

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



UTILIZACIÓN DE ARCILLA DE ILOBASCO PARA LA REMOCIÓN DE CROMO
TOTAL EN AGUAS RESIDUALES DE UNA CURTIEMBRE

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

CLAUDIA MARISOL BARRAZA VENTURA

SARA ILEANA CARDONA BURGOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE 2005

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

LIC. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

SECRETARIA

MSc. MIRIAM DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADORA GENERAL

LIC. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

ASESOR DE ÁREA GESTIÓN AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

LIC. CECILIA GALLARDO DE VELÁSQUEZ

ASESOR DE ÁREA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ALIMENTOS

ING. RINA LAVINIA DE MEDRANO

DOCENTES DIRECTORES

LIC. MORENA LISSETTE MARTINEZ DE DÍAZ

ING. SERGIO ARMANDO MARAVILLA MIRANDA

AGRADECIMIENTOS

AL DADOR DE LA VIDA, nuestro Dios y Padre, por habernos permitido culminar uno de nuestros retos en la vida.

A NUESTRAS FAMILIAS, por darnos su apoyo y comprensión incondicional y por impulsarnos a lograr esta meta.

A NUESTROS DOCENTES DIRECTORES, por brindarnos su orientación, experiencia, apoyo y constancia para llevar a cabo este Trabajo de Graduación.

A NUESTROS COMPAÑEROS Y AMIGOS, quienes nos dieron entusiasmo e infundieron en nosotros confianza de poder finalizar el presente Trabajo de Graduación.

DEDICATORIA

A DIOS por enseñarme que los obstáculos para alcanzar mis metas se reducen al tenerlo presente en todos mis caminos y reconocer que los proyectos pueden realizarse con mucho esfuerzo y son puestos en Sus manos.

A mis padres, José Neftalí Cardona y Blanca Estela de Cardona, por sacrificarse, dedicar tiempo e impulsarme a finalizar el presente trabajo de graduación.

A mis hermanas, Tania y Dayana por animarme en momentos difíciles los cuales ayudaron a forjar mi personalidad y paciencia.

Con cariño, a mi abuelita Araceli, tías y demás familia por encomendarme en las manos de Dios.

“Todo lo que nos depara éxito en la vida, requiere trabajo, perseverancia y entrega y todo lo que poseemos es un don que nos concede el Supremo Creador”.

Sara Ileana Cardona Burgos

DEDICATORIA

A DIOS Todopoderoso, por brindarme sabiduría para obtener este triunfo y enseñarme a vencer los obstáculos por muy fuertes que parezcan las dificultades teniendo plena fe en ti.

A LA VIRGEN MARIA, por se mi intercesora, luz, guía, brindarme amor , y comprensión en todos los momentos difíciles para lograr superarlos.

A Mis Queridos Padres, Oscar Barraza y Marta de Barraza, gracias por el apoyo incondicional que siempre recibí de ambos y por todo el esfuerzo sobrehumano para lograr sacarme adelante. Gracias por su confianza y amor. Dios y la Virgen recompensarán todo su esfuerzo. Los amo muchísimo

A Mis Hermanas y Tía, Yeny , Wendy y Tía Juanita por el apoyo incondicional, comprensión y amor brindado en mi etapa de estudiante.

A Mí Esposo e Hijo, José Roberto y Robertio Josué por todo su amor.

Con Cariño a Sarita , agradezco tu comprensión y paciencia a lo largo de todo nuestro trabajo de graduación y bendito Dios alcanzamos nuestra meta.

Claudia Marisol Barraza Ventura

INDICE

	Pág.
Resumen	
I. Introducción	xv
II. Objetivos	xix
III. Marco Teórico	21
3.1 Generalidades de las arcillas	21
3.2 Proceso de curtiembre	23
3.3 Generalidades de cromo	26
IV. Diseño Metodológico	29
4.1 Investigación Bibliográfica	29
4.2 Investigación de campo y método estadístico	29
4.3 Trabajo Experimental	34
4.3.1 Muestreo y recolección de arcilla	35
4.3.2 Tratamiento de muestra de arcilla recolectada	35
4.3.3 Determinación de propiedades fisicoquímicas de arcilla	35
4.3.3.1 Porcentaje de Humedad	36
4.3.3.2 Superficie Específica	37
4.3.3.3 Determinación de pH	39
4.3.3.4 Densidad	39
4.3.3.5 Tamaño de partícula	40
4.3.3.6 Composición mineralógica de arcilla	41
4.3.3.7 Determinación de cromo de arcilla natural	46

4.3.4	Muestreo y recolección de aguas residuales de curtiembre	47
4.3.5	Determinación de capacidad de retención de arcilla	48
4.3.6	Análisis gráfico matemático de la capacidad de retención de arcilla	51
4.3.7	Remoción y cuantificación de cromo en muestras de agua residual de curtiembre	51
V. Resultados y Discusión		
5.1	Resultados de la determinación de porcentaje de humedad	54
5.2	Resultados de la determinación de superficie específica	55
5.3	Resultados de la determinación de pH	58
5.4	Resultados de la determinación de densidad	59
5.5	Resultados de la composición mineralógica de arcilla	59
5.6	Resultados de la determinación de capacidad de retención de arcilla	61
5.7	Evaluación de la remoción y cuantificación de cromo en muestras de agua residual de curtiembre tratadas con muestras de arcilla.	62
VI. Conclusiones		69
VII. Recomendaciones		72
Bibliografía		
Glosario		
Anexos		

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Comparación de la composición mineralógica de diferentes tipos de arcilla con la arcilla de Ilobasco. (Cuadro 11)
2. Proceso de curtiembre. (Fig. 8)
3. Propiedades físico-químicas de estados de oxidación del cromo. (Cuadro 12)
4. Mapa de yacimientos de arcilla en El Salvador. (Fig. 9)
5. Punto de muestreo de arcilla en Zona de Ilobasco, Colonia El Siete. (Fig. 10)
6. Punto 1 y 2 de muestreo de agua residual de curtiembre. (Fig. 11, 12 y 13)
7. Relación de malla mesh (número de hilos por pulgadas) de algunas escalas de tamices de uso frecuente. (Cuadro 13)
8. Procedimiento esquemático del método HANAWALT para la identificación de compuestos cristalinos por difracción de Rayos X. (Fig. 14)
9. Espectro de difracción de Rayos X de muestra de arcilla de Zona de Ilobasco. (Fig. 15)
10. Determinación de cromo total en muestra de arcilla natural colectada en la zona de Ilobasco, Colonia El Siete.
11. Procedimiento de análisis de cromo total por espectrofotometría de Absorción atómica de llama de Laboratorio Geoquímico (LaGeo).
12. Informe de resultados analíticos de absorción atómica de llama de aguas residuales de curtiembre tratadas con muestras de arcilla de la Zona de Ilobasco para determinación de capacidad de retención de cromo por la arcilla (LaGeo y PROCAFE).

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pág.
1. Resultado de porcentaje de humedad en muestra de arcilla de la Zona de Ilobasco.	54
2. Resultados de determinación de superficie específica en muestra de arcilla de la Zona de Ilobasco.	55
3. Datos de determinación de superficie específica.	56
4. Resultados de determinación de pH en muestra de arcilla de Ilobasco.	58
5. Resultados de densidad de muestra de arcilla de Ilobasco.	59
6. Minerales identificados por difracción de rayos X en muestra de arcilla colectada en Col. El Siete (Ilobasco) de acuerdo al espectro de la muestra.	59
7. Determinación de capacidad de retención de Cromo en muestras de arcilla.	61
8. Determinación de mg de Cromo absorbido por gramo de arcilla	62
9. Resultados en porcentaje de cromo absorbido de acuerdo a cantidades de arcilla utilizada.	64
10. Resultados de tratamiento de muestras de agua residual con cantidad determinada de arcilla para remoción de cromo total.	66

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pág.
1. Esquema de Trabajo para determinación de capacidad de retención de muestra de arcilla.	32
2. Esquema de trabajo de remoción de cromo total de aguas Residuales de curtiembre utilizando arcilla de la Zona de Ilobasco.	33
3. Esquema General de trabajo experimental	34
4. Esquema General de tamices	41
5. Superficie especifica de arcilla por Método de Isoterma de absorción de azul de metileno.	57
6. Porcentaje de cromo absorbido vrs. Cantidad de muestra de arcilla de la Zona de Ilobasco.	64
7. Determinación matemática de remoción de cromo total de acuerdo a valores de Y de Figura 6.	65

ABREVIATURAS USADAS

CIAN: Centro de Investigación y Aplicaciones Nucleares de la Universidad de El Salvador.

cm³ : centímetro cúbico

g : gramo

JCPDS: Joint Comité Powder Diffraction

Kv : kilovoltios

L : litros

LaGeo: Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A. de C.V.

mA : miliamperios

mL : mililitros

m² : metro cuadrado

µm : micrometros

mm : milímetros

nm : nanómetros

ppm : partes por millón (equivalente a mg / L)

Θ : ángulo teta

RESUMEN

De acuerdo a estudios alemanes sobre yacimientos de arcilla en El Salvador, se selecciona la arcilla de la Zona de Ilobasco y conociendo las propiedades fisicoquímicas de la arcilla se determina la capacidad de ésta para la remoción de cromo total. Posteriormente se pone en contacto con el agua residual de una curtiembre, mediante agitación constante por un tiempo definido, luego se filtra y se realizan las lecturas en Absorción Atómica de llama a una longitud de onda de 360 nm.

La capacidad de retención de la arcilla se basa en la facilidad de intercambio catiónico considerando el tamaño de partícula y la superficie de contacto con el líquido sobrenadante.

La caracterización de la muestra de arcilla y la determinación de la composición mineralógica son importantes para conocer el tipo de arcilla con que se trabaja y las propiedades predominantes de acuerdo a su clasificación.

Se obtiene la información de la cantidad de arcilla necesaria para remover el 100% de cromo total presente en las muestras de aguas residuales de curtiembre recolectadas en dos puntos, uno es el del batán (licor de cromo) y el segundo de una pileta la cual contiene agua residual de curtiembre tratada con cal. Los resultados obtenidos de la remoción de cromo son menores de 1 ppm concluyendo que la arcilla muestreada puede ser usada como método alternativo en la remoción de cromo total en aguas residuales de curtiembre ya que de acuerdo a norma para aguas residuales es de 1ppm.

INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCIÓN

Entre las industrias que vierten sustancias tóxicas, están las curtiembres que crean problemas ambientales y efectos en la salud debido a los contaminantes que contienen, principalmente el cromo, que en altas concentraciones contamina los recursos hídricos además que produce enfermedades al ser humano.

La contaminación al presente, es motivo de gran preocupación por el daño que causa a los recursos naturales como el agua, la tierra y el aire lo que puede llegar a convertirse en la mayor amenaza para la salud y bienestar del ser humano. Este acelerado problema afecta a la región y en forma específica a El Salvador, en el desarrollo económico, tecnológico y social.

El cromo forma parte del proceso de curtido de pieles y el tratamiento para la eliminación de este elemento en el agua de curtiembres, debe ser evaluado por las industrias nacionales de curtido de pieles.

En el país existen este tipo de industrias, por lo que se investigó una manera confiable de efectuar un tratamiento de esta agua contaminada con cromo total, a través del aprovechamiento de la arcilla proveniente de la zona de Ilobasco, la cual es un recurso natural que es abundante en la zona y que tiene excelentes propiedades físico-químicas que se pueden aprovechar para su estudio como materia prima para la remoción de cromo total en aguas residuales de curtiembres.

Tomando en cuenta lo expresado anteriormente, en diferentes estudios que se han hecho sobre las propiedades de las arcillas, éstas pueden servir como aprovechamiento de recursos naturales ya que tienen propiedades adsorbentes y de intercambio catiónico y pueden ser utilizadas en el tratamiento de aguas contaminadas con cromo.

El presente trabajo toma en cuenta estas propiedades, empleando arcilla a la cual se le realizaron pruebas físico-químicas para plantear una alternativa como tratamiento previo del agua vertida por estas industrias para eliminar o disminuir la contaminación a cuerpos receptores (ríos, lagos y mares) y crear una fuente de producción para el uso de la arcilla nacional en el tratamiento de aguas residuales. Se seleccionó un lugar en Ilobasco llamado Colonia El Siete el cual se divide en sectores para tomar muestras de arcilla.

Posteriormente se toman muestras de agua residual de una curtiembre en San Jacinto, Departamento de San Salvador, antes y después de un tratamiento hecho por la curtiembre previo a ser vertidos al río. A las muestras de agua recolectadas se les determina las concentraciones iniciales y concentraciones finales antes y después de ser tratadas con la muestra de arcilla para conocer el porcentaje de cromo total removido haciendo cuantificación por el método de absorción atómica de llama.

La investigación se realizó en un período de 13 meses de Septiembre 2003 a Octubre del 2004, abarcando la recolección y caracterización de la arcilla en el mes de Septiembre y Octubre 2003, se tomaron las muestras de agua residual de la curtiembre en el mes de Noviembre 2003, realizando el tratamiento y cuantificación de cromo en el mismo mes; posteriormente se realiza muestreo y tratamiento en Febrero y Septiembre de 2004 para realizar el proceso de cuantificación de cromo total. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia, Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares-Facultad de Ingeniería y Arquitectura (CIAN-FIA) de la Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador, y lectura de las muestras por Absorción Atómica en LaGeo y PROCAFE.

CAPITULO II.

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Utilizar la arcilla de Ilobasco para la remoción de cromo total en aguas residuales de una curtiembre.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Seleccionar lugar de recolección de muestra de arcilla en la Zona de Ilobasco en el sector de la Colonia El Siete.
- 2.2.2 Recolectar la arcilla y someterla a procesos físicos de secado, molido y tamizado.
- 2.2.3 Identificar las características fisicoquímicas de la arcilla: porcentaje de humedad, superficie específica, pH, densidad, tamaño de partícula y composición mineralógica de ésta por difracción de rayos X.
- 2.2.4 Verificar la capacidad de retención de la arcilla como intercambiador catiónico de cromo total presente en aguas residuales de una curtiembre de la Zona Metropolitana de San Salvador.
- 2.2.5 Cuantificar la cantidad de cromo antes y después del tratamiento con arcilla, utilizando el método de absorción atómica de llama en muestras de aguas residuales de una curtiembre.

CAPITULO III.
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES DE ARCILLAS

La arcilla desde el punto de vista mineralógico engloba a un grupo de minerales cuyas propiedades físico-químicas dependen de la estructura y el tamaño de grano ⁽⁹⁾.

Desde el punto de vista económico, las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas (por la meteorización de rocas preexistentes de las que provienen) y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones ⁽⁹⁾.

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos, la clasificación se basa en las propiedades físico-químicas predominantes, porcentaje de minerales arcillosos, estructura química, geometría de los átomos constituyentes. Los grupos mayores son:

- a. Caolinita
- b. Mica
- c. Bentonita
- d. Clorita
- e. Paligosquita – sepiolita

La bentonita está compuesta principalmente de montmorillonita, la cual es de interés en estudio, y dentro de ella se encuentran:

- a. Nontronita
- b. Saponita

- c. Hectorita
- d. Sauconita
- e. Beidelita y,
- f. Stevensita ⁽⁹⁾

La arcilla colectada en la zona de Ilobasco es considerada dentro del grupo de las bentonitas ^(8,17) (Ver Anexo 1), proporcionando la característica de ser adsorbente aún en su estado natural; la superficie específica junto con la densidad, tamaño de partícula y geometría son propiedades importantes de este tipo de arcillas ⁽⁹⁾. Además tienen la capacidad de cambiar, fácilmente, los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas saturadas con iones; a esta propiedad se le llama capacidad de intercambio catiónico.

El tratamiento de arcilla de esta agua residual tiene por objeto la remoción del exceso de cromo total a la vez que estos materiales arcillosos poseen la capacidad de intercambio catiónico y adsorción ⁽⁶⁾.

En ocasiones las arcillas bentoníticas pueden someterse a procesos físicos y químicos que tienen por objeto potenciar algunas de sus propiedades para determinadas aplicaciones industriales.

Desde el punto de vista industrial tienen gran importancia los procesos destinados a modificar las propiedades de superficie del mineral mediante tratamientos de distinta naturaleza o a modificar la estructura química del espacio interlaminar. Si existe destrucción del mineral, generando sílice amorfa dando como resultado un

considerable incremento de la superficie específica, así mismo, aumenta la capacidad de intercambio iónico (7).

3.2 PROCESO DE CURTIEMBRE

En El Salvador existen industrias dedicadas a la curtiembre que utilizan sustancias químicas, entre ellas: Sulfuro de Sodio, Sulfito de Sodio, Sulfato de Cromo 33%, Ácido Sulfúrico, empleadas en el proceso de curtido de pieles por la facilidad de interactuar con las proteínas de la piel, y así convertirlo en cuero (18).

Las aguas que contienen el cromo total excedente, que no es utilizado en el proceso, generan efluentes tóxicos que no se biodegradan y que además están en cantidades superiores a las permitidas por la Norma Salvadoreña (4) que es de 1.00 ppm; estas sales de cromo son perjudiciales a la salud por lo que se hace necesario realizar un tratamiento ya que ellas son vertidas a los mantos acuíferos y a la tierra utilizada con fines agrícolas.

El curtido de pieles consiste en transformar colágeno de la piel, en cuero, por la reacción química de los curtientes sintéticos siendo las sales de cromo uno de los más importantes.

El proceso de curtiembre se lleva a cabo de acuerdo a los siguientes pasos:

(Ver Anexo 2)

Lavado y remojo.

El principal objetivo es devolver a la piel sus cualidades de suavidad y flexibilidad natural. El remojo debe también bajar rápidamente la concentración de la sal de

conservación que traen los cueros. Una vez que los cueros están en remojo, los espacios interfibrilares de la piel se llenan de agua, la cual ha de servir como diluyente y a la vez como vehículo para ayudar a una penetración mas pareja de los materiales que se van a usar en el proceso siguiente al remojo.

Pelambre.

Es el proceso que tiene por objetivo la eliminación del pelo de los cueros así como el hinchamiento de los mismos, de esta forma se obtiene cuero de acuerdo a lo que se destine, ya sea un cuero firme o un cuero muy caído. En esta etapa se utiliza hidróxido de sodio, sulfuro de sodio, sulfhidrato de sodio, cal y agua.

Descarnado.

Consiste en el corte del tejido adiposo de la piel sin perjudicar con ello a la piel, se procede luego al pesado de la piel y pasa a la siguiente etapa.

Desencalado.

Consiste en eliminar la cal que tienen los cueros en tripa después de haber pasado por el pelambre y el descarnado. Por medio de la neutralización de la cal se eliminan los hinchamientos que ha sufrido el cuero en los procesos antes mencionados.

Rendido.

Es la operación que complementa el acondicionamiento físico químico de las pieles preparándolas así para el curtido. El objetivo principal es limpiar mas profundamente la piel de los restos queratinosos o epidérmicos de pelo y de grasa que se encuentran en el cuero.

Pikcle.

Por pikcle se entiende un tratamiento de la piel con una sal y ácido con el cual se persiguen los siguientes fines:

Eliminar los últimos restos de cal en la piel y, el ácido utilizado en la piel durante este proceso permite una penetración uniforme de las combinaciones de cromo al interior de la textura fibrosa.

Curtido.

Consiste en rotar en el batán la piel con una mezcla de ácido sulfúrico y ácido fórmico con 4 a 5% de sulfato de cromo 33%, para fijar la estructura fibrosa, por un tiempo de 6 horas antes que la deshidratación haya concluido. Luego se deja en reposo por 8 horas y posteriormente se alcaliniza. Se vuelve a trabajar en el batán aproximadamente 4 horas, se saca la piel del tambor y se deja en reposo 24 horas.

Igualado-rebajado.

Llamado también, raspado, esta operación es importante en el terminado del cuero, por lo que se necesita una maquinaria adecuada y en óptimas condiciones de trabajo para obtener una piel uniformemente rebajada al grosor que se exige en el mercado. Para el raspado, la piel debe estar bien escurrida y sin arrugas, generalmente se empieza a rebajar por la colita hasta el cuello.

Neutralizado y curtido.

En esta etapa se llama al cuero: oscaría, el cual se neutraliza para que los productos que se utilicen en proceso posteriores penetren despacio y parejo al cuero.

Recurtido.

Es el proceso en el cual a la piel se le da la textura deseada, a la vez da la variedad de pieles que se pueden necesitar y cumple su misión a partir de diferentes materiales o de sus mezclas. Por ejemplo, si se quiere engrasar la oscaría se usarán extractos vegetales, si se requiere blanquear se usan taninos sintéticos.

Engrase.

Es la lubricación adecuada de la piel en función del destino que ha de tener como producto final. Después de esta fase del proceso se saca la piel del batán y se deja reposar 24 horas, posterior a esto se desvena la piel y de ahí se procede a secarla.

3.3 GENERALIDADES DEL CROMO⁽¹⁰⁾

El cromo es un elemento blanco azulado, brillante, con punto de fusión de 1,505 °C. No se oxida en el aire a la temperatura ordinaria, le ataca el ácido clorhídrico, su número atómico es de 24, pertenece al Grupo 6 en la Tabla Periódica, tiene un peso atómico de 52.01 g / mol.

Como es típico para los metales de cerca del centro de las series de transición, el cromo muestra varios estados de oxidación. Los más comunes son +2, +3 y +6.

El estado de oxidación más estable de cromo es el Cr +3. Las disoluciones de sales de cromo (II) azules, fácilmente se oxidan al aire a cromo III, (ver Anexo 3).

La contaminación del cromo al ambiente es generado en el proceso de curtiembre, donde el cromo es indispensable, las aguas residuales cuando son descargadas en cuerpo receptor ocasionan efectos negativos en la vida acuática

y en los posibles usos posteriores a ellas, ya que disminuye el oxígeno disuelto; los olores emanados de los efluentes producen contaminación atmosférica ocasionando problemas de salud donde el cromo es absorbido a través del tracto gastrointestinal y puede atravesar las membranas celulares, provocando reducción del jugo gástrico. En la piel se presentan lesiones como dermatitis y ulceraciones, también pueden presentarse cáncer en pulmones, conjuntivitis, lagrimeo y dolor por exposición crónica debido a compuestos de cromo.

Los compuestos de Cr^{+3} tienen gran estabilidad, contrariamente a lo que ocurre con los compuestos de Cr^{+6} , generados por la oxidación del Cr^{+3} .

CAPITULO IV.
DISEÑO METODOLÓGICO

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

Se divide en tres partes:

4.1 Investigación Bibliográfica

4.2 Investigación de campo

4.3 Trabajo experimental

Tipo de estudio: analítico experimental

Se entiende por estudio analítico-experimental “cuando una investigación trata con datos y se esperan de ella resultados matemáticamente interpretables, los cuales conducen a conclusiones causales más claras y pueden diseñarse o desarrollarse instrumentos para medirlos que al mismo tiempo permitan explicar el fenómeno que está siendo estudiado” (5) .

4.1 Investigación Bibliográfica

Esta parte del diseño metodológico realizada en la Biblioteca de la OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud) Laboratorio Central Dr. Max Bloch, en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, en el Departamento de Minas e Hidrocarburos del Ministerio de Economía, CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) e Internet.

4.2 Investigación de campo

Universo y muestra.

Del universo de los yacimientos de arcilla en El Salvador de acuerdo a estudios geológicos alemanes (Ver Anexo 4) se escogió el yacimiento que se encuentra en

el municipio de Ilobasco debido a sus características físico-químicas anteriormente investigadas.^(8,18)

Y se realiza un muestreo aleatorio en los puntos señalados en la zona de Ilobasco, Colonia El Siete (Ver Anexo 5).

La recolección de la muestra de agua residual de la curtiembre en estudio de la zona de San Jacinto se llevó a cabo en los siguientes puntos de muestreo:

- Obtención del licor de cromo (colector)
- Punto final del tratamiento (agua descromada), tomada de la pileta en la cual el agua residual es tratada con cal y luego descartada al río. (Ver Anexo 6)

La recolección de datos es llevada a cabo por investigación experimental donde el diseño estadístico es completamente al azar con las siguientes repeticiones y factores de estudio:

La cantidad de muestra recolectada en tres puntos diferentes del lugar de muestreo se somete al proceso de cuarteado manual con la finalidad de obtener una muestra única, homogénea y representativa de la arcilla a estudiar.

Determinación de propiedades físico-químicas de la arcilla: realizadas por triplicado en muestra única de arcilla recolectada, exceptuando la composición mineralógica en muestra de arcilla y concentración de cromo en arcilla recolectada en las cuales se realizó un solo análisis.

Para representatividad y reproducibilidad de resultados se realiza la determinación de la desviación estándar (S) y del coeficiente de variación (CV). ⁽⁵⁾

Desviación estándar (S)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Y el coeficiente de variación (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

$$\bar{X} = \frac{\sum (n_1 + n_2 + \dots + n_n)}{N}$$

Donde,

x_i : valor individual

\bar{X} : media

n : tamaño de muestra

N : total de datos

n_n : valor individual (n_1, n_2, \dots, n_n)

Capacidad de retención de arcilla recolectada: se toman 2 muestras de agua residual (P_1 y P_2) a las cuales se les hace lectura de Absorción Atómica (concentración inicial) luego se les realiza tratamiento con arcilla por duplicado a dos diluciones cada una, manteniendo la misma cantidad de arcilla por muestra y diluciones del agua residual recolectada.

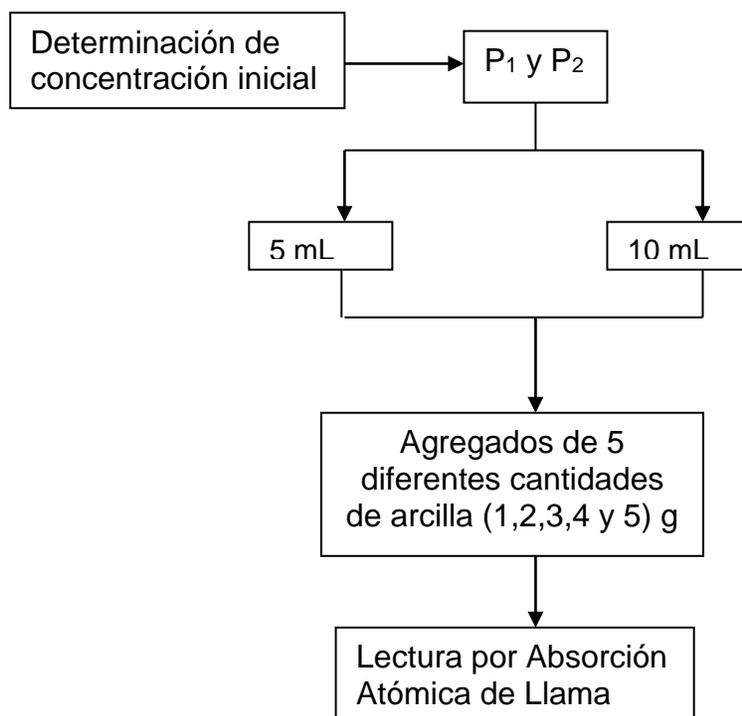


Figura 1. Esquema para determinación de capacidad de retención de arcilla

Las concentraciones de cromo total, en muestras de agua residual de curtiembre, tratadas con muestra de arcilla recolectada: la cual se hace por duplicado a 4 muestras de punto de recolección 1 (P1), y 4 muestras en punto de recolección 2 (P2) del agua de curtiembre en estudio realizándose posteriormente la lectura en Absorción Atómica de Llama.

Las lecturas de Absorción Atómica se realizan a una longitud de onda de 358.0 nm usando como estándar Cr 1000 ppm MERCK en concentraciones de (0.5-20.0) mg/L, en un equipo SpectrAA 220, versión 2.10FS, con lámpara de cátodo hueco de cromo y un sistema de bombeo para introducción y autodilución de muestras (SIPS-20)

Remoción de cromo total: A 1L de muestra de agua residual se le agrega 2 mL de HNO_3 concentrado hasta $\text{pH} < 2$.

Las muestras se recolectaron en los meses de Marzo 2004 y Septiembre 2004 en puntos de recolección: P_1 (licor de cromo) y P_2 (agua residual de pileta)

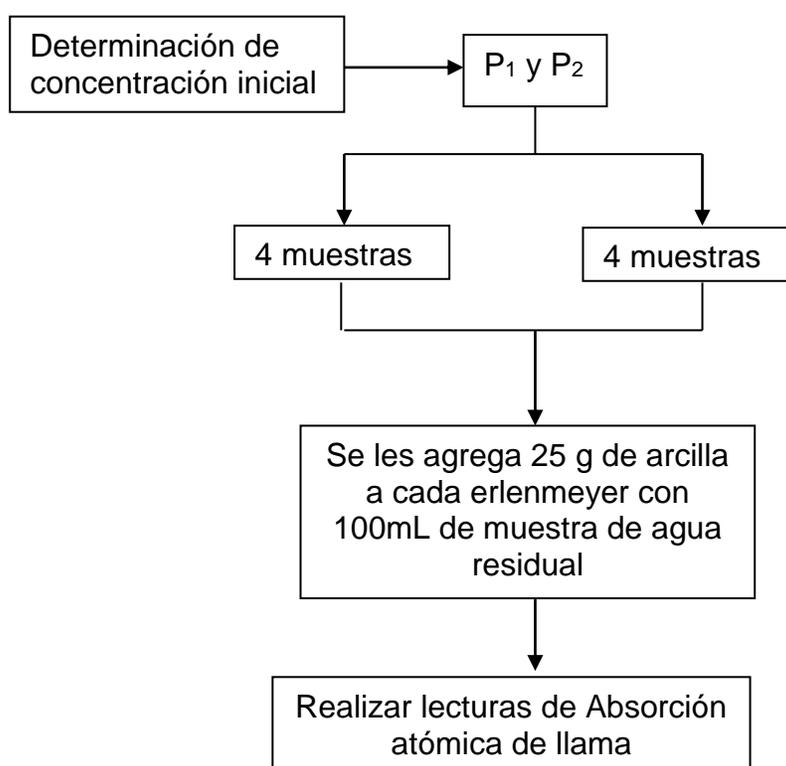


Figura 2. Esquema de remoción de cromo total de aguas residuales de Curtiembre utilizando arcilla de la Zona de Ilobasco.

4.3 Trabajo experimental

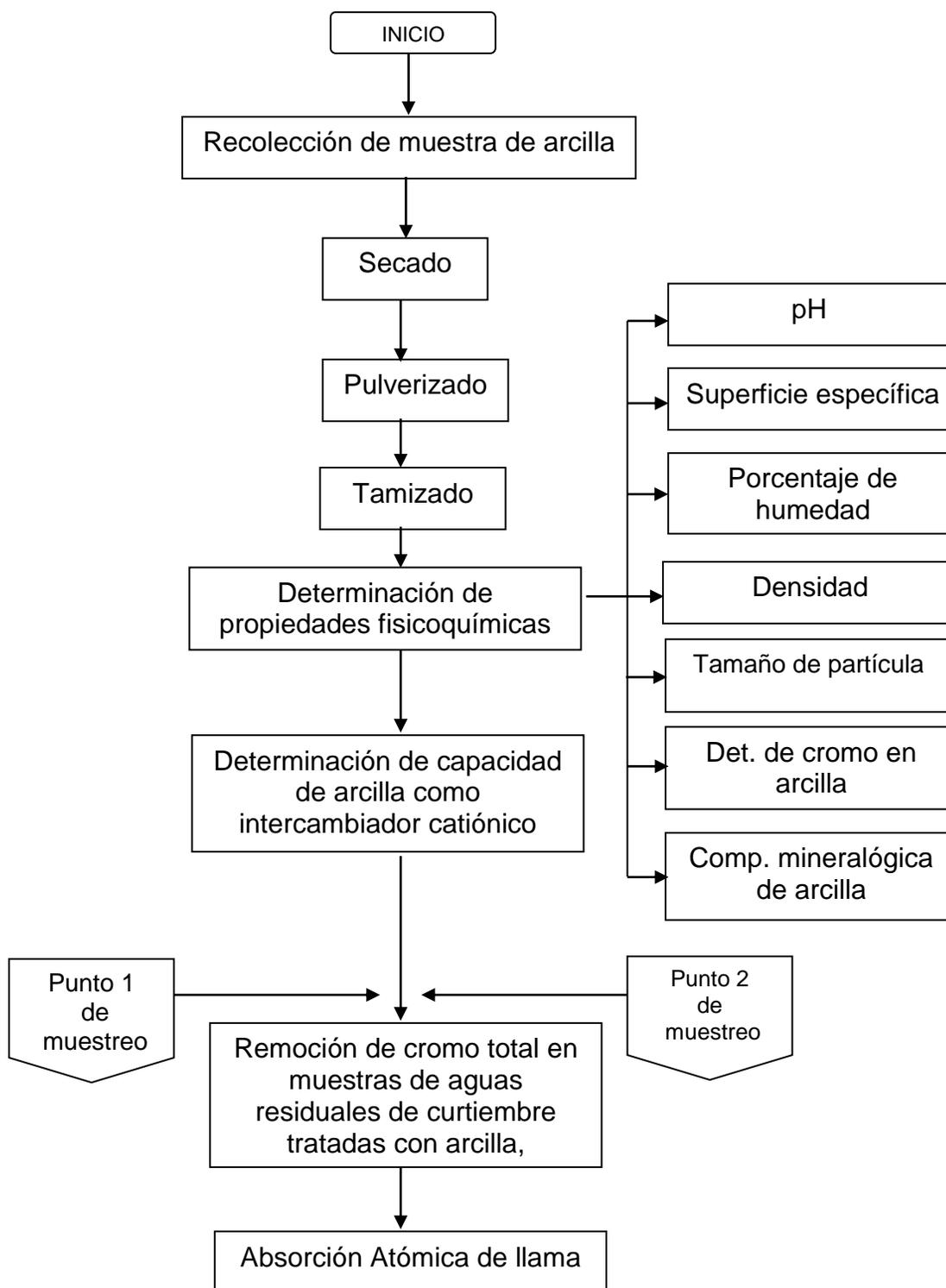


Figura 3. Esquema General de Trabajo Experimental

4.3.1 Muestreo y recolección de arcilla

Se recolecta la muestra de arcilla de la Zona de la Colonia El Siete de Ilobasco conociendo por antecedentes, que esta mina es abundante en bentonita^(8,9). Se realiza un muestreo aleatorio en el punto señalado reuniéndose una muestra única y suficiente para hacer los análisis. ⁽⁸⁾.

(Ver Anexo 1)

4.3.2 Tratamiento de muestra de arcilla recolectada

Recolectar la muestra de arcilla y someter a procesos físicos de secado, molido y tamizado.

a. Secado

La muestra se coloca en un recipiente y se seca en estufa a 60°C por 12 horas.

b. Pulverizado

Las piedras de arcilla son trituradas para disminuir el tamaño de partículas de la muestra.

c. Tamizado

El análisis se lleva a cabo colocando la muestra en el tamiz superior y agitando manualmente el tamiz por un tiempo definido. Se retiran las partículas retenidas en el tamiz y se recogen en un colector.

La muestra se pasa por un tamiz N° 200 Serie Tyler, (Ver Anexo 7) que nos permite obtener un tamaño máximo de 74 µm dando como resultado un polvo muy fino ⁽¹¹⁾.

4.3.3 Determinación de propiedades físico-químicas de arcilla.

4.3.3.1 Porcentaje de Humedad

Fundamento. Esta operación es útil para eliminar la cantidad de agua que acompaña a un sólido, conservando sin lesionar, las propiedades químicas y físicas. La masa de agua constitutiva de la humedad de un sólido puede estar meramente contenida en él, o ligado a través de un mecanismo físico-químico como es la absorción capilar.

La muestra de arcilla se somete al siguiente tratamiento:

1. Colocar en estufa por dos horas a 105°C una cápsula de porcelana limpia y seca.
2. Dejar enfriar la cápsula de porcelana en desecador por media hora.
3. Pesar cápsula en balanza analítica.
4. Pesar 2.0g de la muestra. (Anotar peso de cápsula mas muestra).
5. Secar en estufa a 105°C por 2 horas. Luego dejar enfriar en desecador por dos horas.
6. Pesar cápsula más muestra después de las dos horas
7. Calcular el porcentaje de humedad.
8. Para arcilla bentonitica la farmacopea mexicana especifica un 5% - 8% de humedad en arcilla bentonítica (21).

Cálculos:

$P_i = (\text{Peso de cápsula} + \text{muestra antes de secar}) - (\text{Peso de cápsula sin muestra})$

$P_f = (\text{Peso de cápsula} + \text{residuo}) - (\text{Peso de cápsula sin muestra})$

$P_i - P_f = P_s,$

En donde:

Pi es el peso inicial de la muestra en gramos,

Pf es el peso final de la muestra en gramos y,

Ps es el peso perdido durante el secado.

Para calcular el porcentaje de humedad utilizar la fórmula:

$$\%Ps = \frac{Ps}{Pi} \times 100$$

4.3.3.2 Superficie específica⁽¹⁶⁾

Fundamento. Cuando un colorante se absorbe sobre las partículas de una arcilla, la primera capa monomolecular se retiene irreversiblemente, por lo tanto el valor de Xm se puede estimar estableciendo la cantidad de colorante límite entre el líquido sobrenadante coloreado e incoloro, en una serie de experimentos en los cuales se agitan muestras de arcilla con cantidades variables del colorante.

Procedimiento:

1. Realizar método por triplicado para 4 concentraciones diferentes de azul de metileno (0.3, 0.4, 0.8 y 0.9) g/L.
2. Pesar 0.1 g de arcilla y colocar en erlenmeyers de 250 mL.
3. A cada erlenmeyer se agregan 100 mL de solución de azul de metileno en las siguientes concentraciones: 0.3 g/L, 0.4 g/L, 0.8g/L y 0.9 g/L.
4. Agitar los erlenmeyer vigorosamente durante 12 horas utilizando hot plate y agitadores magnéticos, luego dejar en reposo en baño de

agua manteniendo una temperatura de 25°C por espacio de 24 horas.

5. Determinar la absorción final por espectrofotometría UV/VIS a una longitud de onda de 630 nm.
6. Realizar método por triplicado, y graficar promedio de resultados.
7. De acuerdo a bibliografía el rango de superficie específica para arcilla es de 80-300 m²/g. ⁽⁹⁾

La superficie específica (S) de un absorbente se calcula por medio de la relación:

$$S = X_m \cdot N \cdot a$$

Donde,

X_m : cantidad de adsorbato necesario para formar una monocapa sobre un gramo de adsorbente.

N: número de Avogadro ⁽¹¹⁾: 6.023x10²³ mol⁻¹.

a: superficie cubierta por una molécula adsorbida, considerando que una molécula de azul de metileno es 9 Å² *.

X_m es calculada por la Isoterma de BET, graficando:

$$\frac{C}{X(C_0 - C)} \quad \text{vrs} \quad \frac{C}{C_0} \quad \text{y} \quad X_m = \frac{1}{(\text{Pendiente} + \text{Intercepto})}, \text{ donde:}$$

C₀ = concentración inicial de azul de metileno

C = concentración final de azul de metileno

$$X = C_0 - C$$

* Los resultados encontrados por los métodos de BET y Langmuir considerar que el recubrimiento de una molécula de azul de metileno es $9A^2$ ⁽¹⁶⁾.

4.3.3.3 Determinación de pH.

Fundamento. El pH es definido como el valor dado por un instrumento potenciométrico adecuado y propiamente estandarizado capaz de reproducir valores de pH de ± 2 unidades de pH. El instrumento cuenta con un electrodo indicador sensible a la actividad del ión hidrógeno, un electrodo de vidrio y un adecuado electrodo de referencia.

Procedimiento:

1. Calibrar pHmetro con buffer fosfato de pH 4.1
2. Calibrar pHmetro con buffer fosfato de pH 7.0
3. Dispersar 4.0g de arcilla en 200mL de agua destilada, mezclando vigorosamente por un minuto para facilitar la dispersión.
4. Hacer la lectura de pH de la muestra con el pHmetro ya calibrado.
5. La USP 25 especifica para bentonita, un pH de 9.5-10.5 ⁽²¹⁾

4.3.3.4 Densidad ⁽¹¹⁾

Fundamento. La densidad referida al volumen total se define como la masa de polvo dividida entre el volumen total ocupado por el mismo. Esta densidad se determina a partir del volumen total de la masa de polvo seco, medido en una probeta graduada. Para esto se ha establecido el siguiente procedimiento estándar:

- a. Pesar probeta vacía de 50cm³ en balanza semianalítica.
- b. Tomar una muestra de 50cm³ de arcilla previamente tamizada por un tamiz N° 200.
- c. Introducir la muestra en probeta graduada de 100 cm³ y pesar. Calcular la cantidad de muestra utilizada.
- d. Golpear ligeramente la probeta sobre una superficie dura de madera tres veces consecutivas, con intervalos de dos segundos, desde una altura de 2.5 cm.
- e. Realizar este proceso por triplicado.
- f. La densidad en arcilla está entre 1.8 g/cm³ – 2.6 g/cm³ (11) .

La densidad referida al volumen se obtiene:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde,

ρ : densidad

m : peso de muestra en gramos y

V : volumen final del polvo en cm³

4.3.3.5 Tamaño de partícula

Fundamento. La tamización es la técnica de análisis granulométrico que se basa en la utilización de tamices que actúan como barreras mecánicas al paso de partículas de determinados tamaños. Este método es adecuado para llevar a cabo la separación de partículas en función de su tamaño.

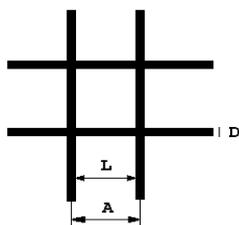


Figura 4. Esquema general de tamices.

En donde:

L : longitud

A: ancho

D: diámetro, son parámetros que dan origen a la caracterización de un tamiz con diferentes aberturas de malla que constituyen las llamadas escalas de tamices que proporcionan el límite al paso de partículas de determinados tamaños.

Procedimiento:

El tamaño de partícula se determinó haciendo pasar la muestra de arcilla por un tamiz N° 200 mesh (abertura de malla) al cual se le aplican movimientos suaves de vaivén acompañados de un movimiento progresivo de rotación, dicho tamiz nos permite obtener partículas menores a $74\ \mu\text{m}$.

4.3.3.6 Composición mineralógica de arcilla por Difracción de Rayos X.

Fundamento. La longitud de onda de los rayos X es tan corta que pueden penetrar entre los átomos de un sólido. Las disposiciones atómicas regulares de un cristal actúan entonces como una red de difracción de tal modo que los rayos emergentes forman ángulos

definidos con el rayo incidente. A partir de éstos puede determinarse la estructura del cristal. Un cristal grande puede examinarse observando la difracción de un haz monocromático de rayos X que inciden sobre él en varios ángulos sucesivamente. En los casos en que solamente se dispone de un polvo todas las orientaciones se observan de una sola vez, siendo ésta la técnica de polvos de Debye-Scherrer.

La difracción de rayos X es el medio por el cual conocemos la estructura interna de los minerales y por lo tanto el medio más seguro para identificarlos. En los casos en que se ha sido posible separar los minerales tal identificación es directa.

1. Procedimiento para la preparación de la muestra de arcilla en vidrio.
 - a. Pulverizar en seco 1g de muestra de arcilla utilizando un mortero automático hasta alcanzar el tamaño monomineralico (0.5 a 1mm).
 - b. Pulverizar 0.1-0.2g de muestra de arcilla en un mortero de ágata, hasta llevar el material a un tamaño de 5 a 10 μm es importante señalar que debe agregarse agua o preferentemente acetona para evitar dañar por deformación la estructura de los cristales.
 - c. Colocar una cantidad de 0.1 gramo aproximadamente de arcilla pulverizada, sobre el porta objetos de vidrio de 3 x 2 cm.
 - d. Agregar 1 ó 2 gotas de agua.
 - e. Dispersar la muestra con el borde de otro vidrio esparciéndola en la mitad del porta objeto de manera uniforme y homogénea.

- f. Dejar secar al aire, esta operación se realiza varias veces hasta cubrir el vidrio con una delgada capa de sedimentos.
2. Procedimiento para la operación del difractómetro Philips PW-1730
Para poner en marcha el difractómetro y coleccionar el espectro de difracción de una muestra se siguen las siguientes instrucciones:
 - a. Encender el módulo del Generador de potencial constante (Manis) dejando luego un tiempo de estabilización de 10 minutos antes de encender el alto voltaje.
 - b. Encender la fuente de alimentación del Goniómetro.
 - c. Encender la computadora y abrir el programa Fénix V. 2.0
 - d. Encender el sistema de enfriamiento.
 - e. Encender el alto voltaje y estabilizar el sistema durante 5 minutos.
 - f. Inicializar la marcha del Goniómetro haciendo dos “clic” consecutivos con el botón izquierdo del mouse sobre el botón “GON” que se muestra en la esquina superior izquierda de la pantalla.
 - g. Incrementar el voltaje y la corriente (Kv y mA) en intervalo de 5Kv y 5mA hasta 40Kv y 30mA respectivamente, cuidando de mantener siempre los valores de $Kv > mA$.
 - h. Colocar la muestra que va a ser analizada dentro del eje porta muestra del goniómetro.
 - i. Fijar el ángulo de inicio del goniómetro colocando la palanca del motor en la posición de embrague ([]) girando la manivela hasta la

posición del ángulo de inicio el cual es definido dependiendo de la muestra que se va a analizar.

- j. Restablecer el “paso” de adquisición de los datos en la computadora. Para ello se busca la opción “Adquisición” y aparece el formulario para introducir los datos del análisis, entonces se fija el ángulo final para un barrido pequeño que puede ser de $(0.3^\circ \text{ o } 0.5^\circ) 2\theta$, se hace un “clic” sobre la casilla velocidad 1 para actualizar las cuentas; se da “Aceptar” y luego en la pantalla principal se da “Adquirir datos”. Una vez finalizada la adquisición, se activa “Calibrar” entonces se despliega el menú y ahí se activa “Paso” apareciendo una pequeña ventana donde se da clic a la tecla “Restablecer”.
- k. Embragar el goniómetro, rectificar el ángulo de inicio y desembragar.
- l. Abrir la ventana (4) del tubo de rayos X presionando simultáneamente los botones “sutes” y 4-1 en el panel de control.
- m. Introducir los siguientes datos de la muestra en “Opciones”
 - “Adquisición” :
 - Nombre del Archivo, Comentarios, Angulo de inicio, Ángulo final.
 - Hacer clic sobre la casilla “Vel 1” para actualizar las cuentas, “Aceptar”
- n. En la pantalla principal se hace clic sobre “Adquirir datos”
- o. Al finalizar la adquisición es necesario ajustar el paso para ello se va a “Calibrar” luego a “Paso” y en la casilla de “Ángulo final corregido” se coloca el valor que indica el dial del goniómetro y se da “Ajustar”.
- p. Guardar el archivo del registro en “Archivo” → “Guardar”.

El CIAN cuenta con un equipo el cual tiene el programa “Traces” en versión demo, utilizado para realizar la primera parte del proceso de identificación cuyas instrucciones se detallan a continuación:

1. En la computadora se abren los programas Traces y Fénix este último es el programa de adquisición de los datos del difractograma.
2. El archivo guardado en el programa Fénix v2 se transfiere al programa Traces: en la ventana principal del Fénix v2 el menú de archivo se selecciona la opción Examinar en la que se obtienen todos los archivos guardados, al encontrar el archivo deseado se da aceptar y este lo selecciona como si fuera el archivo de demostración “Demoka 2”
3. Se pasa al programa Traces y en el menú de archivo se selecciona abrir, al aparecer los archivos se elige para abrir el archivo Demoka 2.
4. Para identificar los valores “d”, 2θ , intensidad relativa de cada pico y el correspondiente número de cuentas, se da un clic derecho sobre cada pico y en la barra inferior se muestra la información. Como el programa es de demostración hay que hacer la localización de los picos de esta manera y luego buscar en los manuales JCPDS para la identificación del mineral. (Ver Anexo 8 y Anexo 9)

En el espectro Difracción de Rayos X los resultados de arcilla purificada se dan para cada mineral en base a la intensidad relativa de cada pico.

El espectro de Difracción de Rayos X de la arcilla purificada glicolada consiste en purificar la arcilla con etilenglicol ocasionando desplazamientos de los picos y una intensidad mayor.

4.3.3.7 Determinación de cromo en arcilla natural. (Ver Anexo 10)

Fundamento. La muestra es aspirada en una llama y atomizada, un rayo luminoso es dirigido a través de una llama a un monocromador y sobre un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama. Como cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza como fuente luminosa una lámpara compuesta de dicho elemento; esto proporciona un método relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación.

Se realiza la cuantificación de cromo total por absorción atómica de llama a la muestra de arcilla de la siguiente manera:

1. Tamizar muestra por tamiz N° 200 mesh y colocar en un tubo de digestión.
2. Adicionar 3mL de agua destilada, 7.5 mL de HCl concentrado y 2.5 mL de HNO₃ concentrado.
3. Dejar en reposo por 24 horas a temperatura ambiente.

4. Calentar lentamente por dos horas y dejar enfriar a temperatura ambiente.
5. Lavar el tubo de digestión con agua bidestilada y filtrar a través de papel filtro llevando a volumen de 100.0 mL con agua bidestilada. Realizar por triplicado.
6. Realizar lectura de cromo en muestra de arcilla por espectrofotometría de absorción atómica de llama con una corriente de lámpara de 7mA y soporte de aire.
7. Leer a una longitud de onda de 425.4 nm con banda espectral de 0.1 nm.
8. Estándares con concentración de 1 y 4 ppm de Dicromato de potasio anhidro, se realiza la curva de calibración y luego se lee la muestra en equipo Varian SpectrAA-10.

4.3.4 Muestreo y recolección de aguas residuales de curtiembre.

La recolección de la muestra de agua residual de la curtiembre en estudio de la zona de San Jacinto se llevo a cabo en los siguientes puntos de muestreo:

- a. P1: Obtención del licor de cromo (colector o batán).
- b. P2: Punto final del tratamiento (agua descromada), tomada de la pileta.

Tomar 1L de agua residual con cromo como muestra y posteriormente acidificar con HNO_3 hasta $\text{pH} \leq 2$.

4.3.5 Determinación de la capacidad de retención de la arcilla como intercambiador catiónico de cromo total presente en aguas residuales de una curtiembre de la Zona Metropolitana de San Salvador.

Método de Absorción Atómica de Llama para la determinación de Cromo Total en muestra de arcilla ⁽²⁰⁾

El método de absorción atómica determina metales totales que comprenden la suma de los metales disueltos y los metales suspendidos.

Procedimiento:

1. Pesar 5 muestras de arcilla en duplicado con los siguientes pesos: 1g, 2g, 3g, 4g y 5g.
2. Se toman 5 mL de muestra a tratar y 10 mL de muestra a tratar, ambas se aforan a 100.0 mL con agua bidestilada, con el fin de determinar la cantidad de arcilla necesaria para la remoción de cromo en agua residual en una muestra de 100.0 mL.
3. Las muestras de 5mL y 10mL son colocados en erlenmeyer con las respectivas cantidades de arcilla para cada uno.
4. Agitar los erlenmeyers en hot plate con agitador magnético por 12 horas y luego filtrar por papel Whatman N° 40 hasta obtener una solución clara.
5. Tomar lecturas de las muestras madre para obtener la concentración inicial (C_i).

6. Refrigerar las muestras hasta la lectura por Absorción Atómica de llama.

Las lecturas por absorción atómica de llama se realizaron en Laboratorios Geoquímicos (LaGeo) siguiendo métodos oficiales y la tecnología del equipo utilizado de acuerdo a su técnica analítica interna desarrollada de la siguiente manera: (Ver Anexo 11):

1. Instalar en el instrumento una lámpara de cátodo hueco para determinación de cromo.
2. Lavar previamente el sistema de auto dilución de muestras para eliminar cualquier tipo de combinación en todo el sistema de bombeo.
3. Aplicar a la lámpara de cátodo hueco la corriente especificada por el fabricante y dejar calentar el aparato hasta que se estabiliza la fuente de energía, aproximadamente unos 20 minutos.
4. Optimizar la longitud de onda ajustando el dial de longitud hasta que se obtiene la ganancia óptima de energía.
5. Alinear la lámpara siguiendo las instrucciones del fabricante.
6. Instalar una cabeza del quemador adecuada y ajustar a su posición.
7. Conectar el aire y ajustar la velocidad del flujo del aire a lo especificado por el fabricante para obtener la máxima sensibilidad en relación con el cromo.
8. Conectar el acetileno y ajustar la velocidad del flujo al vapor especificado y encender la llama unos cuantos minutos. Aspirar los

estándares de (0.5-20) mg/L y las muestras.

9. Verificar la sensibilidad y estabilidad de la señal utilizando el estándar más alto, preparado para la curva de calibración.
10. El blanco es preparado con 2mL de HNO_3 y llevado a 100.0 mL con agua bidestilada.
11. Llevar a cero la absorbancia del equipo con el blanco para luego realizar la curva de calibración.
12. Aspirar una solución estándar y ajustar la velocidad de aspiración del nebulizador para obtener la sensibilidad máxima.
13. Ajustar el quemador para obtener una respuesta máxima.
14. Aspirar el blanco de nuevo y volver a poner a cero el instrumento.
15. Aspirar un patrón al medio del intervalo lineal esperado.
16. Obtener la absorbancia del patrón por Absorción atómica de llama.
17. Luego de realizar la calibración del equipo proceder a leer un estándar como muestra.
18. Seleccionar tres concentraciones de soluciones estándar para establecer límites para la concentración esperada del metal de una muestra. Aspirar un blanco y poner a cero el instrumento.
19. Aspirar la muestra, leer y registrar la concentración y absorbancia.
20. Si la concentración de la muestra se encuentra fuera de los rangos de concentración, se procede a realizar la respectiva autodilución, la cual queda a criterio del analista.

4.3.6 Análisis gráfico matemático de la capacidad de retención de arcilla. (Ver Figura 7)

4.3.7 Remoción y cuantificación de la cantidad de cromo antes y después del tratamiento con arcilla, en muestras de agua residual de curtiembre.

Utilizando el método de absorción atómica de llama en muestras de aguas residuales de una curtiembre. Se muestrean los mismos puntos tomando 4 muestras de agua residual sin tratar (punto de muestreo 1) y luego 4 muestras de agua residual tratada (Punto de muestreo 2) dichas muestras se trabajan con 25 g arcilla, obteniendo previamente las lecturas iniciales de las muestras y luego del tratamiento filtrar, obtener las concentraciones finales por medio de lecturas en Absorción Atómica de llama.

1. Se procede a pesar cantidades de muestra de arcilla de 25 g cada una.
2. Se toman 100 mL de cada muestra de agua y se le agrega a cada una 25 g de arcilla en erlenmeyers de 250 mL los cuales contienen agitadores magnéticos.
3. Agitar los erlenmeyers por 12 horas en hot plates y luego filtrar por papel Whatman N° 40 hasta obtener una solución clara.
4. Se toman 100 mL de muestra acidificada para hacer lecturas de concentración inicial.
5. Refrigerar las muestras hasta la realización de las lecturas de

absorción atómica de llama para la determinación de cromo total.

6. El límite de detección es de 0.05 ppm, si hay muestras menores realizar lectura de absorción atómica por horno de grafito.

CAPITULO V.

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Cuadro N° 1. Resultados de porcentaje de humedad en muestra de arcilla de la zona de Ilobasco.

N° de análisis de muestra	Resultado
1	4.17%
2	3.07%
3	3.81%
Promedio	3.68%
S	0.45
CV	12.22%

S = Desviación estándar

CV = Coeficiente de variación

Ejemplo de cálculos:

$$\bar{X} = \frac{(4.17 + 3.07 + 3.81)\%}{3} = 3.68 \%$$

$$n = 3$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$(x_i - \bar{X})^2$$

$$4.17 - 3.68 = (0.49)^2 = 0.24 +$$

$$3.07 - 3.68 = (-0.61)^2 = 0.37 +$$

$$3.81 - 3.68 = (0.13)^2 = \underline{0.01} =$$

$$0.62$$

$$S = \sqrt{\frac{0.62}{3}} = 0.45$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV = \frac{0.45}{3.68} \times 100 = 12.22 \%$$

Los resultados de % de humedad de la muestra de arcilla se obtienen realizando el análisis por triplicado estableciendo que el agua que contiene la muestra es de 3.68% promedio, teniendo como factor influyente el proceso de secado a la cual fue sometida, eliminando el agua de la superficie y de los espacios interlaminares de las partículas de arcilla.

Cuadro N° 2. Resultados de determinación de Superficie específica en muestra de arcilla de la Zona de Ilobasco.

Conc. Inicial (Co)	Absorbancia inicial (Ao)				Absorbancia final (Af)			
	1	2	3	\bar{X}	1	2	3	\bar{X}
0.9 g/L	2.977	2.977	3.117	3.024	0.291	0.286	0.312	0.296
0.8 g/L	2.826	2.826	2.954	2.869	0.149	0.325	0.324	0.266
0.4 g/L	1.603	1.603	1.722	1.643	0.198	0.181	0.217	0.199
0.3 g/L	1.183	1.183	1.290	1.219	0.203	0.197	0.182	0.194

Cálculos de \bar{X} (promedio) para Ao (Datos de 0.9 g/L)

$$\bar{X} = \frac{2.977 + 2.977 + 3.117}{3} = 3.024$$

Cálculos de \bar{X} (promedio) para Af (Datos de 0.9 g/L)

$$\bar{X} = \frac{0.291+0.286+0.312}{3} = 0.296$$

Cuadro N° 3. Datos para determinación de Superficie específica.

Co g/L	Ao	Af	C g/L	Co-C = X g/L	C/(X(Co-C))	C/Co
0.9 g/L	3.024	0.296	0.0881	0.812	0.134	0.098
0.8 g/L	2.869	0.266	0.0742	0.726	0.141	0.093
0.4 g/L	1.643	0.199	0.0484	0.352	0.391	0.121
0.3 g/L	1.219	0.194	0.0477	0.252	0.751	0.159

$$C = \frac{Af}{Ao} \times Co$$

$$C = \frac{0.296}{3.024} \times 0.9 \text{ g/L}$$

$$C = 0.088 \text{ g/L}$$

$$X = Co - C$$

$$X = (0.9 - 0.088) \text{ g/L}$$

$$X = 0.812$$

Estos cálculos son realizados para obtener gráfica de superficie específica, donde:

$$\text{Eje X} = \frac{C}{(X(Co - C))} = \frac{0.088}{(0.812(0.9 - 0.088))} = 0.134$$

$$\text{Eje Y} = \frac{C}{Co} = \frac{0.088}{0.9} = 0.098$$

Superficie específica de arcilla por absorción de azul de metileno

X	C/Co	0	0.098	0.093	0.121	0.159
Y	C/(X(Co-C))	-0.771	0.134	0.141	0.391	0.751

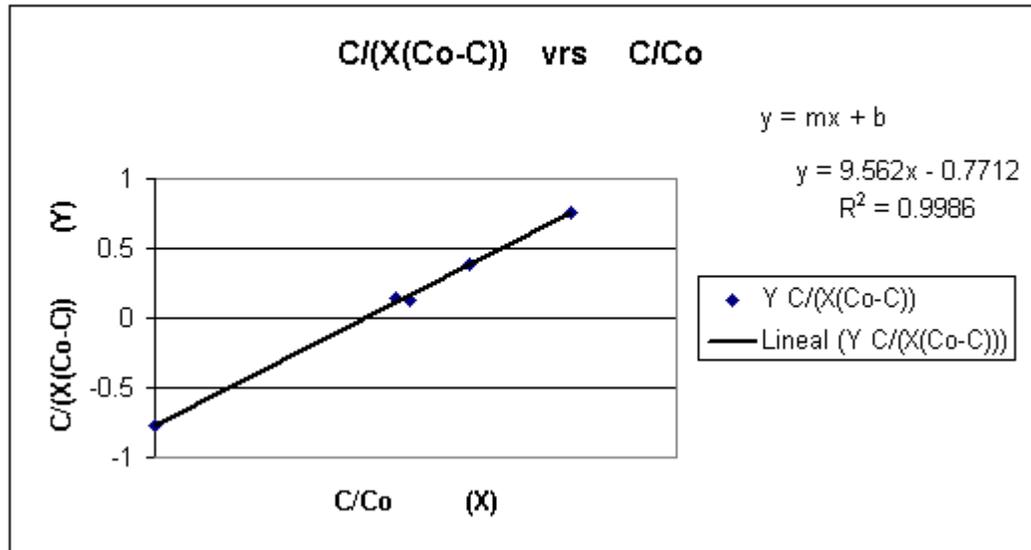


Figura N° 5: Isoterma de absorción de azul de metileno

Según el gráfico:

Pendiente $m = 9.5619$ y el

Intercepto $b = -0.7712$

Entonces con los valores de pendiente e intercepto, calcular el valor de X_m para

la determinación de Superficie específica.

$$X_m = \frac{1}{(\text{Pendiente} + \text{Intercepto})}$$

$$1m = 1 \times 10^{10} \text{ A}^0$$

$$X_m = \frac{1}{(9.5619 - 0.7712)}$$

$$9A^2 \left| \frac{(1m)^2}{(1 \times 10^{10} A)^2} \right| = 9 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$X_m = \frac{1}{(8.7907)} = 0.1138$$

Determinando el valor de X_m se procede a calcular la Superficie específica:

$$S = X_m \cdot N \cdot a$$

Donde:

N: número de Avogadro ($6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), dividir por peso molecular del azul de metileno para obtener gramos.

$$S = 0.1138 \text{ g/g} \cdot 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 9 (10^{-20} \text{ m})^2$$

$S = 6,168.76 \text{ g mol}^{-1} \cdot \text{m}^2$ dividiendo por peso molecular de azul de metileno (13):

$$P.M. = 319.86 \text{ g/mol}$$

$$* S = \frac{6,168.76 \text{ g/g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^2}{319.86 \text{ g/mol}} = 19.286 \text{ m}^2/\text{g}$$

* El valor de superficie específica para arcilla es de $80 - 300 \text{ m}^2/\text{g}$ (9).

El valor de superficie específica determinada de acuerdo al método BET es de $19.28 \text{ m}^2/\text{g}$ calculada matemáticamente por la ecuación anteriormente descrita con un R de 0.9986.

Cuadro N° 4. Resultados de la determinación de pH en muestra de arcilla de Ilobasco.

pH	Resultado
1	4.69
2	4.90
3	4.70
Promedio	4.76
S	0.097
CV	2.04%

El resultado de pH es de 4.76 que corresponde a muestra de arcilla propia de la Colonia El Siete, Zona de Ilobasco que al comparar el pH promedio obtenido (según las bibliografías estudiadas) es diferente por tratarse de pH de suelo

característico de El Salvador, ya que los tipos de arcilla dependen de la genética de las mismas. Observamos que el pH de nuestra muestra es mas ácida que las de la bibliografía.

Cuadro N° 5. Resultados de densidad en muestra de arcilla de Ilobasco.

Nº de análisis de muestra (ρ = densidad)	Resultado (g / cm ³)
ρ_1	1.81
ρ_2	2.22
ρ_3	1.66
Promedio	1.90
S	0.24
CV	12.60%

El resultado obtenido de densidad es de 1.9 g / cm³ el cual se encuentra dentro del rango especificado de densidad para arcillas que es de (1.8 g / cm³ – 2.6 g / cm³) de acuerdo al método realizado (11).

Cuadro N° 6. Minerales identificados por Difracción de Rayos X de acuerdo al Espectro de la muestra de arcilla

Mineral arcilloso	Composición química	Porcentaje (%)
Saponita	(Mg _{2.92} Fe ⁺³ Fe ⁺²)(Si _{3.40} Al _{.60})O ₁₀ (OH) ₂	50 - 60%
Caolinita	Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈ Al ₂	35 - 40%
Illita	KAl ₂ (AlSi ₂ O ₈)(H ₂ O)	3 - 5%
Cuarzo	SiO ₂	5 - 7%

En la determinación de composición mineralógica de muestra de arcilla de acuerdo a clasificación de arcillas se observa un 50-60% de saponita

predominante en la muestra la cual es perteneciente al grupo de las montmorillonitas. Se observa también que es una mezcla de saponita, caolinita, illita y cuarzo, lo cual se confirma con el espectro de difracción de Rayos X donde las señales correspondientes a la saponita son las señales características de este tipo de arcilla.

Resultado de concentración de Cromo en arcilla natural: 101 ppm (Ver Anexo 10)

Se observa en el análisis de absorción atómica en muestra de arcilla recolectada el contenido de cromo reportándose una concentración de 101 ppm demostrando afinidad hacia este metal.

Cuadro N° 7. Determinación de capacidad de retención de Cromo en muestras de arcilla (Ver Anexo 12)

Alícuota de 5 mL aforado a 100 mL								
Muestra	M ₁ pura: 791 mg/L Ci*: 39.55 mg/L				M ₂ tratada: 527 mg/L Ci*: 26.35 mg/L			
Cantidad de arcilla	Código de muestra	Resultado Cf** (mg/L)	Ci-Cf (mg/L)	% de Cromo absorbido	Código de muestra	Resultado Cf** (mg/L)	Ci-Cf (mg/L)	% de Cromo absorbido
1	M ₁ - A	5.95	33.60	84.95	M ₂ - A	7.68	18.67	70.85
2	M ₁ - B	1.68	37.87	95.75	M ₂ - B	6.13	20.22	76.73
3	M ₁ - C	0.60	38.95	98.48	M ₂ - C	0.43	25.92	98.36
4	M ₁ - D	0.66	38.89	98.33	M ₂ - D	2.05	24.30	92.22
5	M ₁ - E	0.13	39.42	99.67	M ₂ - E	3.24	23.11	87.70
Alícuota de 10 mL aforado a 100 mL								
Muestra	M ₁ pura: 791 mg/L Ci*: 79.10 mg/L				M ₂ tratada: 527 mg/L Ci*: 52.7 mg/L			
Cantidad de arcilla	Código de muestra	Resultado Cf** (mg/L)	Ci-Cf (mg/L)	% de Cromo absorbido	Código de muestra	Resultado Cf** (mg/L)	Ci-Cf (mg/L)	% de Cromo absorbido
1	M ₁ - F	22.13	56.97	72.02	M ₂ - F	21.96	30.74	58.33
2	M ₁ - G	11.02	68.08	86.07	M ₂ - G	11.69	41.01	77.82
3	M ₁ - H	1.93	77.17	97.56	M ₂ - H	3.28	49.42	93.77
4	M ₁ - I	0.94	78.16	98.81	M ₂ - I	3.79	48.91	92.80
5	M ₁ - J	0.16	78.94	99.79	M ₂ - J	2.65	50.05	94.97

* Ci: concentración inicial ** Cf: concentración final

Ci para alícuota de 5mL (Ejemplo con M₁ – A)

Ejemplo de cálculo: Muestra 1-A (M1-A)

5 mL → 100 mL + 1g de arcilla

Concentración muestra madre: 791 mg/L

Lectura concentración inicial: 39.55 mg/L

Lectura concentración final: 33.60 mg/L

$$\frac{791\text{mg}}{1\text{L}} \left| \frac{1\text{L}}{1,000\text{mL}} \right| \frac{5\text{mL}}{100\text{mL}} = 0.03955 \text{ mg/mL} = 3.955 \text{ mg/100mL}$$

$$3.955 \text{ mg} \quad \text{—————} \quad 100 \text{ mL}$$

$$X \quad \text{—————} \quad 1,000 \text{ mL}$$

$$X = 39.55 \text{ mg/L}$$

39.55 mg/L – 5.95 mg/L = 33.60 mg/L consumidos por la arcilla

Porcentaje de cromo absorbido por arcilla:

$$39.55 \text{ mg/L} \quad \text{—————} \rightarrow \quad 100 \%$$

$$33.60 \text{ mg/L} \quad \text{—————} \rightarrow \quad X$$

$$X = \frac{33.60 \text{ mg/L} \times 100\%}{39.55 \text{ mg/L}} = 84.95\%$$

Cuadro N° 8. Cantidad de cromo retenido (mg) por gramo de arcilla.

mg Cr / g arcilla						
Cantidad de muestra de arcilla utilizada: 5g						
Muestra	Ci (mg/L)	mg de Cr	mg de Cr final	mg de Cr retenido	mg de Cr / g de arcilla	mEq de Cr / 100g de arcilla
M ₁ - E	39.55	3.95	0.013	39.53	7.91	45.61
M ₂ - E	26.35	2.63	0.324	26.03	5.21	30.00
M ₁ - J	79.10	7.91	0.016	79.08	15.78	91.02
M ₂ - J	52.70	5.27	0.265	52.43	10.01	57.74

Ejemplo de cálculo: Muestra (M₁ – E)

5 mL —————→ 100 mL + 5 g de arcilla

Concentración muestra madre: 791 mg/mL

Resultado: 0.13 mg / L

Concentración inicial: 39.55 mg de Cromo

$$\frac{0.13\text{mg}}{1\text{L}} \left| \frac{1\text{L}}{1,000\text{mL}} \right| \frac{100\text{mL}}{100\text{mL}} = 0.013 \text{ mg de Cr}$$

39.55 mg de Cr – 0.013 mg de Cr = 39.537 mg de Cr

$$\frac{39.537 \text{ mg de Cr}}{5 \text{ g de arcilla}} = 7.9074 \text{ mg de Cr / g de arcilla}$$

Ejemplo de cálculo: Muestra (M₂ – E)

5 mL → 100 mL + 5g de arcilla

Concentración muestra madre: 527 mg / L

Resultado: 3.24 mg / L

Concentración inicial: 26.35 mg de Cromo

$$\frac{3.24\text{mg}}{1\text{L}} \left| \frac{1\text{L}}{1,000\text{mL}} \right| \frac{100\text{mL}}{100\text{mL}} = 0.324 \text{ mg de Cr}$$

26.35 mg de Cr – 0.324 = 26.026 mg de Cr

$$\frac{26.026 \text{ mg de Cr}}{5 \text{ g de arcilla}} = 5.2052 \text{ mg de Cr / g de arcilla}$$

mEq/100 g de arcilla

$$\text{P}_{\text{eq}} = \frac{\text{PM}}{\text{valencia}} = \frac{52.01\text{g/mol}}{3} = 17.3367$$

$$\text{mEq} = \frac{\text{mg}}{\text{P}_{\text{Eq}}} = \frac{5.2052\text{mg}}{17.3367} = 0.3 \text{ mEq}$$

0.3 mEq ——— 1g de arcilla

X ——— 100g de arcilla

X = 30mEq / 100g de arcilla

Cuadro N° 9. Resultados en porcentaje de cromo absorbido de acuerdo a cantidades de arcilla utilizada.

X	gramos de arcilla (g)	1	2	3	4	5
Y1	% cromo absorbido (Muestra 1 alícuota de 5mL)	84.95	95.75	98.48	98.33	99.67
Y2	% cromo absorbido (Muestra 2 alícuota de 5mL)	70.85	76.73	98.36	92.22	87.70
Y3	% cromo absorbido (Muestra 1 alícuota de 10mL)	72.02	86.07	97.56	98.81	99.79
Y4	% cromo absorbido (Muestra 2 alícuota de 10mL)	58.33	77.82	93.77	92.80	94.97

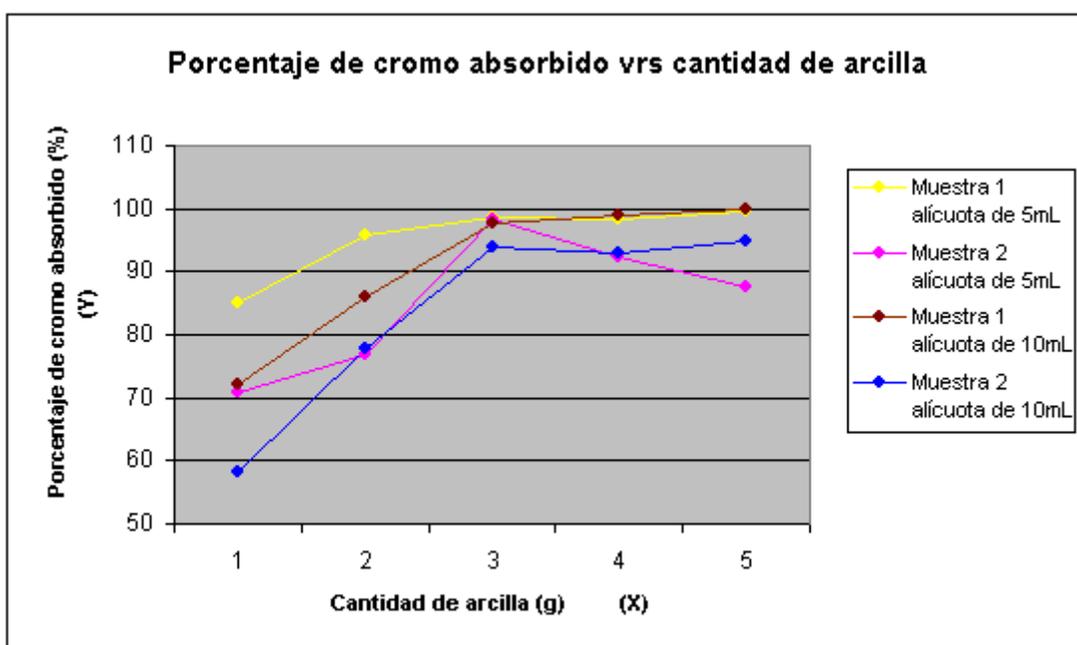


Figura N° 6: Porcentaje de cromo absorbido vrs cantidad de arcilla

Realizando extrapolación se obtiene la ecuación a la cual pertenecen las tendencias dando como resultado el valor o cantidad de arcilla necesaria para remover al 100% el cromo contenido en las muestras de agua residual.

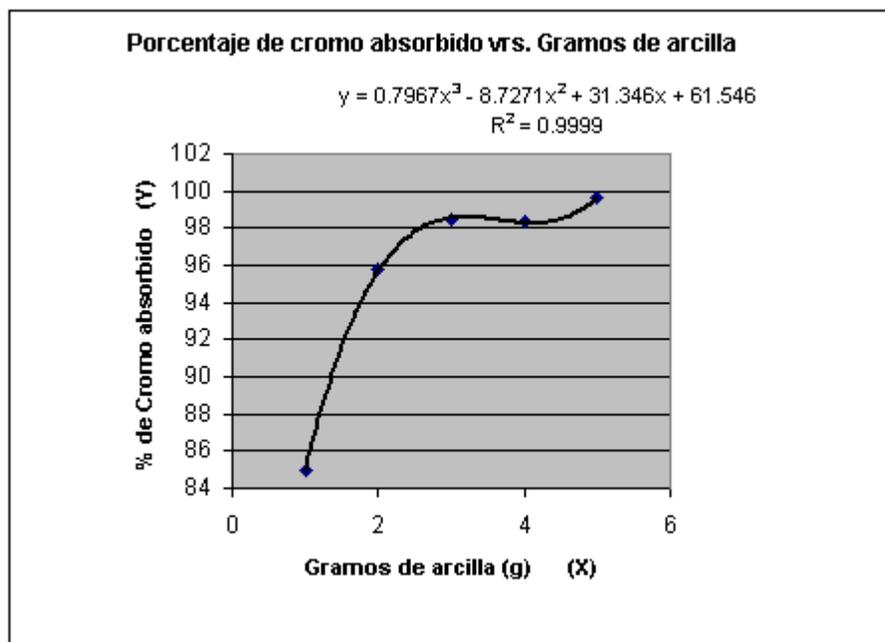


Figura N° 7. Determinación matemática de remoción de cromo total. (De acuerdo a valores de Y del gráfico N°2)

En el gráfico se observa que la cantidad de cromo removido es directamente proporcional a la cantidad de arcilla, lo cual por medio de ecuación matemática se ajustan los datos de acuerdo a valores de Y del gráfico 2 determinando lo máximo que la arcilla puede retener con un $R = 0.9999$

Puede observarse que la capacidad de retención de la arcilla de 91.02 mEq/100 g de arcilla está dentro de rango de arcillas bentoníticas 80 – 200mEq/100g de arcilla de acuerdo a bibliografía⁽⁹⁾.

Cuadro N° 10. Resultados de tratamiento de muestras de agua residual con cantidad determinada de arcilla para remoción de cromo total.

Cantidad de arcilla: 25 gramos				Volumen de muestra: 100 mL		
Código de la muestra	Punto de muestreo	Resultado de Ci mg/L	Resultado de Cf mg/L	Cantidad de cromo absorbido mg/L	Porcentaje de cromo removido (%)	mEq Cr / 100g de arcilla
040201	1	1985.2	1518.5	466.7	23.5	107.70
040202	2	319.6	55.5	264.1	82.6	61.14
040203	1	2100.0	1569.0	531.1	25.3	122.28
040204	2	83.0	72.4	10.6	12.7	2.30
040205	2	84.1	51.9	32.2	38.3	7.50
040206	1	1672.7	1388.1	284.6	17.0	65.75
040914	1	1000.0	156.3	843.7	84.4	194.38
040915	2	18.75	0.02 µg/L *	18.74998	99.9	4.32

Ci: Concentración inicial, Cf: Concentración final, *: No detectable por Absorción Atómica de llama, se realiza Absorción Atómica por Horno de grafito µg/mL.

Cálculos:

Ejemplo con muestra 040201:

Cantidad de Cromo absorbido (mg / L) = Ci – Cf

Ci – Cf

(1985.2 – 1518.5) g/L = 466.7 g/L

porcentaje de cromo removido(%)

1985.2 ——— 100%

466.7 ——— X

X= 23.5 %

mg Cr / g de arcilla

466.7 / 25 = 18.67 mg Cr / g de arcilla

En mEq de Cr / 100g de arcilla:

$$P_{eq} = \frac{PM}{valencia} = \frac{52.01g/mol}{3} = 17.3367$$

$$mEq = \frac{mg}{PEq} = \frac{18.67mg}{17.3367} = 1.076 \text{ mEq}$$

1.076 mEq ——— 1g de arcilla

X ——— 100g de arcilla

X = 107.7mEq / 100g de arcilla

Se puede observar que los porcentajes de reducción de cromo total en las muestras de agua residual varían de 12.7% a 99.9% con un promedio de reducción de 48% (n=8). Las variaciones pueden deberse constituyentes de agua residual muestreada a distintas horas o días de proceso de curtiembre.

Los resultados de porcentaje de cromo absorbido por la arcilla se diferencia entre una muestra y otra, ya que la muestra de arcilla obtenida no es pura y la muestra de agua residual esta constituida de matrices complejas en donde pueden existir elementos diferentes al cromo y mas afines a los espacios interlaminares cargados de la arcilla.

La arcilla no es pura porque contiene diferentes grupos de minerales dentro de los cuales se encuentra la saponita, la caolinita, mica y cuarzo considerado un material no arcilloso y contienen matrices complejas como pelos, grasas y productos químicos disueltos, proteínas que pudieron ocupar los iones intercambiables de la arcilla y dificultar la retención del metal.

CAPITULO VI.
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. Del espectro de Difracción de rayos X se concluye que la arcilla de Ilobasco es una mezcla de saponita (50-60)%, caolinita (35-40)%, Illita (3-5)% y cuarzo (5-7)%.
2. El porcentaje de humedad obtenido es un valor bajo con respecto a las referencias, ello se debe a el proceso previo de secado en la muestra de arcilla pues se produjo la eliminación del agua tanto en la superficie como en los espacios interlaminares de la partícula de la arcilla.
3. Con la información bibliográfica estudiada se puede verificar que existe una relación inversa entre el tamaño de partícula y la superficie específica. La pendiente en la superficie específica nos da la sensibilidad del método.
4. El espectro de difracción de Rayos X confirma la composición mineralógica de la arcilla y su utilidad como un buen absorbente e intercambiador catiónico para la remoción no solo de cromo sino también de otros metales.
5. La arcilla por su estructura química, contiene cromo y se determinó que su capacidad de retención puede llegar hasta 194.38 mEq de cromo/g de arcilla y porcentajes de remoción de cromo del 99.9 % por lo que se concluye que es

un buen intercambiador de cromo y útil en la eliminación de este metal en aguas residuales de curtiembre.

6. La aplicación del tratamiento de arcilla en agua residual de curtiembre, permite significativamente la reducción de cromo total lo que contribuye a disminuir su concentración en los cuerpos receptores, evitando los efectos acumulativos en los seres vivos.

CAPITULO VII.
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Realizar en estudios posteriores con arcilla además de los procesos físicos de secado, molido y tamizado; procesos de limpieza, con el fin de eliminar arena u otra clase de partículas que puedan interferir en la determinación de propiedades físico-químicas de las arcillas. Es conveniente el uso de otros métodos para refinamiento y mayor pureza de muestra arcillosa.
2. Estudiar la composición de la matriz compleja de la cual está compuesta el agua residual muestreada, para obtener una mejor apreciación del intercambio catiónico de la arcilla en contacto con la muestra de agua residual en la remoción de algún metal o catión.
3. Dar continuidad al estudio del uso de arcilla de llobasco en el tratamiento de aguas residuales de curtiembres ya que es un buen intercambiador catiónico y elimina un alto porcentaje de Cromo en dichas muestras de agua.
4. Investigar las propiedades de las diferentes arcillas existentes en distintos puntos del país en donde se encuentran yacimientos de las mismas, para que puedan ser utilizadas en los tratamientos de aguas residuales que contaminan el medio ambiente.

5. Estudiar la forma de recuperar el cromo de la arcilla y reciclarlo al proceso de curtiembre, así como también investigar los posibles usos de la arcilla modificada.

6. Estudiar la separación de los componentes de la arcilla y desarrollar métodos que permitan obtener la bentonita pura, la cual posee excelentes propiedades para múltiples utilidades como son, sistemas de clarificación de aguas, aceites, absorbente de sustancias tanto orgánicas e inorgánicas, etc.

GLOSARIO

GLOSARIO⁽¹⁴⁾

Absorción: penetración de las moléculas de un flujo en un sólido.

Adsorción: Atracción y retención en la superficie de una partícula de moléculas o iones de una materia en estado líquido.

Anfótero: compuesto químico capaz de disociarse como ácido o como base.

Capilaridad: elevación o descenso del nivel de un líquido en el interior de un tubo capilar sumergido en el mismo.

Colágeno: proteína fibrosa componente intersticial de los tejidos cartilaginoso y óseo.

Difracción: fenómeno que se produce cuando un tren de ondas encuentra un obstáculo de dimensiones del orden de su longitud de onda.

Goniómetro: instrumento para medir ángulos.

Isoterma: línea geométrica de los puntos de un sistema que poseen igual temperatura.

Meteorización: conjunto de cambios físicos y químicos producidos en las rocas y en los relieves de la superficie terrestre por acción de los agentes atmosféricos.

Taninos: sustancia que se halla presente principalmente en la corteza de muchos árboles y se utiliza como astringente, en tintorería y en el curtido de pieles.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. Carroll Dorothy, Clayminerals. A Guide to their X-ray Identification. U.S. Geological Survey, HemloPark, California. 1978.
2. Cento, Enrique y otros. XX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 22-28 de noviembre de 1992,. Sistemas no convencionales de curtiembre, recurtición y tratamiento de aguas residuales que garantizan la eliminación del cromo y fenoles de los efluentes teneros. La Habana, Cuba, 1992
3. Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. 7ma. Edición. Tomo I, México, 2000.
4. CONACYT. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Propuesta de Norma Salvadoreña. N.S.O. 13.07.03:02.
5. Cook, T.d.; Reichardt, ch. S. Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa, 1ª edición, Ediciones Morata, S.A., España, 1986.
6. Echavarría Isaza, A. Uso de bentonitas en aguas residuales de curtiembres para la remoción de cromo (III). <http://www.iofes.gov.co/revistas/recolqui/982701/te.html>. (Fecha de consulta del artículo: 24-01-2003).
7. Fabrè R. Truhaut R. Tratado de Toxicología. Tomo 2. PARANINFO S.A. Madrid, España. 1977.
8. Hernández Santamaría, V. 2002. Análisis químico y mineralógico de materia prima de diversas regiones de El Salvador y su formulación para su uso en

- cerámica fina. Tesis. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
9. García Romero E. y otros. Las arcillas : Propiedades y Usos. [http: www. uclm. es / users / higueras / yymm / arcillas. html](http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.html) (Fecha de consulta: 26-12-2002).
 10. IPCS. (International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 61. Chromium). Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme the International Labour Organization and the World Health Organization. World Health Organization Geneva, 1988.
 11. Martín, N. Alfred. Principios de Físico – Química para Farmacia y Biología. 1ra. Edición . Editorial Alambra, S.A. Madrid, España, 1967.
 12. Mc.Cabe Warren y otros. Operaciones básicas de Ingeniería Química. Vol. II. Editorial Reverté. España, 1975.
 13. MERCK. Reactivos Diagnostica. Productos químicos. E. Merck Daimstadt. 1992/93.
 14. Molina Torres, A. y otros. Cuantificación de cromo como contaminante en las aguas de ríos próximos a tenerías en El Salvador. Tesis. San Salvador, El Salvador, Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. 1995.
 15. Océano Equipo Editorial. Diccionario enciclopédico Océano Uno Color. Editorial Océano, 1996.
 16. Pinzón Bello, J. A. Superficie específica de una bentonita mediante la adsorción de azul de metileno. Revista Colombiana de Química, vol. 26, Nº 1. Colombia. 1997.

17. Pontius W. Frederick. American Waterworks Association Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Supplies. Fourth edition Mc. Graw – Hill Inc.
18. Stein V. Minerales no metálicos, rocas y suelos de uso industrial en la República de El Salvador. Servicio Geológico Federal de Alemania en El Salvador, Hamover, 1973.
19. Silva Giraldo,G. y otros. Estudio de la absorción de Cadmio, Niquel y Zinc sobre una bentonita natural y homoiónica de Sodio. Revista colombiana de Química, Vol. 28, Colombia, 1999
20. Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA.AWWA.WPCF. 16 th edition Washington, D.C. 1985.
21. USP 25. The United States Pharmacopeia. United States Pharmacopeial Convention, INC. 2002.
22. Vila Jato José Luis. Tecnología Farmacéutica. Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas. Vol. 1. Editorial SÍNTESIS. 2001.

ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 11. Comparación de la composición mineralógica de diferentes tipos de arcilla con la arcilla de Ilobasco (8).

Mineral arcilloso	PORCENTAJES (%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Caolinita	45-48	38-40	-	-	-	-	-
<u>Montmorillonita</u> (Saponita)	42-55	0-28	0-30	0-3	0-2.5	0-0.5	0-3
Arcilla de Ilobasco, Colonia El Siete (7)	69.62	12.77	2.40	2.04	0.58	2.74	3.92

ANEXO 2

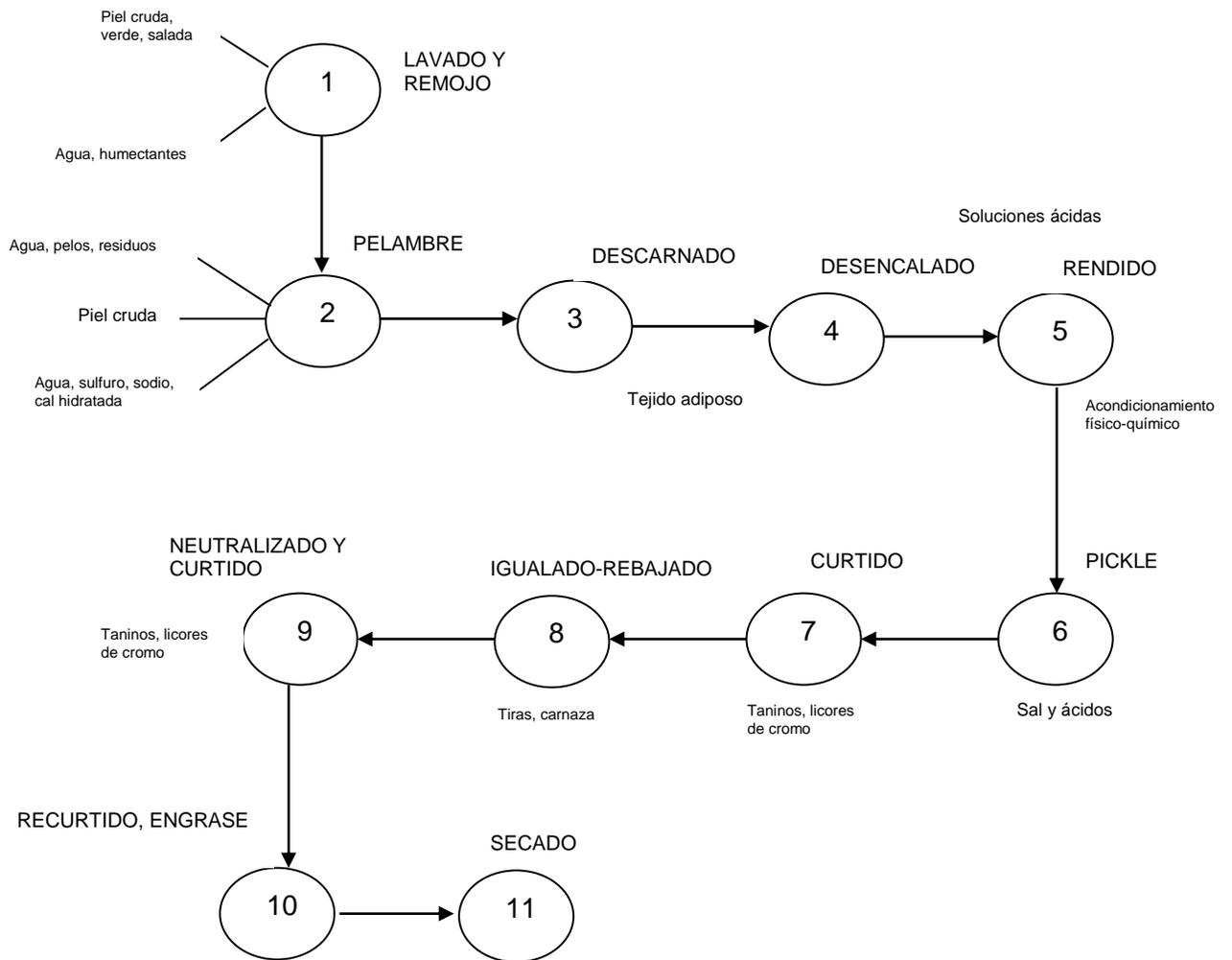


Figura 8. Proceso de curtiembre

ANEXO 3

Cuadro 12. Propiedades físico-químicas de los estados de oxidación del cromo⁽¹⁰⁾.

Estado de Oxidación	Óxido	Hidróxido	Nombre	Acido/ Básico	Sal Relacionada	Nombre
+2	CrO Negro Óxido de cromo (II)	Cr(OH) ₂	Hidróxido de cromo(II)	Básico	CrCl ₂ Anhidro incoloro Aq. Azul claro	Cloruro de cromo(II)
+3	Cr ₂ O ₃ Verde Óxido crómico	Cr(OH) ₃	Hidróxido de cromo(III)	Anfótero	CrCl ₃ Anhidro violeta Aq. Verde KCrO ₂ verde	Cloruro de cromo(III) Cromito potásico
+6	CrO ₃ Rojo oscuro Anhídrido de cromo	H ₂ CrO ₄ o [CrO ₂ (OH) ₂] H ₂ Cr ₂ O ₇ o [Cr ₂ O ₅ (OH) ₂]	Ácido crómico Ácido dicrómico	Débilmente ácido Ácido	K ₂ CrO ₄ Amarillo K ₂ Cr ₂ O ₇ naranja	Cromato potásico Dicromato potásico

ANEXO 4

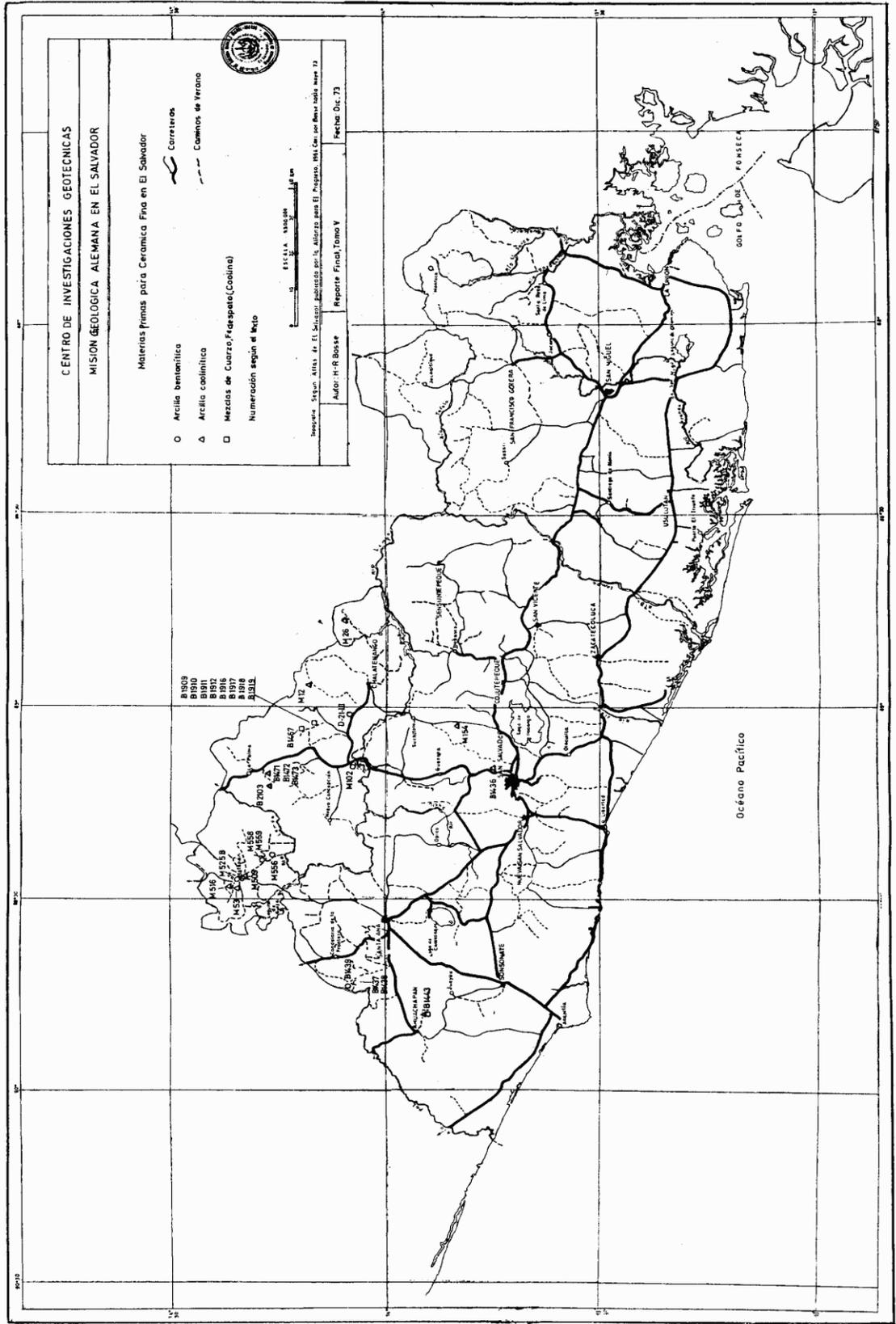


Figura 9. Mapa de yacimientos de arcilla en El Salvador

ANEXO 5



ILOBASCO

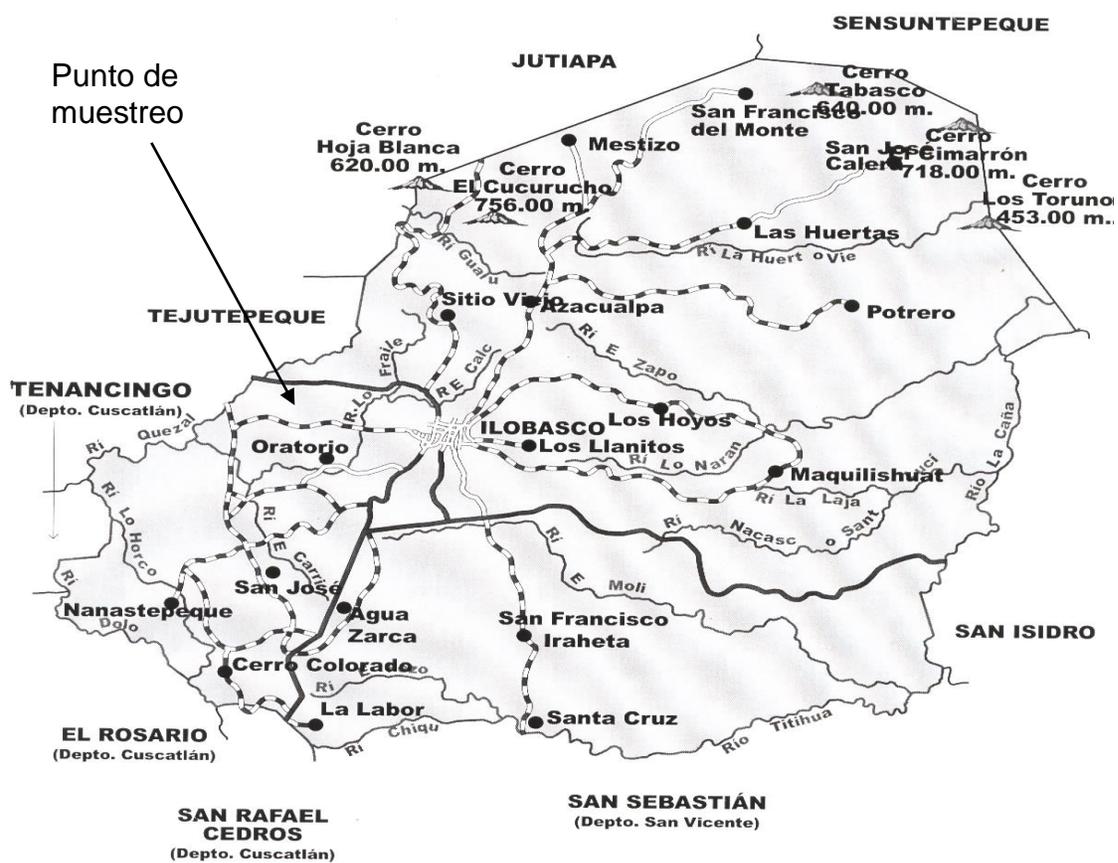


Fig. 10 . Punto de muestreo de arcilla en Zona de Ilobasco, Col. El Siete

ANEXO 6

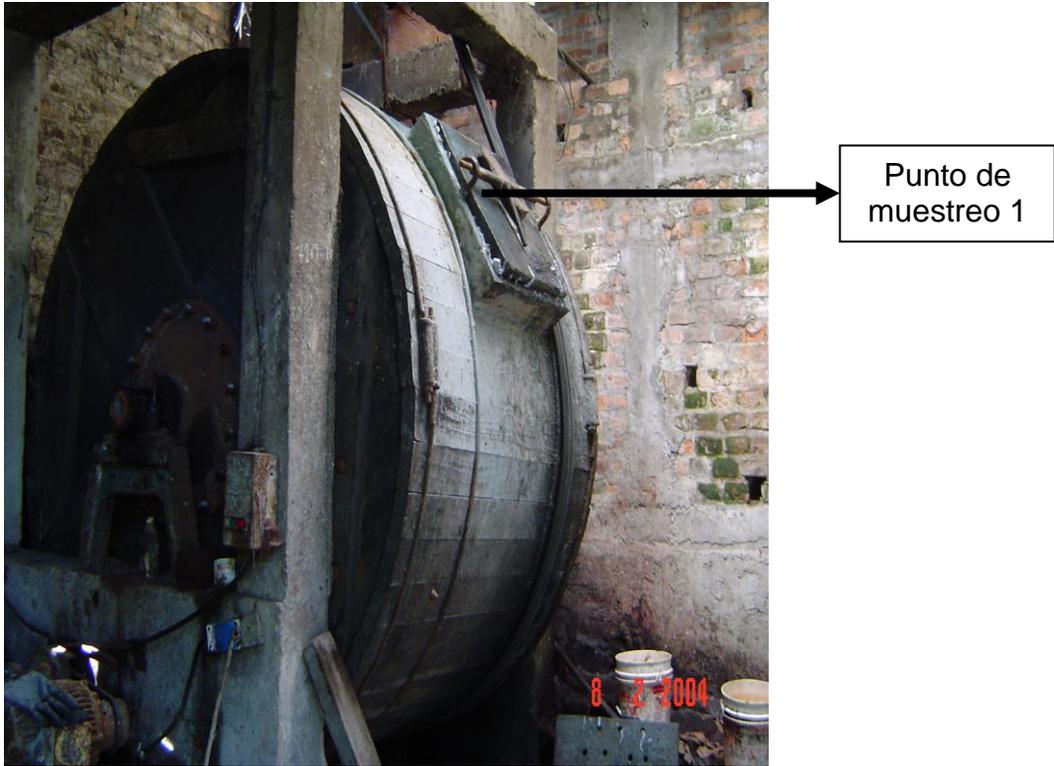


Figura 11. Punto 1 de muestreo de agua residual de curtiembre (batán)

Punto de
muestreo 2

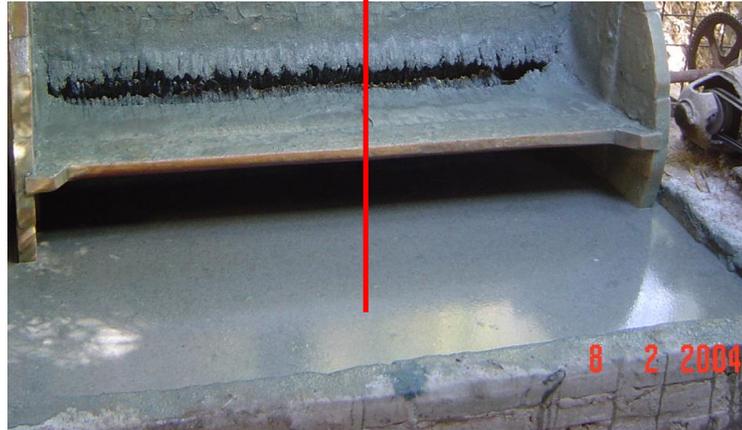


Figura 12. Punto 2 de muestreo (Vista frontal)

Punto de
muestreo 2



Figura 13. Punto 2 de muestreo (Vista lateral)

ANEXO 7

Relación entre los Tamices de la serie UNE 7050 y los de las principales series extranjeras

N.º referencia	ESPAÑA	ALEMANIA			U. S. A.				INGLATERRA		FRANCIA	U. R. S. S.	INTERNA- CIONAL
	UNE 7050 Luz de malla m/m.	DIN 1171 Luz de malla m/m.	N.º	DIN 4148 Luz de malla m/m.	ASTM Luz de malla m/m.	N.º	TYLER Luz de malla m/m.	N.º	BS 410 Luz de malla m/m.	N.º	AFNOR XII-501 Luz de malla m/m.	GOST Luz de malla m/m.	ISO-TC 24 Luz de malla m/m.
50	25	—	—	25	25,4	1	—	—	25,4	1	—	—	—
51	—	—	—	—	22,2	7/8	22,43	—	22,23	7/8"	—	—	22,4
52	20	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	—	—	—	18	19,1	3/4	18,85	—	19,05	3/4"	—	—	—
54	16	—	—	16	15,9	5/8	15'9	—	15,88	5/8"	—	—	16
55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	12,5	—	—	12,5	12,7	1/2	12'5	1/2	12,7	1/2"	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	10	10	—	10	—	—	9'52	3/8	—	—	—	—	—
59	—	—	—	—	9,51	3/8	—	—	—	—	—	—	—
60	8	8	—	8	7,93	—	7,923	2,5	—	—	—	—	8
61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	6,3	6	—	6,3	6,35	3	6'35	3	6,35	3	6	—	—
63	—	—	—	—	5,66	3,5	5'66	3 1/2	—	—	—	—	—
64	5	5	—	5	—	—	—	—	—	—	5	—	5
65	—	—	—	—	4,76	4	4'75	4	—	—	—	—	—
66	4	4	—	4	4	5	3,962	5	—	—	4	—	4
67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
68	3,2	3	—	3,15	3,36	6 x	3'35	6	3,18	1/8"	3,15	—	—
69	—	—	—	—	2,83	7	2,794	7	2,812	6	—	—	2,8
70	2,5	2,5	—	2,5	2,38	8	2,362	8	2,411	7	2,5	2,5	—
71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
72	2	2	3	2	2	10	1,981	9	2,057	8	2	2	2
73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	1,6	—	—	1,6	1,68	12 x	1,651	10	1,6	10	1,6	1,6	—
75	—	1,5	4	—	1,41	14	1,397	12	1,405	12	—	—	1,4
76	1,25	—	—	1,25	—	—	—	—	—	—	1,25	1,25	—
77	—	1,2	5	—	1,19	16	1,168	14	1,204	14	—	—	—
78	1	1	6	1	1	18	0,991	16	1,003	16	1	1	1
79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	0,80	—	—	0,80	0,84	20 x	0,833	20	0,83	18	0,8	0,8	—
81	—	0,75	8	—	0,71	25	0,701	24	0,699	22	—	0,7	0,71
82	0,63	0,6	10	0,63	0,59	30 x	0,589	28	—	—	0,63	0,63	—
83	—	0,54	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
84	0,50	0,50	12	0,50	0,50	35	0,495	32	0,50	30	0,50	0,50	0,50
85	—	0,43	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
86	0,40	0,40	16	0,40	0,42	40 x	0,417	35	0,422	36	0,4	0,4	—
87	—	—	—	—	0,35	45	0,351	42	0,353	44	—	0,355	0,355
88	0,32	0,3	20	0,315	0,297	50 x	0,294	48	—	—	0,315	0,315	—
89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90	0,25	0,25	24	0,25	0,25	60	0,246	60	0,251	60	0,25	0,25	0,25
91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
92	0,20	0,20	30	0,20	0,210	70 x	0,208	65	0,211	72	0,2	0,2	—
93	—	—	—	—	0,177	80	0,175	80	0,178	85	—	0,18	0,18
94	0,160	—	—	0,160	—	—	—	—	—	—	0,160	0,160	—
95	—	0,150	40	—	0,149	100 x	0,147	100	—	—	—	—	—
96	0,125	—	—	0,125	0,125	120	0,124	115	0,124	120	0,125	0,125	0,125
97	—	0,120	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
98	0,100	0,100	60	0,100	0,105	140 x	0,104	150	0,104	150	0,100	0,100	—
99	—	0,090	70	0,090	0,088	170	0,088	170	0,089	170	—	0,090	0,090
100	0,080	—	—	0,080	—	—	—	—	—	—	—	0,080	—
101	—	0,075	80	0,071	0,074	200 x	0,074	200	0,076	200	—	0,071	—
102	0,063	0,060	100	0,063	0,062	230	0,062	230	—	—	—	0,063	0,063
103	—	—	—	0,056	—	—	—	—	—	—	—	0,056	—
104	0,050	0,050	110	0,050	0,053	270 x	0,053	270	0,053	300	0,050	0,050	—
105	—	0,045	—	0,045	0,044	325	0,043	325	0,044	350	—	0,045	0,045
106	0,040	0,040	130	0,040	—	—	—	—	—	—	0,040	—	—
107	—	0,037	150	—	0,037	400	0,037	400	—	—	—	—	—

x Tamices AFA en la serie ASTM

Luces de malla especiales en telas de Nylon: 0,0350,0,0300,0,0280,0,0250,0,0230,0,0200,0,0120,0,0100,0,005 m/m.

Cuadro 13. Relación de malla mesh de algunas escalas de tamices de uso frecuente.

ANEXO 8

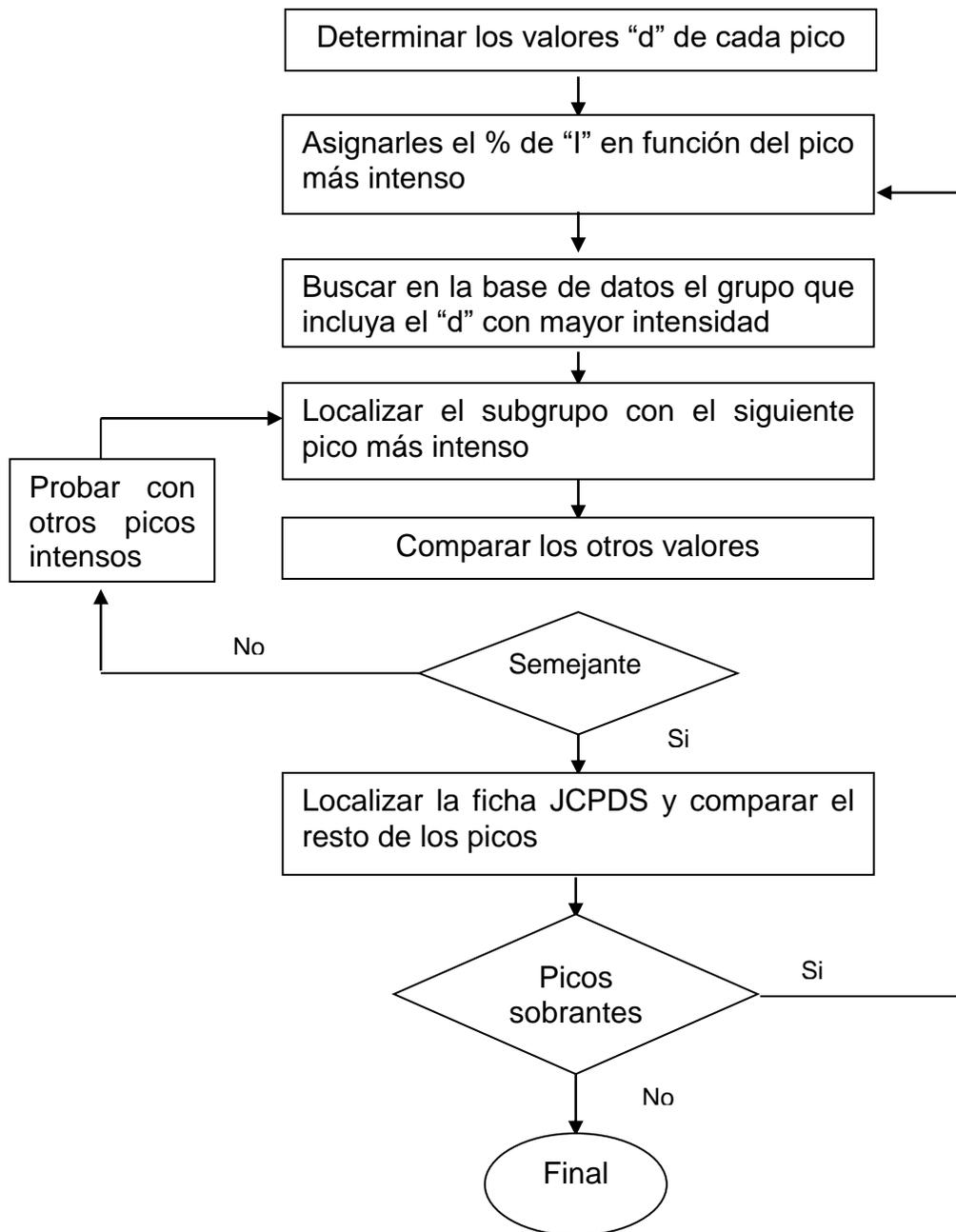


Figura 14. Esquema de método HANAWALT para la identificación de compuestos cristalinos por difracción de Rayos X.

ANEXO 9

**RESULTADO DE ANALISIS
ARCILLA PURIFICADA**

No	Angulo	Cuenta	d	I _r	Mineral
1	5.7015	1784	15.501	100	Saponita
2	8.6993	586	10.165	33	Illita
3	12.0979	1267	7.316	71	Caolinita
4	19.8364	455	4.476	26	Caolinita
5	20.8124	413	4.268	23	Cuarzo
6	21.893	483	4.06	27	Illita
7	24.7862	869	3.592	49	Saponita
8	26.5989	447	3.351	25	Cuarzo
9	33.8842	274	2.646	15	Saponita
10	34.9648	309	2.566	17	Saponita
11	37.4571	294	2.401	16	Saponita
12	31.962	293	2.37	18	Caolinita

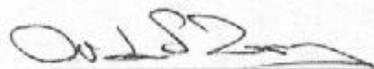
ARCILLA PURIFICADA GLICOLADA

No	Angulo	Cuenta	d	I _r	Mineral
1	5.0741	1647	17.416	100	Saponita (g)
2	12.0979	1235	7.316	75	Caolinita
3	15.4269	388	5.744	24	Saponita (g)
4	19.8713	463	4.468	28	Caolinita
5	20.8124	472	4.268	29	Cuarzo
6	21.8756	495	4.063	30	Illita
7	24.8037	1053	3.59	64	Saponita (g)
8	25.5531	709	3.486	43	Saponita (g)
9	26.4246	512	3.373	31	Saponita (g)
10	35.1914	333	2.55	20	Saponita (g)

MINERALES IDENTIFICADOS

Saponita	$(Mg_{2.92} Fe^{+3}Fe^{+2}_{.03})(Si_{3.40}Al_{.60})O_{10}(OH)_2$	50-60 %
Caolinita	$Si_4O_{10}(OH)_8Al_2$	35-40 %
Illita	$KAl_2(AlSi_2O_8)(H_2O)$	3-5 %
Cuarzo	SiO_2	5-7 %

Nota: Los valores porcentuales que se dan para cada mineral es una valoración en base a la intensidad relativa de los picos principales y su área, estos valores representan unicamente una estimación de las cantidades de un mineral respecto a los otros contenidos en la muestra. De ninguna manera se puede considera como análisis cuantitativo ya que son muchos los factores que inciden sobre la obtención del espectro.



Lic. Aida Santana de Zamora

Laboratorio Difracción de Rayos X

Centro de Investigacione y Aplicaciones Nucleares (CIAN-FIA-UES)

ANEXO 10

Ciudad Universitaria, 31 de Julio de 2003

*Bachilleres
Sara Cardona Burgos
Claudia Barraza Ventura
Presente*

Por este medio y de la manera más atenta, le estoy reportando los resultados de Análisis Arcilla Natural; con número de entrada 129; y fecha 21 de Julio del 2003.

Nº de Lab.	Identificación de la Muestra	Cromo (Cr) ppm
129	Arcilla Natural	101.0

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para saludarle.

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"


Dra. Francisca Cañas de Moreno
Jefe del Departamento de Química Agrícola



**ddea.
c.c.: Archivo.*

ANEXO 11



24 de mayo de 2004

Señores

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
Presente.

Attn. Lic. Odette Rauda.

Remito el procedimiento para análisis de Cromo Total por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica utilizado por el Laboratorio Geoquímico de nuestra empresa.

Por confidencialidad de nuestro Sistema de Aseguramiento de Calidad, no podemos entrar en detalles de nuestro Método, pero se ha plasmado lo importante y necesario para entender el principio bajo el cual opera nuestra técnica.

Las muestras analizadas fueron preservadas en refrigeración durante su traslado y almacenamiento hasta la fecha en la que se realizó el análisis. Asimismo se acidificaron con ácido nítrico concentrado a un pH menor o igual a dos garantizando de esta manera que los analitos se mantuvieran en solución dentro de la muestra.

Algunas de las muestras fueron diluidas automáticamente por el sistema de bombeo para introducción de muestras (SIPS-20) el cual es un accesorio incorporado de fábrica al espectrofotómetro de Absorción Atómica utilizado durante la realización de los análisis.

No omito manifestar que el Laboratorio Geoquímico de LaGeo S.A de C.V. cuenta con un Sistema de Aseguramiento de la Calidad que funciona bajo los lineamientos de la Norma NSR ISO/IEC 17025:1999 y a la fecha posee un certificado de acreditación para 10 técnicas.

Quedo a su disposición para cualquier consulta que desee realizar.

Atentamente,



Roberto Enrique Renderos
Coordinador de Laboratorio Químico

Título :

DETERMINACION DE CROMO TOTAL POR MÉTODO DE LLAMA.

Método :

Espectrofotometría de Absorción Atómica.



1. Referencias :

1. Método de Llama 3111-B, Espectrometría de Absorción Atómica, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition 1995.
2. Análisis Instrumental, Skoog/Leary, Cuarta Edición, McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., edición 1994.
3. Método modificado de Varian Company (1997), Spectraa 220, versión 2.10FS, cookbook, Atomic Absorption, Varian Australia.

2. Aplicación :

Este método es utilizado para la determinación de Cromo en aguas, dichas muestras deberán ser filtradas y acidificadas (pH 1.2-1.5) antes de proceder a su análisis por espectroscopía de absorción atómica, con un tipo de llama acetileno/aire, en un rango de concentración de 0.5 hasta 20.0 mg/L cuando se utiliza una longitud de onda de 358.0 nm. Este rango puede ser extendido si se realizan las respectivas diluciones.

3. Materiales y Equipo :

- 4.1 Espectrofotómetro de Absorción Atómica
- 4.2 Lámpara de cátodo hueco de cromo
- 4.3 Frascos volumétricos de 50, 100, 200 mL.
- 4.4 Frascos plásticos de 500 mL.
- 4.5 Papel filtro Whatman No. 42.
- 4.6 Sistema de bombeo para introducción y autodilución de muestras(SIPS-20), accesorio, es utilizado para la dilución de las muestras.



4. Reactivos y Estándar :

- 4.1 Ácido nítrico concentrado HNO_3 , el cual es usado para acidificar las muestras.
- 4.2 Gas acetileno industrial: Acetona esta siempre presente dentro de los cilindros de acetileno, el cual puede producir severos daños al equipo, por lo tanto se recomienda reemplazar el cilindro cuando se tiene un remanente de 80 psi de acetileno.
- 4.3 Compresor de aire, el cual debe ser purgado una vez por semana y tener un filtro en el sistema para remover agua, aceite y cualquier otro tipo de impurezas.
- 4.4 Agua deionizada acidificada: Adicionar 10 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado en 500 mL de agua deionizada.
- 4.5 Estándar de 1000 mg/L de cromo acidificado, los cuales pueden obtenerse comercialmente.
- 4.6 Soluciones estándar de trabajo: Preparar al menos cuatro estándares 1, 5, 10 y 20 ppm.
- 4.7 Preparación del blanco: Adicionar 2mL de ácido nítrico concentrado y llevar a un volumen de 100 mL con agua deionizada.

5. Procedimiento :

- 5.1 Optimizar el instrumento de acuerdo al manual de operaciones del mismo, tomando en cuenta todas las medidas de seguridad especificadas por el fabricante del equipo.
- 5.2 Lavar previamente el sistema de autodilución de muestras para eliminar cualquier tipo de contaminación en todo el sistema de bombeo.
- 5.3 Luego verificar la sensibilidad y estabilidad de la señal, utilizando el estándar más alto preparado para la curva de calibración.
- 5.4 Una vez estable, proceder a llevar a cero de absorbancia el equipo para luego realizar la curva de calibración.
- 5.5 Luego de realizar la calibración del equipo, proceder a leer un estándar como muestra. Aspirar muestra y leer la concentración.
- 5.6 Si la concentración de la muestra se encuentra fuera de los rangos de concentración de la curva de calibración, se procede a realizar la respectiva dilución, el cual queda a criterio del analista.

6. Cálculos :

- 6.1 Para muestras diluidas, el cálculo final en mg/L de cromo se realiza usando la siguiente ecuación (1) :
$$\text{mg/L cromo} = \text{concentración cromo leído por el equipo} \times \text{factor dilución.}$$

7. Aseguramiento de la Calidad/ Control de la Calidad :

- 7.1 Analizar un estándar entre cada curva de calibración, además de verificar que dicha curva sea de tipo lineal.
- 7.2 Recalibrar el equipo cada 14 muestras, verificando el porcentaje de error del estándar, entre el valor teórico y el valor obtenido por el equipo.
- 7.3 El porcentaje de error entre el valor de concentración determinado por el equipo y el valor teórico deberá de encontrarse en un rango de $\pm 5\%$.
- 7.4 En el caso de encontrarse los resultados fuera de este porcentaje de error debe realizar nuevamente la calibración partiendo desde el numeral 6.



ANEXO 12



Nueva San Salvador, 25 de Noviembre de 2003.

Informe número: 2003-0097

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Sritas. Sara Cardona / Claudia Barraza
- DIRECCION : Pasaje 7, Poligono C-6 No. 23, Urbanización Los Cipreses, Nueva San Salvador
- IDENTIFICACION DE MUESTRA : Agua residual de tenería
-CONDICIONES DE LA MUESTRA : Muestra acidificada.
- LUGAR DEL MUESTREO : N/A
- HORA DE MUESTREO : N/A
- PARAMETROS DE CAMPO : N/A
- MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
- FECHA DE ANALISIS : 24 de Noviembre 2003
- FECHA DE REPORTE : 25 de Noviembre 2003

Código Laboratorio	Punto de muestreo	Parámetro	Resultado	Expresado como	Método
2003-1801	M-1	Cromo Total	791.0	mg/L	1
2003-1802	M-1 A	Cromo Total	5.95	mg/L	1
2003-1803	M-1 B	Cromo Total	1.68	mg/L	1
2003-1804	M-1 C	Cromo Total	0.60	mg/L	1
2003-1805	M-1 D	Cromo Total	0.66	mg/L	1
2003-1806	M-1 E	Cromo Total	0.13	mg/L	1
2003-1807	M-1 F	Cromo Total	22.13	mg/L	1
2003-1808	M-1 G	Cromo Total	11.02	mg/L	1
2003-1809	M-1 H	Cromo Total	1.93	mg/L	1
2003-1810	M-1 I	Cromo Total	0.94	mg/L	1
2003-1811	M-1 J	Cromo Total	0.16	mg/L	1

NOTAS:

ppm : mg/l.

Los resultados reportados corresponden a la muestra indicada en procedencia.

Metodologías de Análisis :

1. Método modificado de Varian Company (1997), Spectraa 220, version 2.10FS, cookbook, Atomic Absorption, Varian Australia, Método de Llama 3111-B, Espectrometría de Absorción Atómica, APHA-AWWA-WEF, 19th Edition 1995., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). Washington, DC.

Atentamente,

Lic. Roberto Renederos
Coordinador Laboratorio Geoquímico



INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE	:	Sritas. Sara Cardona / Claudia Barraza
- DIRECCION	:	Pasaje 7, Polígono C-6 No. 23, Urbanización Los Cipreses, Nueva San Salvador
- IDENTIFICACION DE MUESTRA	:	Agua residual de tenería
-CONDICIONES DE LA MUESTRA	:	Muestra acidificada.
- LUGAR DEL MUESTREO	:	N/A
- HORA DE MUESTREO	:	N/A
- PARAMETROS DE CAMPO	:	N/A
- MUESTRA TOMADA POR	:	El Cliente
- FECHA DE ANÁLISIS	:	24 de Noviembre 2003
- FECHA DE REPORTE	:	25 de Noviembre 2003

Código Laboratorio	Punto de muestreo	Parámetro	Resultado	Expresado como	Método
2003-1812	M-2	Cromo Total	527.0	mg/l.	1
2003-1813	M-2 A	Cromo Total	7.68	mg/l.	1
2003-1814	M-2 B	Cromo Total	6.13	mg/l.	1
2003-1815	M-2 C	Cromo Total	0.43	mg/l.	1
2003-1816	M-2 D	Cromo Total	2.05	mg/l.	1
2003-1817	M-2 E	Cromo Total	3.24	mg/l.	1
2003-1818	M-2 F	Cromo Total	21.96	mg/l.	1
2003-1819	M-2 G	Cromo Total	11.69	mg/l.	1
2003-1820	M-2 H	Cromo Total	3.28	mg/l.	1
2003-1821	M-2 I	Cromo Total	3.79	mg/l.	1
2003-1822	M-2 J	Cromo Total	2.65	mg/l.	1

NOTAS:

ppm : mg/l.

Los resultados reportados corresponden a la muestra indicada en procedencia.

Metodologías de Análisis :

1. Método modificado de Varian Company (1997), Spectraa 220, version 2.10FS, cookbook, Atomic Absorption, Varian Australia, Método de Llama 3111-B, Espectrometría de Absorción Atómica, APHA-AWWA-WEF, 19th Edition 1995.. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). Washington, DC.

Atentamente,



Lic. Roberto Rendszer
Coordinador Laboratorio Geoquímico





Nueva San Salvador, 18 de Marzo de 2004.

Informe número: 2004-0031

INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO

DATOS GENERALES

- SOLICITANTE : Srita. Sara Cardona
 Srita. Claudia Barraza
 - DIRECCION : Pasaje 7, Poligono C-6 No. 23, Urbanización Los Cipreses, Nueva San Salvador
 - IDENTIFICACION DE MUESTRA : Agua residual de teneria
 -CONDICIONES DE LA MUESTRA : N/A
 - LUGAR DEL MUESTREO : N/A
 - HORA DE MUESTREO : N/A
 - PARÁMETROS DE CAMPO : N/A
 - MUESTRA TOMADA POR : El Cliente
 - FECHA DE ANÁLISIS : 17 de Marzo de 2004
 - FECHA DE REPORTE : 18 de marzo de 2004

Código Laboratorio	Identificación de la muestra	Parámetro	Resultado	Expresado como	Método
2004-0103E	040201	Cromo Total	1985.2	mg/L	1
2004-0104E	040201A	Cromo Total	1477.6	mg/L	1
2004-0105E	040201B	Cromo Total	1559.4	mg/L	1
2004-0106E	040202	Cromo Total	319.6	mg/L	1
2004-0107E	040202A	Cromo Total	64.3	mg/L	1
2004-0108E	040202B	Cromo Total	46.7	mg/L	1
2004-0109E	040203	Cromo Total	2100.0	mg/L	1
2004-0110E	040203C	Cromo Total	1569.0	mg/L	1
2004-0111E	040203D	Cromo Total	131.4	mg/L	1
2004-0112E	040204	Cromo Total	83.0	mg/L	1
2004-0113E	040204C	Cromo Total	66.1	mg/L	1
2004-0114E	040204D	Cromo Total	78.7	mg/L	1
2004-0115E	040205	Cromo Total	84.1	mg/L	1
2004-0116E	040205E	Cromo Total	65.4	mg/L	1
2004-0117E	040205F	Cromo Total	38.4	mg/L	1
2004-0118E	040206	Cromo Total	1672.7	mg/L	1
2004-0119E	040206E	Cromo Total	1334.1	mg/L	1
2004-0120E	040206F	Cromo Total	1442.1	mg/L	1

NOTAS:

ppm : mg/L.

Los resultados reportados corresponden a la muestra indicada en procedencia.

Metodologías de Análisis :

1. Método modificado de Varian Company (1997), Spectraa 220, version 2.10FS, cookbook, Atomic Absorption, Varian Australia, Método de Llama 3111-B, Espectrometría de Absorción Atómica, APHA-AWWA-WEF, 19th Edition 1995.. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). Washington, DC.

Atentamente,



Lic. Roberto Renderos
Coordinador Laboratorio Geoquímico

C.C. Archivo de Laboratorio

15ª. Avenida Sur, Col. Utila, Nueva San Salvador, La Libertad, El Salvador. Tel. 211-6745 Fax 211-6743



FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ
 LABORATORIO DE SERVICIOS ANALITICOS
Sección Agroquímicos y Foliare



INFORME No.: 123

PROPIETARIO: Sara Ileana Cardona Burgos
 DIRECCIÓN: Pje. 7 pol. C-6 casa # 23 Col. Los Cipreses
 TELÉFONO: 229-6984

FECHAS	
RECEPCIÓN:	24/09/04
ANÁLISIS:	01/10/04
EMISIÓN:	01/10/04

RESULTADOS DE ANÁLISIS EN MUESTRAS DE LECTURA DE SOLUCIONES

CÓDIGO DELABORATORIO	IDENTIFICAJÓN DE LA MUESTRA	LECTURA CROMO (ppm)
EC- 860	040914	1000
EC- 861	040914 A	312
EC- 862	040914 B	125
EC- 863	040914 C	187.5
EC- 864	040915	18.75
EC- 865	040915 A	No se detecta
EC- 866	040915 B	0.22
EC- 867	040915 C	No se detecta

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted (es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.




 Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
 Coordinador del Laboratorio de Servicios Analíticos


 Lic. Mayra Galdamez.
 Técnico Analista

Oficina Central
 Avenida Manuel Gallardo, Frente a Residencial Monte Sion,
 Nueva San Salvador, La Libertad, El Salvador, C.A.
 PBX (505) 288-3088, FAX (505) 239-0669
 E-mail: info@procafe.com.sv • www.procafe.com.sv



INFORME DE ANÁLISIS AGUAS NATURALES

INFORME No.: 239

CÓDIGO DE MUESTRA: AN- 239

FECHA DE RECEPCIÓN: 12/10/2004
FECHA DE ANÁLISIS: 12/10/2004
FECHA DE EMISIÓN: 12/10/2004

NOMBRE DEL CLIENTE: Sara Ileana Cardona Burgos
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: Pje. 7 pol. C-6 casa # 23 Col. Los Cipreses

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: UES 040915 A

PUNTO DE MUESTREO: ----
MÉTODO DE MUESTREO: ----
FECHA/HORA DE MUESTREO: ----

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Cromo	0.017 µg/ Lt	Horno de grafito

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra entregada por el cliente a este laboratorio. Cuando el cliente ejecuta el muestreo, el Laboratorio no garantiza la representatividad de la muestra. Es política del Laboratorio no autorizar, reproducir, ni entregar partes de este informe.

OPINIONES E INTERPRETACIONES:




Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
Coordinadora Laboratorio Servicios Analíticos


Lic. Julio César Chávez Guerra
Técnico Analista

INFORME DE ANÁLISIS AGUAS NATURALES

INFORME No.: 240

CÓDIGO DE MUESTRA: AN-240

FECHA DE RECEPCIÓN: 12/10/2004
FECHA DE ANÁLISIS: 12/10/2004
FECHA DE EMISIÓN: 12/10/2004

NOMBRE DEL CLIENTE: Sara Ileana Cardona Burgos
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: Pje. 7 pol. C-6 casa # 23 Col. Los Cipreses

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: UES 040915 c

PUNTO DE MUESTREO: ----
MÉTODO DE MUESTREO: ----
FECHA/HORA DE MUESTREO: ----

ANÁLISIS	RESULTADO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Cromo	0.024 µg/ Lt	Horno de grafito

NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra entregada por el cliente a este laboratorio. Cuando el cliente ejecuta el muestreo, el Laboratorio no garantiza la representatividad de la muestra. Es política del Laboratorio no autorizar, reproducir, ni entregar partes de este informe.

OPINIONES E INTERPRETACIONES:




Lic. Reina Elizabeth Funes de Cruz
Coordinadora Laboratorio Servicios Analíticos


Lic. Julio Cesar Chavez Guerra
Técnico Analista