	0,058	Ni	(mg/L)	0,002
Sb	(mg/L)	<0,001	PO4	(mg/L)	0,3
As	(mg/L)	0,001	K	(mg/L)	1,23
Ba	(mg/L)	0,01	Se	(mg/L)	0,001
Be	(mg/L)	<0,001	SIO2	(mg/L)	0,9
Bi	(mg/L)	<0,001	Ag	(mg/L)	<0,0001
B	(mg/L)	0,26	Na	(mg/L)	6,37
Cd	(mg/L)	0,0006	Sr	(mg/L)	1,9
Ca	(mg/L)	511	Te	(mg/L)	<0,001
Cr	(mg/L)	0,001	Tl	(mg/L)	<0,002
Co	(mg/L)	0,002	Th	(mg/L)	<0,0005
Cu	(mg/L)	0,003	Sn	(mg/L)	<0,001
Fe	(mg/L)	0,14	Ti	(mg/L)	0,003
Pb	(mg/L)	<0,001	U	(mg/L)	<0,0005
Li	(mg/L)	0,15	V	(mg/L)	<0,001
Mg	(mg/L)	97,8	Zn	(mg/L)	0,032
Mn	(mg/L)	0,39	Zr	(mg/L)	<0,01

Figura N°2



### 18.1.3 Prueba de extracción fisiológica para desmontes potencialmente tóxicos (PBET)

La prueba de extracción fisiológica para desmontes potencialmente tóxicos fue desarrollada a mediados de la década de los 90. Su objetivo es brindar información de cuantitativa acerca de la carga de contaminantes que puede ser bio-asimilada o absorbida por los seres humanos y/o el ganado como consecuencia de la ingestión de residuos, polvo suelo provenientes de una operación minera metálica. La prueba PRET es usada con frecuencia por las autoridades ambientales (eg. La Agencia de Protección Ambiental del Reino Unido) para evaluar los riesgos humanos y eco-toxicológicos asociados con residuos de origen minero.

Cuando se trata de formular estrategias de gestión/remediación de residuos sólidos, los resultados de esta prueba de mayor trascendencia que la simple concentración total de contaminantes, las medidas adoptadas están en relación directa con los riesgos reales.

Las muestras de lodo de Julcani fueron sometidas a procedimiento ordinario PRET, el cual involucra la simulación de lixiviación de esta sustancia en los regímenes estomacal y gastro-intestinal. Se preparó un fluido que simula los

jugos gástricos disolviendo 1,25gr de pepsina; 0,5gr de citrato de sodio; 0,5gr de malato, 420ul de cidra de ácido láctico y 500ul de ácido acético en un litro de agua des-ionizada water, la mezcla fue luego acidificada con ácido clorhídrico (0,18M) llevándole a un ph de 2,5. Un volumen de 100ml de esta solución fue colocada de en frasco cónico, junto con un gramo de muestra. Cada frasco fue sumergida en un baño a temperatura constante de (37°C ). Se logro la mezcla continua de solución mediante burbujeo de nitrógeno a través de un tubo plástico de 5mm de diámetro colocado en el interior del frasco. Se emplearon filtros en línea de NaOH y del silicio para remover el CO<sub>2</sub> y el agua, respectivamente.

Después de una hora de se retiro una alícuota de 5ml para efectuar el análisis ICP-AES. Se logro la transición in-situ del estomago al régimen (mas pequeño) del intestino mediante la colocación de un tubo de diálisis de 15cm de longitud y 28mm de diámetro( amarrado e su extremo inferior) conteniendo 0,8gr de bicarbonato de sodio a cada frasco cónico por espacio de 30min. La membrana de diálisis facilito la neutralización a un ph de 7,0 sin necesidad de adicionar sodio a la solución. Tras la neutralización, se añadieron 175mg de sales biliares y 50mg de pancreática. Se retiraron alícuotas de 5ml de solución para efectuar análisis ICP-AES, dos y cuatro horas después de la neutralización.

Los resultados de las pruebas PBET efectuadas en los lodos (de las pozas de sedimentación provenientes de la neutralización de aguas ácidas) se presentan en la tabla N° 4 y al figura N°3. Los resultados de la simulación de las condiciones estomacales y gastrointestinales muestran bajos valores de bioaccesibilidad de As y Pb. Los cocientes Relativos de Biodisponibilidad ( RBA), definidos como el cociente de la mas alta concentración en una fase de extracción PRET y la concentración total de la mezcla (expresado como porcentaje) son 0,4% y 0,2% respectivamente. Por el contrario, se registraron altos valores de RBA para Cd 42,8% ; Cu 19,2 y Zn 39,7 . En los que respecta a Cd y Zn, los resultados indican que la movilización se presenta en condiciones de bajo Ph en el régimen simulado del estomago, decayendo sustancialmente en la fase correspondiente al intestino delgado de la prueba PBTE. En caso del Cu, el comportamiento de los niveles de bioaccesibilidad es análogo en las diversas fases de extracción PBET. A partir de esta información la propensión de

bioasimilación de contaminantes asociada con la ingestión de lodos por seres humanos o el ganado sigue la siguiente secuencia  $Cu > Cd > Zn > As > Pb$ .

Las tendencias de movilización de los diversos metales / metaloides en las pruebas de PBET para lodos son controlados por la secuencia mineralógica, como se aprecia en los elementos presentes en los drenajes ácidos. La limitada movilización de As y Pb a lo largo de todas las fases de la pruebas es consistente con la prevalencia de estos elementos al interior de una matriz de óxidos ferricos hidratados como la goethite y la ferrihidrita. Estos minerales presentan baja solubilidad para condiciones de  $pH > 2,0$ . el Arsénico suele precipitar bajo la forma que se presenta en la forma de baja solubilidad: Ambos suelen coexistir en fases de hidróxidos comunes o íntimamente asociados, y /o como recubrimientos de absorción. La desorción de Zn y Cd se da con mayor rapidez que en el caso de As o el Pb para condiciones de  $pH$  entre 2,5 – 7,0 prevalencias a lo largo del proceso de lixiviación PBET.

**Tabla N°4**

**PBET concentraciones obtenidas de metales y cocientes de bioaccesibilidad relativa(RBAs)**

**para As, Cd, Cu, Pb y Zn en los lodos de palcas Julcani**

<b>Parámetro</b>	<b>Fase</b>	<b>AWTP Iodo</b>
<b>Arsenico</b>		
Total mg/kg		1 344,3
Bioaccesible mg/L	Estomago	0,7
	Intestino 1	4,9
	Intestino 2	4,5
RBA %		0,4
<b>Cadmio</b>		
Total mg/kg		58,9
Bioaccesible mg/L	Estomago	25,2
	Intestino 1	1
	Intestino 2	0,8
RBA %		42,8
<b>Cobre</b>		
Total mg/kg		10 681,3

Bioaccesible mg/L	Estomago	1 888,1
	Intestino 1	1 998,5
	Intestino 2	2 052,4
RBA %		19,2

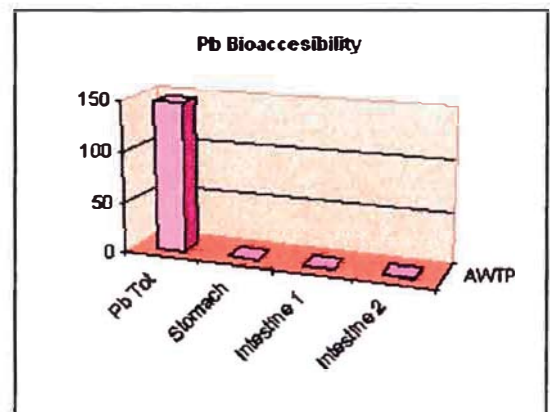
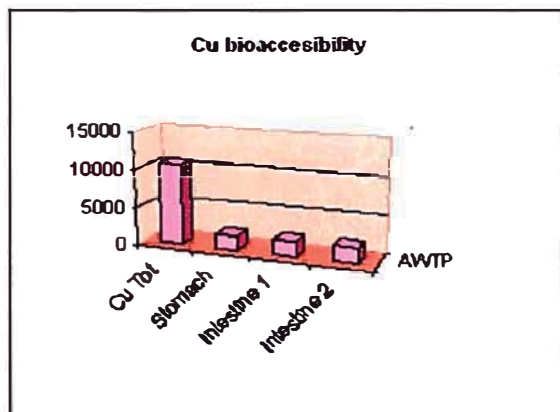
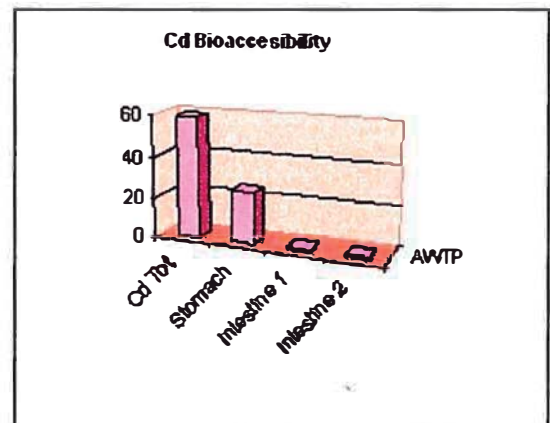
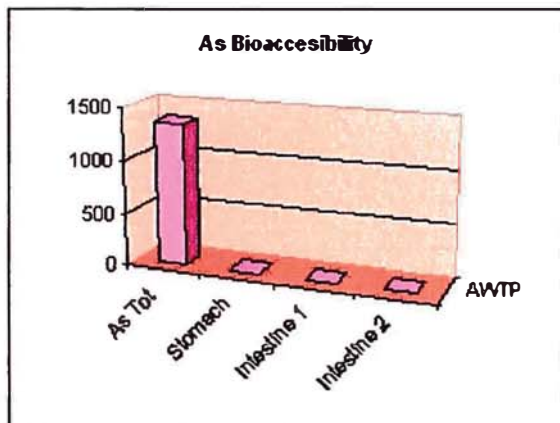
**Plomo**

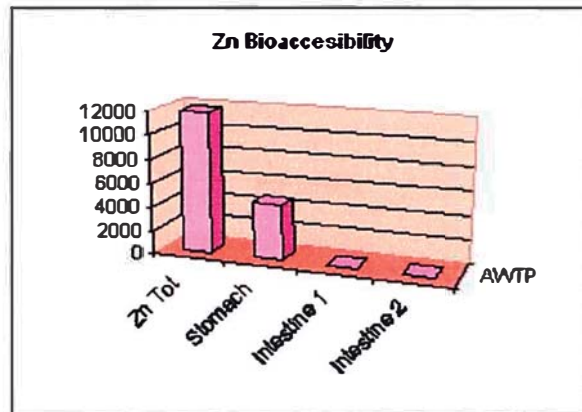
Total mg/kg		147,4
Bioaccesible mg/L	Estomago	0,2
	Intestino 1	0,3
	Intestino 2	0,3
RBA %		0,2

**Zn**

Total mg/kg		11 748,4
Bioaccesible mg/L	Estomago	4 658,5
	Intestino 1	78,3
	Intestino 2	51,9
RBA %		39,7

**Figura N°3**





#### 18.1.4 Implicaciones

Las concentraciones totales de diversos metales pesados y metaloides (incluyendo As, Cd, Cu, Pb y Zn) encontrados en los lodos de Palcas, no son lo suficientemente altos como para ser considerados residuos peligrosos por alguna autoridad ambiental. Las pruebas de extracción de SPLP y PBET brindan información útil sobre la verdadera toxicidad ambiental de estos residuos.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**

**INFORME**

Del : Laboratorio N° 1 : Ensayo de Materiales  
 A : RAFAEL WINCHEZ GUZMAN  
 Obra : TESIS  
 Ubicación : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
 Expediente N° : 05-1481  
 Recibo N° :  
 Fecha de Emisión : 07/09/05

**1.0 DE LA MUESTRA** : Probetas de concreto cilíndricas

**2.0 DEL EQUIPO** : Prensa marca TINIUS OLSEN N° 52873-1  
 Certificado de Calibración DN: T/ 735c/01

**3.0 RESULTADOS**

N°	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE OBTENCION	FECHA DE ENSAYO	DIAMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA ( Kg )	RESISTENCIA A LA COMPRESION ( Kg/cm² )
1	M-1	29/08/2005	06/09/2005	5.4	2,950	129
2	M-2	29/08/2005	06/09/2005	5.5	2,650	112
3	M-3	29/08/2005	06/09/2005	5.5	2,450	103
4	M-4	29/08/2005	06/09/2005	5.4	1,100	48
5	M-5	29/08/2005	06/09/2005	5.4	900	39
6	M-6	29/08/2005	06/09/2005	5.5	1,550	65
7	M-7	29/08/2005	06/09/2005	5.4	2,400	105
8	M-8	29/08/2005	06/09/2005	5.5	2,450	103

**4.0 OBSERVACIONES :** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionados por el solicitante.

Hecho por : Ing. A. Torre C  
 Técnico : Sr. G.R.R.-F.R.L.  
 V.H.J.

Ing. Isabel Magaña Nakato  
 Jefe

NOTA : Una vez entregado el informe no se podrá efectuar modificación alguna



**PAINA S.A.C**  
LABORATORIO QUÍMICO

- > Análisis Químico de Minerales, Suelos, Aguas, Relaves, Concentrados, Aleaciones y Otros.
- > Investigación Química y Metalúrgica
- > Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A)
- > Asesoría Química

*Seriedad, Responsabilidad y Prestigio al Servicio de la Minería e Industrias*

### CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO

N° 05-06-0028

SOLICITADO POR : RAFAEL WINCHEZ GUZMAN  
TIPO DE MUESTRA : OXIDO DE CALCIO CON CARBONATO  
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MAYO DEL 2006  
FECHA DE REPORTE : 20/05/2006

MUESTRA	% CaO útil
OXIDO DE CALCIO CON CARBONATO	37.94

LIMA, 20 DE MAYO DEL 2006

  
 ING. PAINA RAFAEL WINCHEZ GUZMAN  
 ANALISTA QUÍMICO  
 UNI

*Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita de la empresa.*

CALLE 16 -- M2 34 -- LOT 13 -- ZONA III  
LAINKA CALLE IBERICO - LOS OLIVOS  
LIMA - PERÚ

CELULAR: 98338705  
E-mail: felice15\_10@hotmail.com  
laboratorioquimico.paina.sac@gmail.com



**PAIMA S.A.C**  
LABORATORIO QUÍMICO

*Seriedad, Responsabilidad y Prestigio al Servicio de la Minería e Industrias*

- > Análisis Químico de Minerales, Suelos, Aguas, Relaves, Concentrados, Aleaciones y Otros
- > Investigación Química y Metalúrgica
- > Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A)
- > Asesoría Química

### CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO

N° 05-06-0018

SOLICITADO POR : WALTHER VENTURA GALLARDO  
TIPO DE MUESTRA : LODO PARA MORTERO  
PROCEDENCIA : LIMA  
FECHA DE RECEPCIÓN : 12 DE MAYO DEL 2006

MUESTRA	% Cl <sup>-</sup>	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	% SST	% CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	pH
LODO	0.0334	0.2038	0.4328	0.0998	6.5

SST : Sales Solubles Totales

LIMA, 13 DE MAYO DEL 2006



ING. PAIMA RAMIREZ Felipe A.  
ANALISTA QUÍMICO  
FIGMM 3888-UNI

*Está prohibida la reproducción total ó parcial de éste documento sin la autorización escrita de la empresa.*

CALLE 16 - Mz. 34 - Lot. 13 - ZONA III  
LAURA CALLER IBERICO - LOS OLIVOS  
LIMA - PERU

CELULAR: 98333706  
E-mail: felipe18\_15@hotmail.com  
laboratorio:quimico.paima.sac@gmail.com



**PAIMA S.A.C**  
LABORATORIO QUÍMICO

- > Análisis Químico de Minerales, Suelos, Aguas, Relaves, Concentrados, Alaciones y Otros.
- > Investigación Química y Metalúrgica
- > Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A)
- > Asesoría Química

*Seriedad, Responsabilidad y Prestigio al Servicio de la Minería e Industrias*

### CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO

N° 05-06-0017

SOLICITADO POR : WALTHER VENTURA GALLARDO  
TIPO DE MUESTRA : MORTERO PARA LADRILLO  
PROCEDENCIA : LIMA  
FECHA DE RECEPCIÓN : 09 DE MAYO DEL 2006

MUESTRA	% Cl	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	% SST	% CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	pH
MORTERO	0.081	0.086	0.654	0.480	9.0

SST : Sales Solubles Totales

LIMA, 12 DE MAYO DEL 2006

  
  
**ING. PAIMS RAMÍREZ Felipe A.**  
 QUÍMICO  
 UNI

*Esta prohibida la reproducción total ó parcial de éste documento sin la autorización escrita de la empresa*

CALLE 15 - Mz. 34 - Lcd. 13 - ZONA III  
LAURA GALLER IBERICO - LOS OLIVOS  
LIMA - PERÚ

CELULAR: 93339765  
E-mail: feizer16\_10@hotmail.com  
laboratorioquimico.paima\_sac@gmail.com



Habilitación de la poza de lodos N° 4