



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA:

“FORMULACIÓN DE PASTA ROJA PARA LA ELABORACIÓN
DE UN FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA Y
VERIFICACIÓN DE SU EFECTIVIDAD FILTRANTE”

Tesis de grado previa a
la obtención del título
de Ingeniero Químico.

AUTORES:

Julio Cesar Ludeña Guaicha

Freddy Eliazar Tinoco Tinoco

DIRECTORA:

Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay

LOJA - ECUADOR

2010

CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Julio César Ludeña Guaicha y Freddy Eliazar Tinoco Tinoco, autores del trabajo de fin de carrera titulado *“FORMULACIÓN DE PASTA ROJA PARA LA ELABORACIÓN DE UN FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA Y VERIFICACIÓN DE SU EFECTIVIDAD FILTRANTE”*.

Conociendo las políticas de la Universidad, declaramos acogernos y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja, que en su parte pertinente textualmente dice: “forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Julio César Ludeña Guaicha

Freddy Eliazar Tinoco Tinoco

CERTIFICACIÓN

Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay

**DOCENTE INVESTIGADORA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y DIRECTORA DE TESIS.**

Certifica:

Haber dirigido, supervisado y asesorado cada uno de los aspectos del trabajo de fin de carrera previo a la obtención del título de Ingeniero Químico, realizado por los Srs. Julio César Ludeña Guaicha y Freddy Eliazar Tinoco Tinoco.

Por tal razón autorizo su presentación y sustentación ante el tribunal que se designe para el efecto.

Loja, del 2009

Ing. Diana Elizabeth Guaya Caraguay
DIRECTORA DE TESIS

AUTORÍA

Todas las presentes ideas, opiniones, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de fin de carrera son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Julio César Ludeña Guaicha

Freddy Eliazar Tinoco Tinoco

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y sobre todo por iluminarme en los momentos más críticos que se fueron presentando a lo largo de mi vida.

Con mucho respeto y cariño a mis padres que me han apoyado en todo momento; por sus sabios consejos que han sido de gran ayuda para la culminación de mis estudios.

A mi sobrina Yuletsy, que a pesar de su corta edad ha llenado mi corazón de grandes momentos de felicidad y que de alguna manera me ha dado fuerzas para concluir las metas planteadas. Así como también a mis hermanos Betty, Augusto y Gorky, con quienes he vivido inolvidables experiencias.

Se lo dedico a todos mis amigos, que siempre estuvieron a mi lado en los buenos o malos momentos.

Julio Ludeña

Para Allah El Clemente, El Misericordioso, por darme la fe y la fuerza espiritual necesaria para poder concluir esta etapa importante de mi vida.

A mi familia quien en todo momento me apoyo incondicionalmente, además que gracias a sus consejos y atenciones pude llegar a donde me encuentro actualmente.

A mis compañeros y amigos ya que de alguna u otra manera han influenciado y han estado apoyándome en todo.

En especial a la memoria de una persona, se que ella estuviera muy orgullosa de leer este trabajo; porque fuiste la fuerza para mirar la vida.

Freddy Tinoco

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por facilitarnos las instalaciones y equipos para el desarrollo óptimo de nuestra investigación; a los docentes de nuestra escuela los cuales nos transmitieron tanto su conocimiento como valores.

A la planta de Cerámica CERART y a su Gerente Econ. Diego Lara por permitirnos realizar el presente proyecto en éstas instalaciones; así como también a todo el personal que labora en la planta.

Al Dr. Omar Malagón, Director de nuestra escuela por su apoyo incondicional y por las facilidades que nos brindó tanto en nuestra formación profesional, como en el presente trabajo de investigación.

A la Ing. Diana Guaya, Directora de nuestro proyecto de fin de carrera, por sus conocimientos, su experiencia compartida, por su apoyo y amistad brindada para culminar con éxito la meta planteada.

Al Ing. Celso Romero por su apoyo incondicional y entrega de sus conocimientos durante nuestra estadía en el laboratorio del IQA-CETTIA, así como también a sus colaboradores y becarios.

CONTENIDO

	Página
Cesión de Derechos de Tesis	I
Certificación	II
Autoría	III
Dedicatoria	IV-V
Agradecimiento	VI
Contenido	VII-XII
Nomenclatura	XIII
Resumen	XIV-XV

CAPITULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. Introducción	1-2
1.2. Justificación e Importancia	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Filtro cerámico purificador de agua	4
2.1.1. Definición	4
2.1.2. Aplicaciones	4
2.1.3. Ventajas	4
2.2. Desarrollo de un filtro cerámico purificador de agua	5
2.2.1. Materias primas plásticas	5
2.2.1.1. Arcilla Roja	5
2.2.1.1.1. Definición	5
2.2.1.1.2. Propiedades	5
2.2.1.1.3. Aplicaciones	6
2.2.2. Materias primas auxiliares	6
2.2.2.1. Aserrín	6
2.2.2.1.1. Definición	6
2.2.2.1.2. Propiedades	6
2.2.2.1.3. Aplicaciones	7

2.3.	Propiedades del filtro cerámico purificador de agua	7
2.3.1.	Color	7
2.3.2.	Porosidad	7
2.3.3.	Absorción	7
2.3.4.	Filtración	8
2.3.5.	Coefficiente de dilatación	8
2.3.6.	Aditivos	8
2.3.6.1.	Plata Coloidal	8
2.4.	Proceso cerámico de obtención del filtro	9
2.4.1.	Caracterización de materia prima	9
2.4.2.	Tratamiento de materia prima	9
2.4.3.	Dosificación	9
2.4.4.	Molienda de materia prima	9
2.4.5.	Secado de la barbotina	10
2.4.6.	Formación del filtro cerámico	10
2.4.6.1.	Formación por el método del roller	10
2.4.7.	Secado de filtros	11
2.4.8.	Cocción	11
2.4.8.1.	Tipos de hornos para cerámica	11
2.5.	Proceso electroquímico	12
2.5.1.	Electroquímica	12
2.5.1.1.	Definición	12
2.5.1.2.	Aplicaciones	12
2.5.2.	Electrólisis	12
2.5.2.1.	Definición	12
2.5.3.	Obtención de plata coloidal	12
2.6.	Proceso de tratamiento de agua a través del filtrado	13
2.6.1.	Tratamiento con plata coloidal	13
2.6.2.	Determinación del flujo de filtración	13
2.7.	Control de calidad del agua purificada por el filtro cerámico	13
2.7.1.	Calidad del Agua	13
2.7.1.1.	Propiedades Físicas	14
2.7.1.1.1.	pH	14
2.7.1.1.2.	Color	14

2.7.1.1.3.	Turbiedad	15
2.7.1.2.	Propiedades Químicas	15
2.7.1.2.1.	Sólidos	15
2.7.1.2.1.1.	Sólidos disueltos	15
2.7.1.2.1.2.	Sólidos en suspensión	15
2.7.1.2.1.3.	Sólidos totales	16
2.7.1.2.2.	Dureza del agua	16
2.7.1.2.3.	OXIDOS DE NITRÓGENO	16
2.7.1.2.3.1.	Nitratos (NO ₃)	16
2.7.1.2.3.2.	Nitritos (NO ₂)	16
2.7.1.2.3.3.	Nitrógeno Amoniacal	17
2.7.1.2.4.	Metales pesados	17
2.7.1.2.4.1.	Arsénico	17
2.7.1.2.4.2.	Plomo	17
2.7.1.2.4.3.	Cromo	17
2.7.1.2.4.4.	Mercurio	18
2.7.1.2.4.5.	Bario	18
2.7.1.2.4.6.	Cadmio	18
2.7.1.2.5.	Hierro Total	18
2.7.1.2.6.	Demanda Química de Oxígeno	19
2.7.1.2.7.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	19
2.7.1.3.	Propiedades Microbiológicas	19
2.7.1.3.1.	Coliformes Totales	19
2.7.1.3.2.	Escherichia Coli	20

CAPITULO III

3. EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

3.1.	Fin del proyecto	21
3.2.	Propósito del proyecto	21
3.3.	Componentes del proyecto	21

CAPITULO IV

4. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4.1.	Planteamiento de Hipótesis	22
------	----------------------------	----

CAPITULO V

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.	Metodología de la investigación	24
5.1.1.	Diagramas de proceso	24
5.1.1.1	Fabricación del filtro cerámico	24
5.1.1.2	Elaboración de plata coloidal	25
5.1.1.3	Control de calidad del agua	26
5.2.	Caracterización de materias primas	27
5.2.1.	Determinación de Densidad de materia prima	27
5.2.2.	Determinación de Contracción al secado, a la quema y Total de materia prima	27
5.2.3.	Determinación del porcentaje de absorción de agua de Materia Prima	29
5.3.	Fabricación del filtro cerámico	30
5.3.1.	Dosificación	30
5.3.2.	Molienda	30
5.3.2.1.	Determinación de Humedad de la Barbotina	30
5.3.2.2.	Determinación de Densidad de Barbotina	31
5.3.2.3.	Determinación de Distribución Granulométrica de Barbotina	32
5.3.3.	Eliminación de agua de la barbotina	32
5.3.3.1.	Determinación de Humedad de la pasta extruida	32
5.3.4.	Formación del filtro	33
5.3.5.	Secado de filtros	33
5.3.6.	Primera quema de filtros	34
5.3.7.	Quema final de filtros	34
5.4.	Determinación del Porcentaje de Absorción de agua en los filtros	34
5.5.	Determinación del Coeficiente de Dilatometría del Filtro	35

5.6.	Determinación de contracción al secado, a la quema y total de Barbotina	35
5.7.	Obtención de plata coloidal	36
5.8.	Inmersión de filtros en plata coloidal	36
5.9.	Determinación del flujo de filtración	36
5.10.	Realización de análisis de calidad del agua	37

CAPITULO VI

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1.	Pruebas para formulación de pasta roja para elaboración de filtro cerámico purificador de agua	38
6.1.1.	Caracterización de las materias primas	38
6.2.	Pruebas para la obtención de pasta para fabricación del filtro cerámico purificador de agua	39
6.2.1.	Primera formulación	39
6.2.2.	Segunda formulación	40
6.2.3.	Tercera formulación	40
6.2.4.	Cuarta formulación	41
6.3.	Pruebas de espesor en los filtros	42
6.4.	Pruebas de dilatación térmica de la pasta para el filtro cerámico a temperaturas de 1025 °C y 1090 °C	42
6.5.	Ciclo de quema para los filtros	43
6.5.1.	Prequemado de filtros	43
6.5.2.	Quema final de filtros	44
6.6.	Pruebas de Absorción de los filtros a temperaturas 1025 °C y 1090 °C	47
6.7.	Resultados de las pruebas de contracción al secado, a la quema y Total	48
6.8.	Resultados de las pruebas de filtrado	48
6.9.	Pruebas t-student para la comparación de las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas entre al agua filtrada y el agua de referencia	50
6.10.	Resultados de los análisis de calidad de agua	62

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones	63
7.2.	Recomendaciones	65

CAPITULO VIII

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1.	Referencias Bibliográficas	66
------	----------------------------	----

ANEXOS	68
---------------	-----------

DOCUMENTACIÓN ADJUNTA

PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA FABRICACIÓN DEL FILTRO
CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA

NOMENCLATURA

A	Porcentaje de absorción.
E1	Espesor de las paredes del filtro de 2.5 cm.
E2	Espesor de las paredes del filtro de 3 cm.
E3	Espesor de las paredes del filtro de 4 cm.
CL_q	Contracción lineal a la quema.
CL_s	Contracción lineal al secado.
CT	Contracción total.
F1	Formulación número uno.
F2	Formulación número dos.
F3	Formulación número tres.
F4	Formulación número cuatro.
H	Porcentaje de humedad.
L_{fq}	Longitud final de las incisiones en la quema.
L_{fs}	Longitud final de las incisiones al secado.
L_{is}	Longitud inicial de las incisiones al secado.
P_T	Peso Total Retenidos a malla # 325.
R_{Tα}	Rangos de temperatura para medir el coeficiente de dilatación.
T1	Temperatura de quema de 1025°C.
T2	Temperatura de quema de 1090°C.
V_p	Volumen de la probeta.
W_r	Peso del recipiente vacío.
W_{frm}	Peso final del recipiente + muestra.
W_{pm}	Peso de pasta de muestra.
W_{fn}	Peso inicial de la placa seca.
W_{is}	Peso final de la placa saturada.
W_{mo}	Peso inicial de la muestra.
α	Coeficiente de dilatación térmica.
ρ	Densidad de la barbotina.

RESUMEN

El filtro cerámico está elaborado a base de una mezcla de arcilla roja, aserrín y agua; funciona reteniendo microorganismos y sustancias físico-químicas como son metales pesados y materia orgánica en suspensión, en los poros formados al interior del filtro.

Se caracteriza por ser de práctico uso y gran efectividad. Este no requiere ninguna instalación especial, simplemente se debe verter agua en la unidad filtrante, obteniendo agua apta para el consumo humano.

Después de realizado el proceso de filtración, el agua es almacenada en un recipiente plástico que sirve como receptor, obteniendo agua fresca, limpia y libre de bacterias.

En el filtro se retendrán los diferentes tipos de microorganismos y partículas que generalmente se encuentran presentes en aguas no tratadas, las cuales son causantes de las principales enfermedades gastrointestinales.

Para la realización del presente proyecto se utilizaron los equipos de la Planta de Cerámica CERART, tanto del laboratorio como también del área de producción.

Luego de haber definido las materias primas a utilizarse para la elaboración del filtro (arcilla roja y aserrín), se procedió a realizar las formulaciones respectivas y con ello ir optimizando las mismas. Para esto se realizaron pruebas de humedad, densidad, retenidos reales a malla # 325, contracción al secado, a la quema y total, así como también se enviaron muestras al laboratorio CESEMIN en Cuenca para realizar pruebas de coeficiente de dilatación.

Obtenida una pasta con humedad de 30-35 %, se procedió a fabricar los filtros en el roller y utilizando un molde tipo maceta; se elaboraron aproximadamente 50 especímenes con el fin de obtener varios prototipos de cada una de las cuatro formulaciones realizadas. Los filtros fueron secados al ambiente y también de manera artificial, para luego pasar por una prequema con el objetivo de eliminar la

materia orgánica y el agua química a una temperatura de 600°C, luego fueron quemados a temperaturas de 1025 °C y 1090 °C, verificando la elevada porosidad de los mismos, lo cual implica que el agua pase por el filtro sin dificultad.

Se obtuvo una solución de plata coloidal usando la infraestructura del laboratorio de física, con el fin de esterilizar los poros del filtro; la cual fue aplicada por inmersión.

Se procedió a filtrar el agua, determinando la tasa de filtración, para esto se trabajó con una muestra de agua tomada del río Malacatos. Una vez tomadas las muestras de acuerdo al protocolo establecido, fueron llevadas al laboratorio del IQA-CETTIA para ejecutar los análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Para definir la formulación óptima, se realizaron análisis de t_student y se concluye que todas las muestras filtradas a través de las formulaciones están dentro de los rangos permitidos (Norma INEN 1108). Con lo que de los datos obtenidos, concluimos que el filtro de la F4E2T2 (82% arcilla roja-18% aserrín), espesor de 3cm, quemado a la temperatura de 1090 °C provee los mejores resultados; posee una capacidad de carga de 350 a 450 ml y un flujo de 0.0417 L/h.

CAPÍTULO I
ANTECEDENTES

1. ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

La dificultad de acceso al agua potable y la mortalidad infantil, realidades del Ecuador, se constituyen hoy en día en parte de la problemática que afecta la calidad de vida en países subdesarrollados. Es así que para la Organización Panamericana de la Salud, la situación de las condiciones del medio ambiente en la Región de América Latina es preocupante. No es solamente en los medios de comunicación en los que se refleja la cruda situación de los servicios básicos sino que las estadísticas elaboradas por la revista internacional “DISCOVERY SALUD” evidencian los diversos problemas de acceso a dichos servicios a nivel regional.

Asimismo, en toda Latino América la diarrea aún es responsable de la muerte de 80000 niños anualmente. Se estima que la provisión de agua potable, saneamiento y educación sanitaria podría reducir el 25% de los casos de diarrea, 29% de ascariasis y 55% de mortalidad infantil en general.

El filtro cerámico purificador de agua se constituye en una solución económica, innovadora y efectiva ante ésta problemática; puesto que al usar una mezcla de arcilla roja, aserrín y agua, quemada a una temperatura superior a los 1000 °C, y sumergido en una solución de plata coloidal para inhibir la actividad bacteriana, se ha podido comprobar según experiencias en países como Argentina y Camboya, que el uso de dicho sistema puede proveer de agua limpia y libre de bacterias a un costo relativamente bajo.

Según el Centro Virtual de información del agua, prácticamente todas las aguas potables de red y subterránea, se hallan contaminadas con arsénico, plomo, mercurio, sales metálicas, uranio (altamente cancerígeno), cromo de curtiembres, nitritos indicativos de contaminación cloacal, además de pesticidas, herbicidas, insecticidas, raticidas, y agroquímicos de todo tipo.

En el Ecuador, generalmente en las regiones rurales de la mayoría de las provincias, como por ejemplo en las parroquias y barrios de la provincia de Loja, se puede evidenciar que no cuentan con el servicio básico del agua potable, por lo que se propone al filtro cerámico purificador de agua con el fin de reducir dicho problema que agobia a numerosas familias del país.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En la Planta de Cerámica CERART, se ha venido trabajando con el tema de **FILTROS CERÁMICOS DESCONTAMINANTES DEL AGUA**. Por experiencias en otros países se tiene precedentes que el filtro cerámico es capaz de descontaminar el agua de consumo, no sólo de metales pesados (como el plomo o el arsénico), sino de la contaminación cloacal y bacteriana.

Este trabajo está dedicado al estudio teórico-experimental de la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua, el mismo que tiene como fin mejorar la calidad del agua, principalmente en las zonas rurales, donde no hay un sistema de potabilización de agua.

La necesidad de sistemas innovadores se observa en todos los países en vías de desarrollo. Es así que el 80% de las enfermedades que afectan a la población están relacionadas con la no potabilización del agua. El consumo de agua segura ha demostrado reducir riesgos de adquirir enfermedades gastrointestinales.

Debido a su bajo costo y manejo familiar, esta opción puede representar una solución inmediata, aunque no definitiva, al problema de agua potable comunal.

El mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano es una tarea de vital importancia para la población, especialmente en áreas rurales y urbano marginales, cuyas fuentes de agua se hallan expuestas a contaminación, es así que hoy en día se pueden encontrar en el mercado dispositivos de filtración fabricados con materiales cerámicos.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FILTRO CERAMICO PURIFICADOR DE AGUA¹

2.1.1. Definición

Recurso técnico mediante el cual el agua puede ser clarificada, purificada o descontaminada, a fin de hacerla apta para el consumo humano o animal (potable). En general consiste en un mecanismo o instrumento capaz de hacer pasar el líquido a través de un sólido provisto de diminutos orificios o poros, capaces de retener o no dejar pasar partículas e impurezas extrañas, tanto ellas sean tóxicas como no tóxicas o inocuas.

2.1.2. Aplicaciones

Actualmente el filtro cerámico está siendo usado como una alternativa en poblaciones de países como Camboya, Argentina, Honduras y Guatemala, en donde no tienen acceso al agua potable.

También en la Industria Cerámica, para la purificación de aguas contaminadas mediante el proceso de filtrado.

Incluso se lo utiliza en aguas residuales para disminuir los niveles de metales pesados, sustancias tóxicas y microorganismos que pudieran causar daño a la salud de las personas.

2.1.3. Ventajas

El uso de este filtro reduce la incidencia de diarrea y cólera hasta un 50%.

No cambia el sabor del agua como lo hacen algunos filtros.

A causa del uso mejora la calidad de vida en las familias.

¹ FERNÁNDEZ CHITI. Filtro Cerámico Condorhuasi Descontaminante de Aguas; Ediciones Condorhuasi 2005: Buenos Aires (República Argentina); Tomo 6. Pag. 157.

Genera un ahorro en consumo de combustibles como el gas o leña al hervir el agua.

2.2. DESARROLLO DE UN FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA

2.2.1. Materias primas plásticas

2.2.1.1. Arcilla Roja²

2.2.1.1.1. Definición

La arcilla roja es, posiblemente, la más conocida y más utilizada de todas las arcillas ya que es fácil de conseguir por su abundancia. Su composición es muy similar a la de la arcilla verde pero la roja tiene un mayor contenido de óxidos e hidróxidos de hierro, de ahí su color rojo.

Contiene silicato de aluminio y silicato de magnesio; es así que se hace plástica cuando se humedece, dura y semejante a la roca cuando se cuece.

2.2.1.1.2. Propiedades.

Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que se desee. Esto puede ser debido a la figura del grano (cuanto más pequeña y aplanada), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica.

Contracción: Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento durante el secado.

Refractariedad: Todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones en su forma original, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción diferente.

² KIRK R., OTHMER D. (1962). Enciclopedia de la Tecnología Química; Unión Tipográfica Hispanoamérica: México.

Porosidad: Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas se que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.

Color: Debido a la presencia en ella de óxido de hierro, su coloración es rojiza después de la cocción.

2.2.1.1.3. Aplicaciones

En general, los utensilios de cerámica se producen por plastificación de la arcilla con la adición de agua, de manera que pueda conformarse o moldearse por varios medios en el objeto deseado. De ahí que la arcilla roja por su gran plasticidad puede ser moldeada sin ninguna dificultad y por su coloración es muy usada para la producción de ladrillos y otros productos.

2.2.2. Materias primas auxiliares

2.2.2.1. Aserrín³

2.2.2.1.1. Definición

El polvo de aserrín contiene partículas minúsculas de madera producidas durante el proceso y manejo de la madera, paneles contrachapados y/o aglomerados.

2.2.2.1.2. Propiedades

Según como haya sido cortada o aserrada la madera, depende su grado de finura. La humedad del aserrín es relativamente baja.

³ FÉLIX SINGER Y SONJA S. SINGER, Enciclopedia De La Química Industrial – Tomo II – Cerámica Industrial, Volumen III (Ediciones URMO S.A. – España, 1979)

2.2.2.1.3. Aplicaciones

Producto que al mezclarlo con arcilla y agua, es capaz de formar poros sumamente diminutos cuando la pieza haya salido del proceso de cocción a elevadas temperaturas.

2.3. PROPIEDADES DEL FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA⁴

2.3.1. Color

Antes de la cocción su color es gris, mientras que luego de haber salido del horno, logra una coloración roja la misma que se debe a la presencia de óxidos de hierro contenidos en la arcilla roja. Esta coloración varía según las temperaturas a las cuales haya sido sometido el filtro.

2.3.2. Porosidad

Es la propiedad más importante que posee el filtro cerámico, en vista que de ésta depende el flujo de filtración de agua. Dicha porosidad se obtiene por el aserrín presente en la mezcla y se produce cuando el filtro es sometido a temperaturas superiores a los 1000 °C.

2.3.3. Absorción

La absorción de agua en el filtro, permite saber si éste cuenta con la porosidad suficiente como para obtener un flujo de agua eficiente, es decir, que el tiempo de filtrado no tarde demasiado.

⁴ JAMES S. REED, Principles Of Ceramics Processing, Second Edition – Estados Unidos, 1994

2.3.4. Filtración

Proceso técnico consistente en separar del agua determinadas sustancias que se hallan en suspensión, además de otras que se encuentran en la solución, ya sean de origen orgánico como inorgánico o mineral. Dicho material filtrado puede ser atóxico o tóxico. En ocasiones es solo causa de turbidez y de color, sabor u olor, por lo que debe ser retirado del agua para ser considerada potable.

2.3.5. Coeficiente de dilatación

Todo cuerpo, por efectos del calor que recibe sufre algunos efectos, uno de ellos es la dilatación, que se produce en todas las dimensiones que posee. Según su naturaleza cada cuerpo posee lo que se llama coeficiente de dilatación térmica, cuyo símbolo es α y su unidad de medida es $1/^\circ\text{C}$ o $^\circ\text{C}^{-1}$.

Es una propiedad de suma importancia, que permite tener una idea clara acerca del tiempo de vida útil que poseerá el filtro; esto es por el contacto continuo con el agua, ya que podría llegar a cuartearse y no serviría para realizar el proceso de filtrado.

2.3.6. Aditivos

2.3.6.1. Plata Coloidal

La plata coloidal es útil contra todas las especies de hongos, bacterias, protozoarios, parásitos y virus. Este componente ayuda en gran medida a la esterilización de los filtros, es decir someterlos a un pretratamiento con dicha sustancia antes de filtrar el agua contaminada.

El pH de la plata coloidal debe ser de 6.5 y el rango de seguridad de su concentración de 3 a 5 partes por millón. Mayor concentración no significa mayor efectividad.

La presencia de plata coloidal cerca de un virus, un hongo, una bacteria o cualquier otro microbio patógeno unicelular, incapacita a su enzima del metabolismo del oxígeno, su pulmón químico, por decirlo así. Dentro de pocos minutos el microbio patógeno se sofoca y muere, luego es eliminado del cuerpo por los sistemas

inmunológico y linfático. Contrario a los antibióticos farmacéuticos que destruyen las enzimas benéficas, la plata coloidal deja a estas enzimas celulares y tisulares intactas, ya que son radicalmente diferentes de las enzimas de la vida primitiva unicelular. De esta manera, la plata coloidal es absolutamente segura para los humanos, las plantas, los reptiles y todos los seres vivientes pluricelulares.

2.4. PROCESO CERÁMICO DE OBTENCIÓN DEL FILTRO

2.4.1. Caracterización de materia prima

Previo a la elaboración del filtro, es necesario caracterizar las materias primas, principalmente la arcilla roja con la finalidad de conocer sus características físicas y así poder predecir posteriormente parámetros como tiempo de molienda, hasta llegar a la granulometría óptima en pasta y contracción total, entre otros.

2.4.2. Tratamiento de materia prima

En el caso de que se trabaje con grandes lotes de arcilla roja, ésta necesita ser completamente homogenizada.

En cuanto al aserrín debe poseer una granulometría mediana, así como también se deben retirar las partículas ajenas a la misma.

2.4.3. Dosificación

La dosificación se realiza habitualmente en molinos de bolas, teniendo en cuenta el porcentaje específico de arcilla roja, aserrín y agua para así obtener una pasta con propiedades tales que permita seguir con el proceso de elaboración del filtro.

2.4.4. Molienda de materia prima

La molienda es la última etapa del proceso de conminación, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o como una suspensión en agua.

La molienda se realiza en molinos que giran alrededor de su eje horizontal y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como "medios de molienda", los cuales están libres para moverse a medida que el molino gira produciendo la conminación de las partículas de mena.

En el proceso de molienda, partículas de 5 a 250 mm son reducidas en tamaño a 10 - 300 micrones, aproximadamente, dependiendo del tipo de operación que se realice.

2.4.5. Secado de la barbotina

El proceso de secado de la barbotina se lo realiza con la finalidad de retirar el agua presente en la misma, con ello conseguir una pasta consistente y por ende moldeable que permita la formación de los especímenes. Se lo puede realizar de manera natural o artificial, con el fin de acelerar el proceso. Dentro de lo cual se puede mencionar que el yeso por contenido de sulfato de calcio se constituye en una excelente opción utilizada en cerámica para retirar la humedad de la barbotina.

2.4.6. Formación del filtro cerámico

2.4.6.1. Formación por el método del roller

El roller es una máquina que opera haciendo girar la pieza varias veces, de acuerdo a las características de la misma y siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce el perfil de la pieza. El roller se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros; posee un motor y un cabezal rotatorio que se lo calibra manualmente de acuerdo al espesor que se necesite.

Para llevar a cabo éste proceso, se ubica la pasta previamente tratada (homogenizada) en el molde o plantilla donde se va a formar la pieza, luego se procede a acercar el cabezal giratorio por unos segundos lo que permite un moldeado uniforme; finalmente se retiran con cuidado los filtros formados.

2.4.7. Secado de filtros

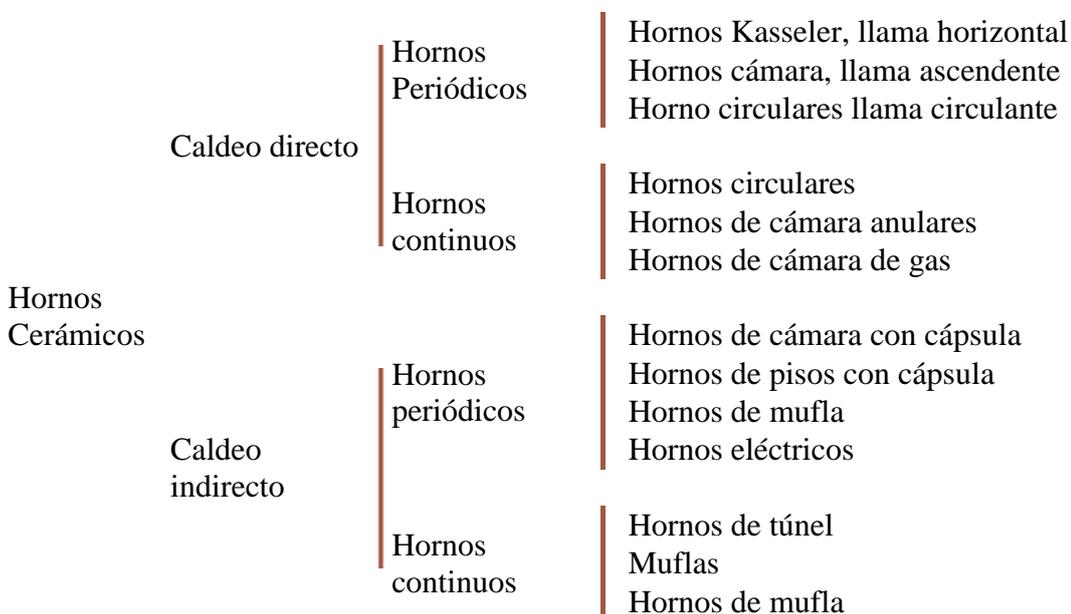
El secado o remoción de agua de las piezas cerámicas se lo realiza al ambiente o en secaderos artificiales, con el fin de que estén aptas para su ingreso al horno. En el proceso de secado, el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire.

2.4.8. Cocción

La cocción constituye el último paso en el proceso de producción de la cerámica. Para esta operación se requiere de hornos cuyas temperaturas sean superiores a los 1000 °C, es así que en los filtros al quemarse el material orgánico se produce la generación de finos poros por donde se filtrará el agua contaminada.

2.4.8.1. Tipos de hornos para cerámica⁵

Los hornos cerámicos pueden clasificarse en diferentes grupos, según su forma de trabajo:



⁵ BURTRAND LEE Y SRIDHAR KOMARNENI, Chemical Processing of Ceramics, Second Edition, Taylor & Francis Group, United States of America, 2005.

2.5. PROCESO ELECTROQUÍMICO⁶

2.5.1. Electroquímica

2.5.1.1. Definición

Trata de procesos químicos producidos por el pasaje de la corriente eléctrica y producción de la energía eléctrica a partir de energía puesta en libertad en una reacción química. Además se considera como una disciplina científica que estudia y valora las relaciones existentes entre las reacciones químicas y fenómenos eléctricos.

2.5.1.2. Aplicaciones

Es muy usado en diversos campos debido a que no produce contaminación del ambiente. Hoy en día se emplean procedimientos Electrolíticos para obtener metales alcalinos y alcalinotérreos como el magnesio a partir de sus sales fundidas.

También se utilizan en la industria de electro-recubrimiento, ya sea de tipo anticorrosivo o de naturaleza decorativa.

La electrólisis constituye la base teórica y práctica de la construcción de pilas y acumuladores de corriente continua, también cuentan con un amplísimo número de usos en la industria química y de materiales de construcción.

2.5.2. Electrólisis⁷

2.5.2.1. Definición

Reacción química producida por medio de la corriente eléctrica que proviene de electrodos, descomponiendo los compuestos químicos y haciéndolos iones.

2.5.3. Obtención de plata coloidal

La Plata en estado coloidal está dividida en partículas cuyo tamaño oscila entre 1 y 100 nanómetros. Su obtención puede realizarse tanto por dispersión de plata metálica como por reducción de iones plata mediante el proceso de electrólisis del agua, con

⁶ ALONSO VANTE – Electroquímica y Electrocatálisis Vol.1ª Tercera Edición – España 1998

⁷ DAMASKIN. Fundamentos de la Electroquímica Teórica, Tomo 3. Segunda Edición – México 2005

la utilización de corriente continua se procede a descomponer los iones de plata y mezclándolos en agua destilada. Este proceso dura aproximadamente unas tres horas según la concentración de plata coloidal que se desee obtener; es importante no exponerla a la luz, ya que de lo contrario su coloración tiende a ser oscura.

En ambos casos se obtienen partículas de plata metálica y no de iones plata. Las disoluciones que contienen estas partículas llamadas micelas, son disoluciones coloidales. Se obtienen iones de Plata de tamaño menor a 0.1 nanómetros cuando se disuelven sales de plata.

2.6. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA A TRAVÉS DEL FILTRADO

2.6.1. Tratamiento con plata coloidal

Es uno de los procesos más importantes en la elaboración del filtro cerámico, en donde una vez obtenida la plata coloidal, se procede a bañar los filtros con dicha sustancia, lo cual ayudará a inhibir la proliferación de bacterias en los poros de los mismos.

2.6.2. Determinación del flujo de filtración

Un filtro de cerámica con plata coloidal de unos 20 litros de volumen, proporciona unos 60 litros de agua por día. Si se le da un mantenimiento adecuado, este implemento puede tener una duración de por lo menos 5 años.

2.7. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA POR EL FILTRO CERÁMICO

2.7.1. Calidad del Agua⁸

De manera generalizada, puede decirse que el agua potable es aquella que está libre de sustancias y microorganismos que puedan afectar la salud.

⁸ RAMALHO. Tratamiento de Aguas Residuales, Tomo 4. WILEY-VCH, Germany, 2000.

Los datos aceptables de los ensayos para la calidad del agua de consumo humano se muestran en la tabla 2.1. Según la Norma INEN 1108.

Tabla 2.1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano

ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Arsénico (mg/l)	0,1
Coliformes Totales (ufc/100ml)	<1
Color (PtCo)	15
DQO (mg/l)	100
E. Coli (ufc/100ml)	<1
Hierro Total (mg/l)	0,3
Mercurio (mg/l)	0,005
Nitrato (mg/l)	10
Nitritos (mg/l)	0
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	1
PH	6.5 – 8.5
Plomo (mg/l)	0,2
Sólidos Totales(mg/l)	1500
Sulfatos (mg/l)	200
Turbiedad (NTU)	5

FUENTE: Norma INEN 1108

ELABORACIÓN: Los autores

2.7.1.1. Propiedades Físicas

2.7.1.1.1. pH

El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso. En términos exactos, es una medida de la "actividad" del ion hidrógeno en una determinada muestra; en términos prácticos, es una medida de la concentración del ion hidrógeno en la muestra.

2.7.1.1.2. Color

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. Normalmente el color se mide en laboratorio por comparación de un

estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co y Cloroplatinato de potasio, Cl_6PtK_2 y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt.

2.7.1.1.3. Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Actualmente la turbidez se mide con un nefelómetro expresando los resultados como: Unidad de Turbidez Nefelométrica (UTN).

2.7.1.2. Propiedades Químicas⁹

2.7.1.2.1. Sólidos

Incluye toda materia sólida contenida en los materiales líquidos y se clasifican: en sólidos disueltos, en suspensión y totales.

2.7.1.2.1.1. Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa.

2.7.1.2.1.2. Sólidos en suspensión

Se separan por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración.

⁹ DEGREMONT. Handbook Water Treatment. Page 345. Second Edition – Estados Unidos 2000

2.7.1.2.1.3. Sólidos totales

Es la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos incluye tanto material disuelto (residuo filtrable) y no disuelto (suspendido).

2.7.1.2.2. Dureza del agua

Se refiere a su contenido en óxidos de calcio y magnesio, presentes generalmente en forma de bicarbonatos (aunque al calentarse estos se transforman en carbonatos). Las aguas excesivamente duras no forman espuma con el jabón, por lo que no son aptas para consumo doméstico (aunque sean potables). No se tolera una dureza del agua superior a 300 miligramos de óxidos de calcio o magnesio por cada litro de agua, aunque en algunos países se tolera hasta 500 miligramos.

2.7.1.2.3. OXIDOS DE NITRÓGENO¹⁰

2.7.1.2.3.1. Nitratos (NO₃)

Se los halla con frecuencia en el agua potable. Los límites no deben superar los 45 miligramos por litro; por actividad reductora en el agua (debida a bacterias, putrefacción, etc.), pueden pasar a nitritos.

2.7.1.2.3.2. Nitritos (NO₂)

Son sales de ácido nítrico, de menor oxidación que los nitratos. Pueden ser causa de diversas enfermedades, tales como la metahemoglobinemia en los niños. Los nitritos en el agua, reaccionan con los residuos de los fertilizantes y pueden formar ciertas aminas cancerígenas.

¹⁰ FERNÁNDEZ CHITI. Filtro Cerámico Condorhuasi Descontaminante de Aguas; Ediciones Condorhuasi 2005: Buenos Aires (República Argentina); Tomo 6. Pag. 160.

2.7.1.2.3.3. Nitrógeno Amoniacal

Nitrógeno combinado en forma de amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). El amoníaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea. El amoníaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica.

2.7.1.2.4. Metales pesados

Los más tóxicos presentes con frecuencia en el agua por causa de la contaminación minera, industrial, agroquímica, etc., son el arsénico, plomo, cromo, mercurio, bario y cadmio.

2.7.1.2.4.1. Arsénico

Se trata de un veneno mortal, que se debe controlar y eliminar del agua. Suele hallarse en las aguas combinado con hierro y azufre, formando minerales tóxicos que son acarreados junto con el agua de napas, ríos o la de red (“agua corriente”). El sulfuro de arsénico se denomina arseno piritita.

2.7.1.2.4.2. Plomo

Es un poderoso veneno, cuyas sales y óxidos se utilizan ampliamente en la industria, en forma de litargirio (para fabricar baterías de automóviles); de óxidos (pinturas y esmaltes de cerámica para losa, que resulta tóxica al comer en ella); carbonato, cromato de plomo (pigmentos), acetato, etc. Las pinturas labiales (lápices) de mujeres contienen plomo, así como las pinturas para el cabello.

2.7.1.2.4.3. Cromo

Es un poderoso veneno, utilizado por la industria ya sea en forma metálica (polvo fino para cromados), o en sus sales: cromato y bicromato de potasio, cromato de plomo, cromato de zinc y ácido crómico.

El cromo (y sus sales) destruyen todo el organismo, y en especial causa cáncer de piel, además de hepatitis, cáncer pulmonar, nefritis y daño cerebral.

2.7.1.2.4.4. Mercurio

Es un elemento que puede ser encontrado de forma natural en el medio ambiente. Puede ser encontrado en forma de metal, como sales de Mercurio o como Mercurio orgánico.

2.7.1.2.4.5. Bario

Es un componente de pinturas empleado en forma de carbonato de bario, también se lo emplea como plaguicida, y lógicamente, luego aparecen en aguas de napa. Causa dificultad para caminar; problemas cardíacos y respiratorios, temblores y debilidad general.

2.7.1.2.4.6. Cadmio

Poderoso cancerígeno que puede hallarse presente en el agua, alimentos y en vajilla esmaltada de rojo. En concentraciones tan pequeñas como de 1 miligramo ya es capaz de causar cáncer de próstata, riñón, etc. Al ser un “metal pesado” puede ser adsorbido mediante la caolinización, floculación y filtrado, removiéndolo del agua.

2.7.1.2.5. Hierro Total

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso (Fe^{++}), o más oxidado como ión férrico (Fe^{+++}). La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, ó composición de la solución. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones.

Su determinación se hace analíticamente por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica, dando el hierro total que incluye las formas solubles, coloidal y en suspensión final.

2.7.1.2.6. Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/litro.

2.7.1.2.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBO / Demanda bioquímica de oxígeno, indicador de la capacidad de polución de un efluente expresada por el consumo de oxígeno disuelto por parte de los microorganismos que descomponen la materia orgánica presente en el propio efluente. Se parte para ello, de la capacidad autodepurativa del agua, conferida por los propios microorganismos.

2.7.1.3. Propiedades Microbiológicas¹¹

El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples y se expresa en términos de el “número más probable” (índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1, son potables.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, o esterilización por luz ultravioleta, cloración y ozonización.

2.7.1.3.1. Coliformes Totales

Los Coliformes totales comprenden la totalidad del grupo de bacterias como son: Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. Mientras que los Coliformes fecales son aquellos que comprenden las bacterias de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

¹¹ LENNARZ & LANE. Encyclopedia of Biological Chemical, First Edition – England 2001

2.7.1.3.2. Escherichia Coli

Escherichia coli, bacteria con forma de bastón (bacilo), que pertenece a la familia de las Enterobacteriáceas; está considerada como el material biológico más utilizado en experimentación. Esta bacteria se encuentra en el tracto intestinal de los mamíferos. La especie comprende varios grupos que se establecen según su actividad.

CAPÍTULO III
EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

3. EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

3.1. FIN DEL PROYECTO

- ✓ Elaborar y optimizar una formulación para obtener un filtro cerámico purificador de agua, que sea utilizado en zonas donde no cuenten con servicio de agua potable.

3.2. PROPÓSITO DEL PROYECTO

Obtener una formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante.

3.3. COMPONENTES DEL PROYECTO

- ✓ Caracterizar la materia prima (Arcilla roja).
- ✓ Determinar el material orgánico óptimo a ser empleado en la formulación.
- ✓ Establecer un modelo o diseño adecuado de filtro a escala de laboratorio.
- ✓ Ajuste y optimización de la formulación de la pasta.
- ✓ Ajuste y optimización de parámetros técnicos del filtro.
- ✓ Realizar los ensayos necesarios para controlar el funcionamiento óptimo, los mismos que implican los análisis físicos, químicos y microbiológicos.
- ✓ Dejar establecida una metodología para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua, a través de un protocolo en el que se describa los procesos involucrados con sus respectivos controles de calidad.

CAPÍTULO IV
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Plomo con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Arsénico con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Turbiedad con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Color con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de DQO (Demanda Química de Oxígeno) con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de E. Coli con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Coliformes Totales con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Sulfatos con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Nitratos con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

H₀ = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Nitritos con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

Ho = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Sólidos Totales con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

Ho = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Hierro Total con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

Ho = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Dureza Total con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

Ho = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Mercurio con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

Ho = El agua que pasa por los filtros de las formulaciones tiene niveles menores de Nitrógeno Amoniacal con respecto al agua de referencia tomada del río Malacatos.

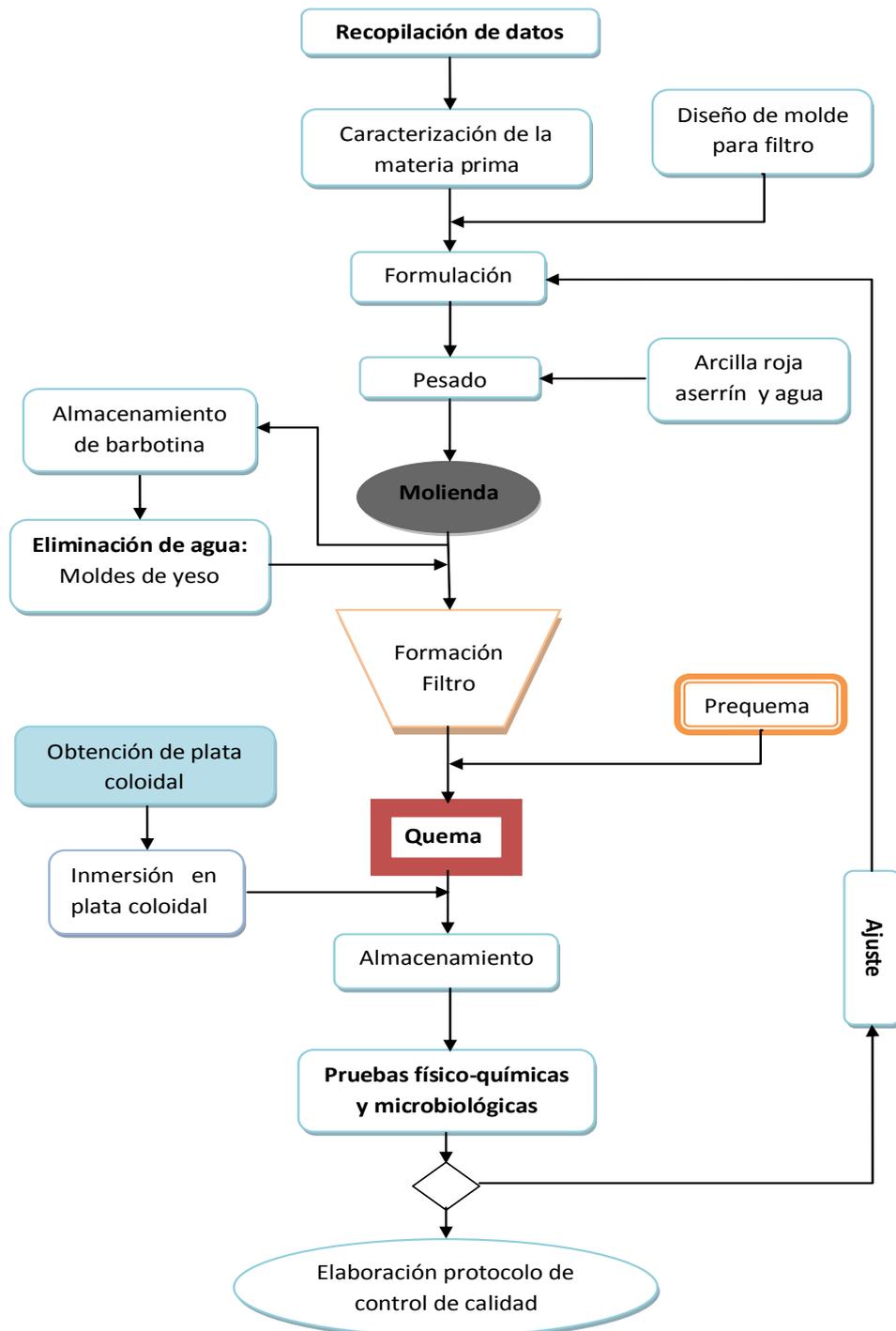
CAPÍTULO V
MATERIALES Y MÉTODOS

5. MATERIALES Y MÉTODOS

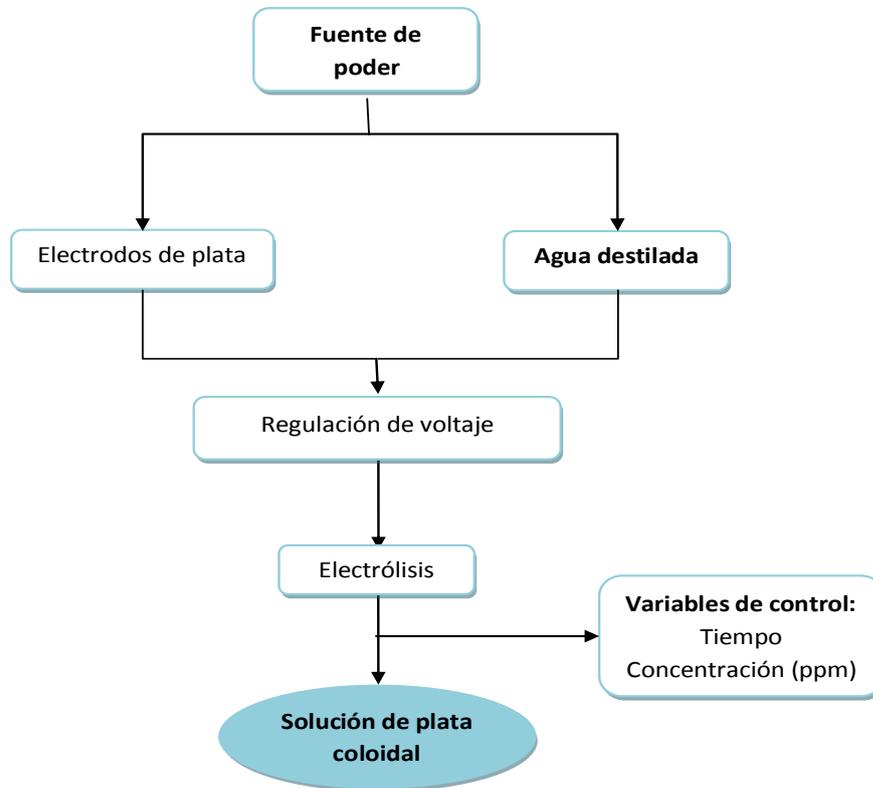
5.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1.1. Diagramas de proceso

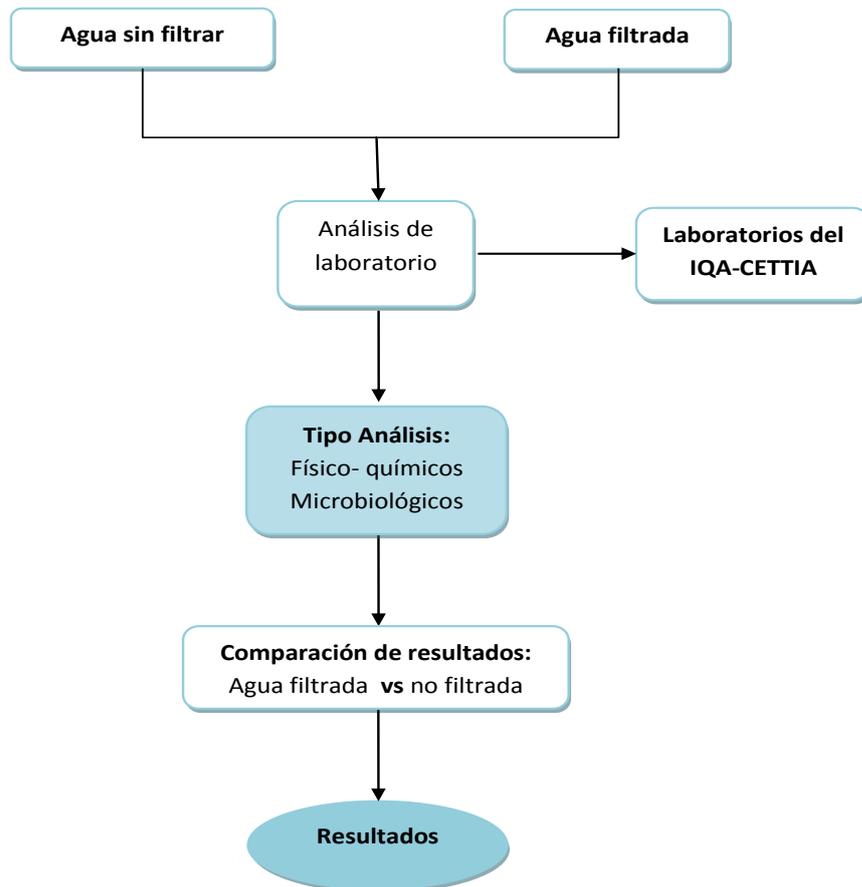
5.1.1.1. Fabricación del filtro cerámico



5.1.1.2. Elaboración de plata coloidal



5.1.1.3. Control de calidad del agua



5.2. Caracterización de materias primas

Corresponde al análisis físico, químico y mecánico de cada material utilizado de manera que podamos conocer las propiedades y características que presentan.

5.2.1. Determinación de Densidad de materia prima

Esta prueba es de gran importancia debido a que obteniendo la densidad de las diferentes materias primas con las que se trabajan, es posible comparar entre un lote de material y otro para verificar que sus características se mantengan.

El ensayo se realiza pesando una probeta completamente limpia y seca, posteriormente se toma una muestra representativa de materia prima a ser analizada, ésta debe pasar previamente por malla #100. Se coloca la probeta sobre la balanza electrónica y se encera, luego se agrega el material hasta llegar al volumen de 100ml y se toma el dato que arroja la balanza. Este es el peso ocupado por 100ml de material con lo cual nos referimos a la definición de densidad (masa/volumen).

5.2.2. Determinación de Contracción al secado, a la quema y total de materia prima

Este ensayo nos permite caracterizar una nueva materia prima y/o inspeccionar un nuevo lote de materia prima recién ingresado, de tal manera que se efectúe una formulación adecuada, limitando o aumentando la cantidad en que intervienen estos materiales para la pasta, tomando en cuenta que es un factor que debe ser considerado para el dimensionamiento de las piezas.

Con una muestra representativa de materia prima a analizar, se realiza una molienda en húmedo, considerando las capacidades netas de los molinos, luego se debe efectuar el ensayo de retenidos reales a malla # 325, hasta alcanzar el estándar específico para pasta de molienda, tanto en retenidos (11.33%) y humedad (2.9%). Seguido, se forman por colado seis placas hasta el ras. Se deja secar hasta que alcance consistencia tal que permita efectuar las incisiones con calibrador (L_{is}), las

cuales se realizarán con una distancia de 5 cm. En forma diagonal a la placa en un número de dos, para cada placa.

Todas las placas deben ser secadas al ambiente durante 48 horas, aunque dependerá de condiciones tales como:

- Medio Ambiente (estado hidrométrico).
- Condiciones de molde (humedad, uso).
- Características de la materia prima.
- Permanencia en el molde.
- Aditivos.

Una vez transcurrido el tiempo de secado de las placas deben ser medidas sus distancias (L_{fs}) con ayuda del calibrador, todo esto nos permitirá encontrar la contracción lineal al secado de la materia analizada.

La distancia (L_{fs}) se constituye en la medida inicial para la prueba y cálculo de la contracción lineal de la quema, con lo cual, las placas secas se queman en el horno a una temperatura de 1025 o 1090 °C (Temperatura de quema del filtro); una vez que se han enfriado las placas se procede a medir las distancias de las incisiones (L_{fq}) anteriormente elaboradas.

$$CL_s = \frac{(L_{is} - L_{fs})}{L_{is}} \times 100$$

$$CL_q = \frac{(L_{fs} - L_{fq})}{L_{fs}} \times 100$$

Teniendo los porcentajes de contracción al secado y a la quema calculamos el porcentaje de contracción total, utilizando la siguiente fórmula:

$$CT = CL_s + CL_q$$

5.2.3. Determinación del porcentaje de absorción de agua de materia prima

Se debe elaborar mínimo cinco placas de prueba de la materia prima a analizar, omitiendo las incisiones en las mismas, así se dispondrá de placas cocidas o en su defecto se puede hacer uso del mismo número de placas provenientes del ensayo de contracción al secado y a la quema. Para efectuar este análisis se colocan las placas enteras en el horno y se calientan; se enfrían al ambiente, se toma el peso (W_{is}) de cada placa que será medida en la balanza electrónica.

En el interior de la olla metálica se debe colocar un objeto (malla metálica) que permita separar las placas del fondo y de los lados de la misma; con lo que una vez colocados los especímenes se debe colocar agua hasta cubrirlos totalmente en todo momento y dejarlos hervir por espacio de 1 hora. Luego de esto se coloca agua fría, para enfriar los especímenes, tomando uno a uno y secando el agua de la superficie con un paño de algodón para rápidamente pesarlos (W_{fh}).

$$A = \frac{W_{fh} - W_{is}}{W_{is}} \times 100$$

5.3. Fabricación del filtro cerámico

5.3.1. Dosificación



FOTOGRAFÍA N° 1: Arcilla roja
ELABORACIÓN: Los Autores

Una vez establecidos los porcentajes de arcilla roja (ver fotografía N°1), aserrín y agua a utilizar, se procede a realizar los cálculos necesarios para posteriormente pesar en una balanza electrónica y finalmente ser llevados al molino la F1, F2, F3 y F4.

5.3.2. Molienda

La molienda se llevó a cabo en el molino de bolas con capacidad neta de 100 Kilogramos, usando una carga de 72 kilogramos de material, dicho equipo se encuentra ubicado en la línea de producción Ñukanchi de la planta de cerámica CERART. El tiempo de molienda empleado para todos los ensayos fue de 30 minutos, la descarga se la realizó en recipientes plásticos.

5.3.2.1. Determinación de Humedad de la Barbotina

Se toma una muestra de barbotina, una vez que ha transcurrido el tiempo establecido para la molienda se deberá determinar la humedad, inmediatamente después de haber sido extraída del molino.

Para realizar esta prueba, se requiere de un recipiente metálico totalmente seco, que previamente debe ser pesado (W_r), luego se pesan 10gr exactos de muestra (W_{mo}) en la balanza electrónica.

Procedemos a evaporar el agua ubicando la muestra sobre una fuente de calor, se dejará durante 30 minutos para luego ser retirada y enfriada hasta temperatura ambiente.

Finalmente pesamos el recipiente que contiene la muestra a temperatura ambiente utilizando la balanza electrónica (W_{fm}).

$$H = \frac{(W_r + W_{mo}) - W_{fm}}{W_{mo}} \times 100$$

5.3.2.2. Determinación de Densidad de Barbotina

Se toma una muestra de la pasta de molienda (barbotina) que se encuentra en el molino de bolas luego de haber molino el tiempo establecido, la muestra se tamiza a través de la malla # 60 para eliminar grumos contenidos. Se coloca una probeta de 100 ml. sobre la balanza electrónica y se encera, luego se verta con cuidado la pasta hasta alcanzar exactamente 100 ml (V_p) en la escala y se toma nota del peso indicado en la balanza (W_{pm}).

$$\rho = \frac{W_{pm}}{V_p}$$

5.3.2.3. Determinación de Distribución Granulométrica de la Barbotina

Se realiza por el método de tamizado por vía húmeda. Se requieren 100 gramos netos de muestra (descontada la humedad), posteriormente se colocan sobre una serie de 3 tamices(mallas # 120, 235 y 325) colocados sobre un vibrotamiz; el proceso dura hasta que se obtenga un agua clara, luego se coloca los residuos de cada tamiz sobre cápsulas de aluminio y se secan sobre una cocineta por 10 minutos, se deja enfriar a temperatura ambiente y se toman los pesos de los retenidos de cada tamiz por separado y la suma de estos nos da el peso total de retenidos a malla # 325.

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$$

NOTA: Esta prueba se realiza tanto para la barbotina sin filtrar como filtrada a malla # 60.

5.3.3. Eliminación de agua de barbotina.

Inmediatamente descargada la barbotina es colocada en moldes de yeso para eliminar el exceso de agua, para lograr obtener una pasta con una humedad de 30 - 35%.

Para obtener dichos rangos se requiere de un tiempo de 24 a 30 horas, el mismo que depende de la humedad y del estado de los moldes, ya que si se encuentran sin uso durante algún tiempo permite una mejor absorción del agua.

5.3.3.1. Determinación de Humedad de la pasta extruida

Para llevar a cabo esta prueba es necesario tomar una muestra de pasta secada en los moldes de yeso (pasta extruida), de 2 cm de espesor aproximadamente, la cual debe ser dividida en pequeños pedazos de alrededor de 0.5 cm o menor, los mismos que deben ser tomados de los alrededores y del centro de la muestra. Luego de esto se procede de forma similar para la determinación de la humedad de barbotina. (*Ver punto 5.2.4.*)

5.3.4. Formación del filtro

Como se trata de pasta en forma compacta se trabaja por formación en roller, una vez calibrado éste equipo (ver fotografía N°2) para dimensiones establecidas del filtro, se coloca pasta en los moldes procurando que la misma esté bien distribuida, ya que al ser sometida al roller a gran presión influye en la formación del mismo; para cambiar dimensiones tales como el espesor (E1, E2, E3), debe modificarse la calibración del equipo.



FOTOGRAFÍA N° 2: Roller de Producción de la Planta CERART
ELABORACIÓN: Los Autores

Los filtros elaborados son de diferente espesor, con el fin de obtener varias pruebas y así definir el espécimen óptimo para el proceso de filtrado de aguas contaminadas. *(Ver datos de espesores en Tabla 6.10)*

5.3.5. Secado de filtros

Los filtros son ubicados en perchas por 24 horas, luego llevados a la cámara de secado de la Planta de Productos Naturales, por un tiempo de 30 horas con una temperatura inicial de 25 grados Celsius y elevándose hasta 75 grados en su mayoría de tiempo.

5.3.6. Primera quema de filtros

Esta quema se realiza con el único fin de eliminar la materia orgánica que se encuentra mezclada con arcilla, dando paso a la formación de los microporos, esta quema primaria se realiza en el horno eléctrico pequeño de la nave de producción Yapacunchi de la planta de cerámica CERART (ver fotografía N°3); controlado por un panel electrónico. El período de quema usado es de tres horas equivalente a los 650 grados Celsius ya que a esta temperatura se ha eliminado toda la materia orgánica.



FOTOGRAFÍA N° 3: Horno eléctrico pequeño de la Planta CERAT
ELABORACIÓN: Los Autores

5.3.7. Quema final de filtros

El propósito de la segunda quema es conseguir que el filtro cumpla con una estructura más rígida, además de proveerle mayor resistencia y eficiencia en la purificación; esta se realiza en el horno estacionario de producción (ver fotografía N°4) por un tiempo de 11 horas hasta llegar a una temperatura T1 y T2.



FOTOGRAFÍA N° 4: Horno estacionario de la Nave de Producción de la Planta CERART
ELABORACIÓN: Los Autores

5.4. Determinación del Porcentaje de Absorción de agua en los filtros.

Para dicha prueba es necesario utilizar un recipiente de gran volumen, se procede a sumergir los filtros quemados previamente pesados (W_i) dentro del mismo. Luego se añade agua limpia hasta cubrir totalmente los especímenes.

Se deja reposar por un lapso de 24 horas, se los retira del recipiente e inmediatamente se procede a pesarlos (W_f). Esta prueba se realiza a los filtros quemados a temperaturas de 1025 y 1090°C.

Así el porcentaje de absorción está dado por:

$$A = \frac{(W_f - W_i)}{W_i} \times 100$$

5.5. Determinación del Coeficiente de Dilatometría del Filtro

Es importante conocer el coeficiente de Dilatometría, ya que es posible realizar un control de cómo se dilata la pasta empleada para la realización de los filtros posteriormente a la quema.

La prueba se realizó en el laboratorio CESEMÍN de la Universidad de Cuenca. Para lo cual se envió ocho muestras, las mismas que fueron quemadas a las temperaturas de 1025 °C y 1090 °C, tienen la forma de palanquillas pequeñas de aproximadamente 5 cm de largo y 0.8 cm de espesor. (*Ver informes del CESEMIN desde el Anexo A hasta el Anexo H*)

5.6. Determinación de contracción al secado, a la quema y total de Barbotina

Se toma una muestra representativa de barbotina, y se forma por colado seis placas hasta el ras. Luego se sigue el mismo procedimiento empleado para la determinación de la contracción al secado, a la quema y total de las materias primas. (*Ver punto 5.2.2.*)

5.7. Obtención de plata coloidal

La solución de plata coloidal se la elaboró con la ayuda de los equipos que se facilitaron en el laboratorio de Física (ver fotografía N°5); para lo cual se necesitaron una fuente de poder, cables, dos pinzas de cocodrilo, agua destilada, plata (Ag) y recipiente de vidrio (vaso de precipitación). Se sumergen los alambres de plata en el agua destilada, luego se enciende la fuente de poder y se gradúa la perilla en corriente continua con un voltaje de 30 voltios, por aproximadamente tres horas; la concentración obtenida debe ser de aproximadamente 12ppm.



FOTOGRAFÍA N° 5: Materiales y equipos del laboratorio de Física
ELABORACIÓN: Los Autores

5.8. Inmersión de filtros en plata coloidal

Antes de realizar el proceso de filtrado en cada uno de los especímenes, se los introduce en plata coloidal, la misma que ayuda a esterilizar los poros y a eliminar las bacterias.

5.9. Determinación del flujo de filtración

El proceso de filtrado se realiza en cada uno de los especímenes seleccionados de las cuatro formulaciones obtenidas, se procede a llenar la unidad filtrante con el agua contaminada; para llevar a cabo esta etapa se necesita un soporte para ubicar el filtro y un recipiente plástico en el cual se recoge el agua filtrada. Es así que el tiempo de

filtrado que se obtenga depende de la formulación a la cual esté hecho el espécimen y de su espesor. *(Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.24)*

5.10. Realización de análisis de calidad del agua

Los ensayos que se les realizan tanto al agua de referencia como a la filtrada son: Sólidos Totales, Color, Turbiedad, Plomo, Arsénico, Mercurio, Hierro Total, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Dureza Total, Demanda Química de Oxígeno, Escherichia coli y Coliformes totales; para la ejecución de éstos se utilizaron los equipos del laboratorio del IQA-CETTIA, se llevaron las muestras en recipientes plásticos previamente esterilizados para su inmediato análisis. *(Ver informes de laboratorio IQA-CETTIA en el anexo J)*

Cabe destacar que las muestras fueron tomadas en el río Malacatos, a la altura del parque lineal, sector la Tebaida en la ciudad de Loja.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRUEBAS PARA FORMULACIÓN DE PASTA ROJA PARA ELABORACIÓN DE FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA

6.1.1. Caracterización de las materias primas

Se realizaron los análisis respectivos a las materias primas en el laboratorio de la Planta de Cerámica CERART. Los resultados se muestran en la tabla 6.1.

TABLA 6.1. Caracterización de materias primas

ENSAYO	NOMBRE	ARCILLA ROJA	ASERRÍN
Humedad (%)		2.90	No aplicable
Densidad (g/cm ³)		1.1529	No aplicable
Granulometría (100 g secos)			
	Malla 120 (g)	2	No aplicable
	Malla 230 (g)	3	No aplicable
	Malla 325 (g)	6	No aplicable
	Total (g)	11	No aplicable
	Real (%)	11.33	No aplicable
Absorción (%)		28	No aplicable
Color en crudo		Gris	Café claro
Color a la quema		Rojo	No aplicable
Contracción al secado a 20 °C (%)		8.4	No aplicable
Contracción a la quema a 1025 °C (%)		10.6	No aplicable
Contracción total (%)		19	No aplicable

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Los datos obtenidos de las pruebas físicas efectuadas a la arcilla roja muestran un bajo porcentaje de retenidos, es decir que el tamaño de grano es pequeño y por ende se reduce el tiempo de molienda para la elaboración de pasta.

6.2. PRUEBAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PASTA PARA FABRICAR EL FILTRO CERÁMICO PURIFICADOR DE AGUA

Luego de haber realizado la caracterización de las materias primas, se procedió a hacer diferentes formulaciones, es decir, a variar los porcentajes tanto de arcilla roja como también de aserrín con el fin de obtener diferentes tipos de pasta para luego ir comparando dichas formulaciones y determinar la óptima. *(Ver ejemplo de formulación en el Anexo K)*

La comparación antes mencionada se la realizará una vez obtenidos los resultados de los análisis del agua filtrada.

6.2.1. Primera formulación

Se efectuó con un 77% de arcilla roja y un 23% de aserrín; y se trabajó con una humedad del 30 %.

Tabla 6.2. Formulación de pasta F1

MATERIAS PRIMAS	% FORMULA
Arcilla Roja	77
Aserrín	23
Total	100.00

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Una vez obtenida la barbotina, se determinó las propiedades de la misma, como son: humedad, densidad y retenidos; con el fin de establecer los parámetros de trabajo que permiten una molienda efectiva en el menor tiempo y así mismo la posterior formación del filtro.

Tabla 6.3. Análisis de laboratorio de pasta F1

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	30,77	%
Densidad	1.29	g/cm ³
Retenidos a # 325	8,57	%
Tiempo de Molienda	0.5	h

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.2.2. Segunda formulación

Se ejecutó con un 85% de arcilla roja y un 15% de aserrín; y se trabajó con una humedad del 33 %.

Tabla 6.4. Formulación de pasta F2

MATERIAS PRIMAS	% FORMULA
Arcilla Roja	85
Aserrín	15
Total	100.00

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.5. Análisis de laboratorio de pasta F2

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	33,57	%
Densidad	1,36	g/cm ³
Retenidos a # 325	9,11	%
Tiempo de Molienda	0.5	h

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.2.3. Tercera formulación

Se efectuó con un 90% de arcilla roja y un 10% de aserrín; y se trabajó con una humedad del 32 %.

Tabla 6.6. Formulación de pasta F3

MATERIAS PRIMAS	% FORMULA
Arcilla Roja	90
Aserrín	10
Total	100.00

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.7. Análisis de laboratorio de pasta F3

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	32,78	%
Densidad	1,39	g/cm ³
Retenidos a # 325	4,95	%
Tiempo de Molienda	0.5	h

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.2.4. Cuarta formulación

Se efectuó con un 82% de arcilla roja y un 18% de aserrín; y se trabajó con una humedad del 34 %.

Tabla 6.8. Formulación de pasta F4

MATERIAS PRIMAS	% FORMULA
Arcilla Roja	82
Aserrín	18
Total	100.00

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Tabla 6.9. Análisis de laboratorio de pasta F4

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	34,66	%
Densidad	1,34	g/cm ³
Retenidos a # 325	7,58	%
Tiempo de Molienda	0.5	h

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

La F1 (77:23) que posee mayor porcentaje de aserrín no podía ser moldeada correctamente, ya que éste disminuye la plasticidad de la pasta; los especímenes de las F2 (85:15) y F4 (82:18) son las que ofrecen mayor facilidad de moldeo, puesto que el porcentaje de aserrín varía entre 15 y 18%, ya que con un menor porcentaje de aserrín la pasta con que se trabaja está más húmeda, que es lo que produce las fisuras al secado como es el caso de la F3 (90:10).

6.3. Pruebas de espesor en los filtros

Los filtros fueron elaborados con los siguientes espesores (E_n), en donde n corresponde al número de variación, a continuación en la tabla 6.10., se muestra los espesores utilizados:

Tabla 6.10. Espesores de los filtros fabricados

ESPESOR	VALOR (cm)
E1	2,5
E2	3
E3	4

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.4. Pruebas de dilatación térmica de la pasta para el filtro cerámico a temperaturas de 1025 °C y 1090 °C

Los datos que se muestran en la tabla 6.11., corresponden al coeficiente de dilatación de las cuatro formulaciones realizadas y que fueron quemadas a las temperaturas de 1025 °C y 1090 °C. (*Ver informes del CESEMIN desde el Anexo A hasta el Anexo H*)

Tabla 6.11. Coeficiente de dilación térmica

COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA: α					
FORMULACIÓN	R _{Tα}	T1		T2	
F1	20 a 325 °C	6.689x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.2040%	7.738 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.2360%
	20 a 600 °C	7.409x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4297%	8.512x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4937%
F2	20 a 325 °C	6.426x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.1960%	7.803 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.2380%
	20 a 600 °C	7.202x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4177%	8.547x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4957%
F3	20 a 325 °C	6.426x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.1960%	7.869x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.2400%
	20 a 600 °C	7.167x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4157%	8.547x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4957%
F4	20 a 325 °C	6.492x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.1980%	7.672x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.2340%
	20 a 600 °C	6.995x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4057%	8.374x10 ⁻⁶ °C ⁻¹	0.4857%

FUENTE: Laboratorio CESEMIN

ELABORACIÓN: Los autores

A estas temperaturas, se registran valores bajos en los coeficientes de dilatometría en todas las muestras, principalmente la F1 y F4 son las que menos se dilatan, esto se debe al elevado porcentaje de aserrín en las formulaciones que produce que la dilatación sea baja, en consecuencia son las que presentarán menos fallas o deformaciones y se contraerán poco, luego del enfriamiento.

Por tanto se concluye que el tiempo de duración de los filtros sería muy prolongado; es decir, que el contacto continuo con el agua no produciría trizaduras en las piezas dentro de un tiempo extenso, además cabe destacar que los filtros quemados a la temperatura T1 son los que sufren menor dilatación que los quemados a T2, sin embargo la temperatura de quema se definirá en lo posterior.

6.5. Ciclo de quema para los filtros

6.5.1. Prequemado de filtros

Seguido de que los filtros se hayan secado completamente, son sometidos a una primera quema durante alrededor de 3 horas debido a que contienen materia orgánica, la misma que con el aumento de la temperatura (a partir de los 200°C hasta 650°C) empieza a emanar humo. En seguida se presenta en la tabla 6.12., el ciclo de prequema:

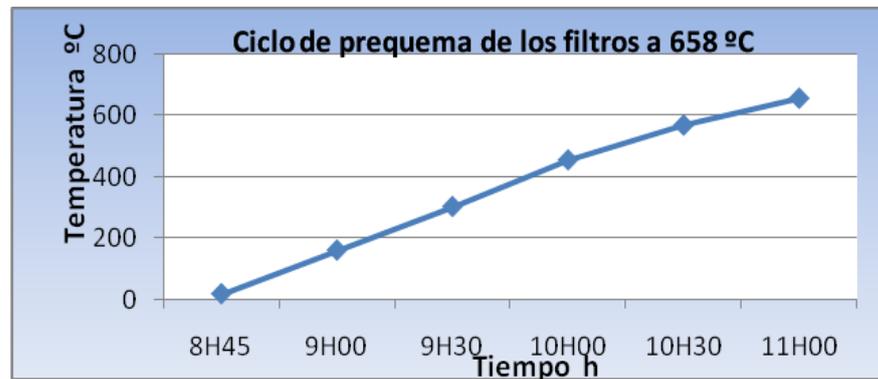
Tabla 6.12. Programación del ciclo de prequema de los filtros

HORAS RELATIVAS	HORA ACUMULADA	TEMPERATURA(°C)
0	0H00	17
0.25	0H15	160
0.5	0H45	303
0.5	1H15	456
0.5	1H45	570
0.5	2H15	658

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

GRÁFICO 1: Curva de primera cocción de los filtros



FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.5.2. Quema final de filtros

Después de haber retirado el material orgánico, se procede a la segunda y definitiva quema de los filtros.

Los primeros especímenes fabricados fueron quemados a una temperatura de 1025°C, a continuación se muestra en la tabla 6.13., el ciclo de quema de 11 horas con un tiempo de requema de 0.5 horas:

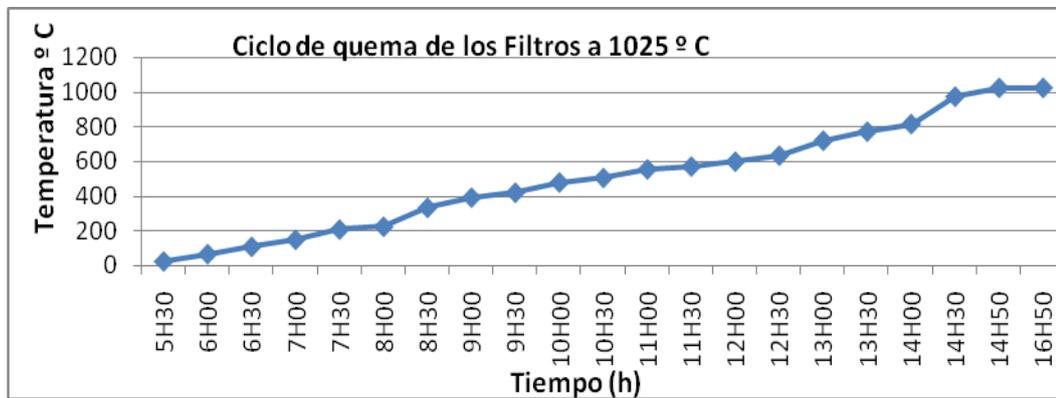
Tabla 6.13. Programación del ciclo de quema final de los filtros (T1).

HORAS RELATIVAS	HORA ACUMULADA	TEMPERATURA(°C)
0	0H00	25
0.5	0H30	67
0.5	1H00	109
0.5	1H30	150
0.5	2H00	209
0.5	2H30	225
0.5	3H00	334
0.5	3H30	393
0.5	4H00	421
0.5	4H30	480
0.5	5H00	506
0.5	5H30	556
0.5	6H00	572
0.5	7H30	600
0.5	8H00	635
0.5	8H30	721
0.5	9H00	773
0.5	9H30	817
0.5	10H00	975
0.5	10H30	1025
0.5	11H00	1025

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

GRÁFICO 2: Curva de cocción final de los filtros



FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

También se quemaron los filtros fabricados a una temperatura de 1090°C, a continuación se presenta en la tabla 6.14., el ciclo de quema de 11 horas con tiempo de requema de 1.0 horas:

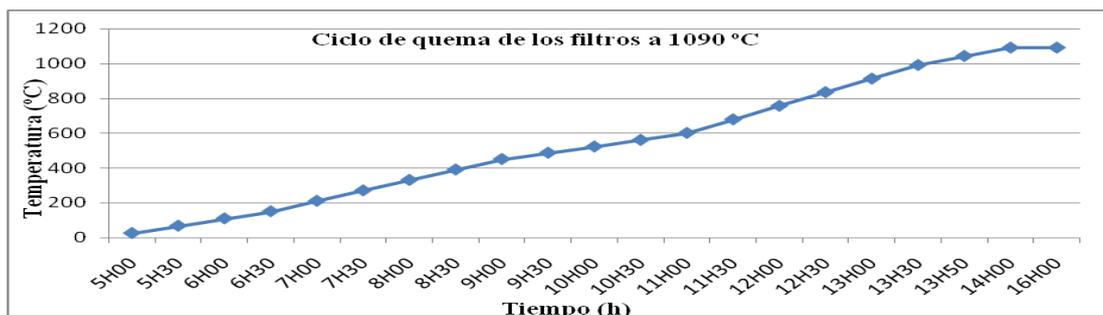
Tabla 6.14. Programación del ciclo de quema final de los filtros (T2).

HORAS RELATIVAS	HORA ACUMULADA	TEMPERATURA(°C)
0	0H00	25
0.5	0H30	67
0.5	1H00	109
0.5	1H30	150
0.5	2H00	210
0.5	2H30	270
0.5	3H00	330
0.5	3H30	390
0.5	4H00	450
0.5	4H30	486
0.5	5H00	522
0.5	5H30	560
0.5	6H00	600
0.5	6H30	678
0.5	7H00	756
0.5	7H30	834
0.5	8H00	912
0.5	8H30	990
0.5	9H00	1042
1.0	10H00	1090
1.0	11H00	1090

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

GRÁFICO 6.3: Curva de cocción final de los filtros



FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

6.6. Pruebas de Absorción de los filtros a temperaturas 1025 °C y 1090 °C

La tabla 6.15., corresponde a los filtros quemados a la temperatura T1 y T2 de las cuatro formulaciones realizadas:

Tabla 6.15. Porcentajes de absorción de las cuatro formulaciones

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN		
PRUEBA	TEMPERATURA (°C)	
	T1	T2
F1	42,38	15,98
F2	24,61	12,25
F3	19,37	10,58
F4	28,69	14,16

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Los datos más altos de absorción de agua obtenidos son los de las formulaciones F1 (77:23) y F4 (82:18) quemadas tanto a T1 como a T2, lo cual se debe al elevado porcentaje de aserrín presente en las mismas y que produce una gran porosidad en los filtros. Esto no ocurre en la F2 (85:15) y F3 (90:10) ya que sus porcentajes de aserrín son más bajos y por ende presentan valores de absorción menores.

En el caso de las formulaciones quemadas a la temperatura T2 se obtuvieron valores de absorción de agua más bajos con respecto a T1; se deduce que se debe a la influencia de altas temperaturas, es decir tiende a producirse sinterización de la pasta y por ende reducción mayor de los poros.

6.7. Resultados de las pruebas de contracción al secado, a la quema (T2) y total

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 6.16. Porcentajes de contracción al secado, a la quema y total

% CONTRACCIÓN			
PRUEBA	CL _s	CL _q	CT
F1	4,2	1,67	5,87
F2	0,75	4,68	5,44
F3	2,9	3,19	6,09
F4	2,55	3,54	6,09

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Se obtuvo valores relativamente bajos de contracción tanto al secado como a la quema y por ende se obtuvo los datos de contracción total, la influencia de este parámetro hace que se tome en cuenta en la fabricación de matrices y moldes, puesto que conociendo la contracción de una pasta se podrá tomar las dimensiones respectivas al momento de elaborarlas.

Además estos datos indican que los filtros que menos pérdidas de dimensiones van a sufrir luego de la quema y del enfriamiento, son los correspondientes a la F1 y F2 quemadas a la temperatura T2, ya que son los que presentan los porcentajes más bajos de contracción total, lo cual se deduce a que dichas formulaciones poseen elevados porcentajes de aserrín 23 y 15 %, respectivamente.

6.8. Resultados de las pruebas de filtrado

En las pruebas de flujo de filtración que se muestran en la 6.17., se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 6.17. Flujo de filtración

TASA DE FILTRACIÓN (LITRO/HORA)								
Espesor	T1				T2			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
E1	0,0769	0,0357	0,0250	0,0286	0,0208	0,0208	0,0222	0,0500
E2	0,0400	0,0250	0,0167	0,0250	0,0204	0,0204	0,0139	0,0417
E3	0,0385	0,0192	0,0182	0,0417	0,0167	0,0167	0,0133	0,0208

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Con este parámetro se podrá verificar efectivamente cual de las formulaciones permite una mejor tasa de filtración. A continuación se muestran los especímenes que presentaron los mejores flujos de filtración:

Tabla 6.18. Mejores flujos de filtración

FILTRO	TASA DE FILTRACION (LITRO/HORA)
F1E2T1	0.0400
F1E3T1	0.0385
F2E1T1	0.0357
F4E3T1	0.0417
F4E2T2	0.0417

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Los datos obtenidos del flujo de filtración muestran variaciones en todas las formulaciones, es así que los filtros que presentan una tasa de filtrado en el rango de 0,0333-0.0455 litros/hora. Sin embargo deberá determinarse cuál de las formulaciones permite obtener agua con parámetros que cumplan con el estándar para agua de consumo humano. Es así que los filtros que presentaron mejor tasa de filtración son F4E3T1 y F4E2T2, considerando que en éste caso la tasa de filtración es baja debido al área y capacidad de los prototipos trabajados durante el proyecto. Con lo cual se concluye que a mayor área o capacidad que contenga el filtro mayor será la tasa de flujo que presenten los mismos.

Mientras que los especímenes que no se encuentran dentro del rango antes mencionado son rechazados ya sea porque presentan un flujo sumamente lento o por

el contrario tengan flujos acelerados y que dejen pasar en el agua sustancias contaminantes.

6.9. PRUEBAS t-STUDENT PARA LA COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS ENTRE AL AGUA FILTRADA Y EL AGUA DE REFERENCIA

Las tablas que se muestran a continuación, hacen referencia a los resultados de los ensayos de laboratorio para comprobar la eficiencia de los filtros, mediante la comparación del agua filtrada y el agua sin filtrar recogida del río Malacatos. Dichas comparaciones se efectuaron mediante el análisis estadístico t-student, el mismo que se realizó para analizar cada una de las propiedades del agua necesarias para el consumo humano, como son: Plomo, Arsénico, Turbiedad, Color, DQO, E. Coli, Coliformes Totales, Sulfatos, Nitrate, Nitrito, Sólidos Totales, Hierro Total, Dureza Total, Mercurio y Nitrógeno Amoniacal.

Tabla 6.19. Comparación de los niveles de Plomo entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE PLOMO(mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	0,052	0,117	0,012	0,000144	0,027739863	-6,174608973	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,083		0,043	0,001849					
F2E1T1	0,024		-0,016	0,000256					
F4E3T1	0,03		-0,01	0,0001					
F4E2T2	0,013		-0,027	0,000729					
MEDIA	0,0404	0,117							
Σ				0,00308					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -6.175$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según el análisis estadístico $-6.175 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de plomo en relación al agua de referencia (**Ver cálculos en anexo I**).

Tabla 6.20. Comparación de los niveles de Arsénico entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE ARSENICO(mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x') ²	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	0,024	0,008	0,0068	0,0004624	0,015319922	1,342815312	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,041		0,0238	0,00056644					
F2E1T1	0,01		-0,0072	0,00005184					
F4E3T1	0,006		-0,0112	0,00012544					
F4E2T2	0,005		-0,0122	0,00014884					
MEDIA	0,0172	0,008							
Σ				0,0009388					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = 1.343$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0,05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $1.343 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de arsénico en relación al agua de referencia (**Ver cálculos en anexo I**).

Tabla 6.21. Comparación de los niveles de Turbiedad entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE TURBIEDAD NTU									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	1,3	118	-0,06	0,0036	0,643234017	-405,4744653	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,42		-0,94	0,8836					
F2E1T1	1,21		-0,15	0,0225					
F4E3T1	2,14		0,78	0,6084					
F4E2T2	1,73		0,37	0,1369					
MEDIA	1,36	118							
Σ				1,655					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -405.474$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-405.474 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de turbiedad en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.22. Comparación de los niveles de Color entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE COLOR PtCo									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	13,3	44,7	-1,82	3,3124	2,986971711	-22,14379552	0,05	4	2,132
F1E3T1	14,7		-0,42	0,1764					
F2E1T1	15,1		-0,02	0,0004					
F4E3T1	20,1		4,98	24,8004					
F4E2T2	12,4		-2,72	7,3984					
MEDIA	15,12	44,7							
Σ				35,688					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -22.144$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-22.144 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de color en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.23. Comparación de los niveles de DQO entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE DQO(mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	66	86	-2	4	14,96662955	-2,689264371	0,05	4	2,132
F1E3T1	80		12	144					
F2E1T1	50		-18	324					
F4E3T1	86		18	324					
F4E2T2	58		-10	100					
MEDIA	68	86							
Σ				896					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -2.689$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-2.689 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de DQO en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.24. Comparación de los niveles de E. Coli entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE E.COLI ufc/100ml									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x') ²	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	25	3,90E+04	17,2	295,84	11,36661779	-7670,63795	0,05	4	2,132
F1E3T1	0		-7,8	60,84					
F2E1T1	0		-7,8	60,84					
F4E3T1	14		6,2	38,44					
F4E2T2	0		-7,8	60,84					
MEDIA	7,8	39000							
Σ				516,8					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -7670.637$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-7670.637 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de E. Coli en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.25. Comparación de los niveles de Coliformes Totales entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE COLIFORMES TOTALES ufc/100ml									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x') ²	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	5,20E+04	7,80E+04	4,16E+04	1728730084	23242,8273	-6,501317588	0,05	4	2,132
F1E3T1	0		-1,04E+04	108618084					
F2E1T1	40		-1,04E+04	107785924					
F4E3T1	70		-1,04E+04	107163904					
F4E2T2	0		-1,04E+04	108618084					
MEDIA	10422	78000							
Σ				2,161E+09					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -6.501$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-6.501 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de Coliformes totales en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.26. Comparación de los niveles de Sulfatos entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE SULFATO (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x') ²	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	67	98	6	36	13,4907376	-6,132690283	0,05	4	2,132
F1E3T1	77		16	256					
F2E1T1	67		6	36					
F4E3T1	49		-12	144					
F4E2T2	45		-16	256					
MEDIA	61	98							
Σ				728					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -6.132$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-6.132 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de sulfatos en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.27. Comparación de los niveles de Nitrato entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE NITRATO (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x̄	(x-x̄) ²	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	8,9	9,14	-2,30E-01	0,0529	0,468508271	-0,047727396	0,05	4	2,132
F1E3T1	9,2		7,00E-02	0,0049					
F2E1T1	9,5		3,70E-01	0,1369					
F4E3T1	9,6		4,70E-01	0,2209					
F4E2T2	8,45		-6,80E-01	0,4624					
MEDIA	9,13	9,14							
Σ				0,878					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -0.048$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-0.048 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de nitrato en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.28. Comparación de los niveles de Nitrito entre el agua filtrada y el agua de referencia.

NIVELES DE NITRITOS (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	$x-x'$	$(x-x')^2$	S	t	α	gl	$t_{0,05,4}$
F1E2T1	0,47	0,580	1,58E-01	0,025091	0,178113166	-3,369546776	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,101		-2,11E-01	0,044352					
F2E1T1	0,137		-1,75E-01	0,030485					
F4E3T1	0,4		8,84E-02	0,007815					
F4E2T2	0,45		1,38E-01	0,019155					
MEDIA	0,3116	0,58							
Σ				0,1269					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -3.369$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

H_0 : Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-3.369 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de nitrito en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.29. Comparación de los niveles de Sólidos Totales entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE SOLIDOS TOTALES (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	307	1702	5,44E+01	2959,36	85,79219079	-37,77682907	0,05	4	2,132
F1E3T1	329		7,64E+01	5836,96					
F2E1T1	304		5,14E+01	2641,96					
F4E3T1	188		-6,46E+01	4173,16					
F4E2T2	135		-1,18E+02	13829,8					
MEDIA	252,6	1702							
Σ				29441					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -37.777$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-37.777 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de sólidos totales en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.30. Comparación de los niveles de Hierro Total entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE HIERRO TOTAL (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	0,13	0,490	-1,14E-01	0,013	0,135572859	-4,05739562	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,13		-1,14E-01	0,013					
F2E1T1	0,23		-1,40E-02	0,0002					
F4E3T1	0,46		2,16E-01	0,04666					
F4E2T2	0,27		2,60E-02	0,00068					
MEDIA	0,244	0,49							
Σ				0,0735					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -4.057$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-4.057 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de hierro total en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.31. Comparación de los niveles de Dureza Total entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE DUREZA TOTAL (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	157	300,000	-17	289	73,49149611	-3,833702946	0,05	4	2,132
F1E3T1	206		32	1024					
F2E1T1	263		89	7921					
F4E3T1	63		-111	12321					
F4E2T2	181		7	49					
MEDIA	174	300							
Σ				21604					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -3.837$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-3.837 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de dureza total en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.32. Comparación de los niveles de Mercurio entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE MERCURIO (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	\bar{x}	$(x-\bar{x})^2$	S	t	α	gl	$t_{0,05,4}$
F1E2T1	0,009	0,006	6,00E-03	0,000036	0,0042	-1,58113883	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,006		3,00E-03	0,000009					
F2E1T1	0		-3,00E-03	0,000009					
F4E3T1	0		-3,00E-03	0,000009					
F4E2T2	0		-3,00E-03	0,000009					
MEDIA	0,003	0,006							
Σ				7,2E-05					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -1.581$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0,05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-1.581 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de mercurio en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Tabla 6.33. Comparación de los niveles de Nitrógeno Amoniacal entre el agua filtrada y el agua de referencia

NIVELES DE NITROGENO AMONIA CAL (mg/l)									
MUESTRA	AGUA FILTRADA(mg/l)	AGUA REFERENCIA(mg/l)	x-x'	(x-x')^2	S	t	α	gl	t _{0,05,4}
F1E2T1	0,24	0,510	-1,20E-02	0,00014	0,057619441	-10,0123418	0,05	4	2,132
F1E3T1	0,18		-7,20E-02	0,00518					
F2E1T1	0,3		4,80E-02	0,0023					
F4E3T1	0,32		6,80E-02	0,00462					
F4E2T2	0,22		-3,20E-02	0,00102					
MEDIA	0,252	0,51							
Σ				0,0133					

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

$$t_{\text{calculado}} = -10.012$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (Con 95\% de confianza)}$$

$$gl = n - 1 = 4 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$t_{0.05;4} = 2.132 \text{ (t crítico)}$$

$$H_0: t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$$

Ho: Aceptada

Según nos muestra el análisis estadístico $-10.012 < 2.132$; es decir que el agua filtrada tiene niveles inferiores de nitrógeno amoniacal en relación al agua de referencia (*Ver cálculos en anexo I*).

Realizados los análisis de t_student se concluye que todas las muestras recogidas de las formulaciones están dentro de los rangos permitidos según la Norma INEN 1108, es decir hay una marcada diferencia con relación a la muestra de referencia, ya que todas las hipótesis planteadas fueron aceptadas.

6.10. Resultados de los análisis de calidad de agua

Los datos de los ensayos realizados a las muestras de agua se muestran en la siguiente tabla comparativa:

Tabla 6.34. Comparación de análisis de aguas

DETERMINACION	AGUA REFERENCIA	F1E2T1	F1E3T1	F2E1T1	F4E3T1	F4E2T2
PLOMO(mg/l)	0,117	0,052	0,083	0,024	0,013	0,013
ARSENICO(mg/l)	0,008	0,024	0,041	0,01	0,006	0,005
COLOR PtCo	118	1,3	0,42	1,21	2,14	1,73
TURBIEDAD NTU	44,7	13,3	14,7	15,1	20,1	12,4
DQO(mg/l)	86	66	80	50	86	58
E.COLI ufc/100ml	3,90E+04	25	0	0	14	0
COLIFORMES TOTALES ufc/100ml	7,80E+04	5,20E+04	0	40	70	0
SULFATO (mg/l)	98	67	77	67	49	45
NITRATO (mg/l)	9,14	8,9	9,2	9,5	9,6	8,45
NITRITOS (mg/l)	0,58	0,47	0,101	0,137	0,4	0,45
SOLIDOS TOTALES (mg/l)	1702	307	329	304	188	135
HIERRO TOTAL (mg/l)	0,49	0,13	0,13	0,23	0,46	0,27
DUREZA TOTAL (mg/l)	300	206	263	157	63	181
MERCURIO (mg/l)	0,006	0,006	0	0,009	0	0
NITROGENO AMONICAL (mg/l)	0,51	0,18	0,3	0,24	0,32	0,22

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Los resultados obtenidos revelan que en todas las muestras recogidas de las formulaciones varían favorablemente en relación con el agua de referencia, pero existe una marcada diferencia con la muestra F4E2T2 en la que los valores de los análisis son mucho mejores que en comparación con las demás formulaciones, sumado a las favorables propiedades citadas anteriormente (buena tasa de filtración, bajo coeficiente de dilatación y favorable porcentaje de contracción), se concluye que ésta es la óptima para la elaboración de los filtros. *(Ver informes de laboratorio IQA-CETTIA en el anexo J)*

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1. En la molienda de pasta para elaboración de filtros se establecieron los siguientes parámetros de trabajo: tiempo de molienda 0.5 h; retenidos reales a malla #325 (7-9 %), humedad (50-60 %) y densidad de 1.34 g/ml.
2. En la etapa de eliminación de agua de la barbotina se usaron moldes de yeso que permiten obtener una humedad entre el rango 30-35% de pasta para la formación del filtro.
3. El secado de filtros se lleva a cabo por el lapso de 30 h a 75°C, luego de un secado al ambiente por 24 h.
4. Luego de analizar los datos obtenidos de las pruebas de calidad del agua, se llega a la conclusión que el ensayo F4E2T2 (82-18%), espesor 3 cm y quemado a 1090 °C, es el óptimo en vista de que existe una gran diferencia con los resultados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentados por los filtros de las demás formulaciones, además presenta coeficientes de dilatometría bajos, capacidad de carga de 450ml, absorción de agua del 21% en promedio que genera una tasa de filtración 0.0417 L/hora y posee un bajo porcentaje de contracción total (6.09%). Así mismo, debido a su plasticidad no presentó deformaciones durante la elaboración, secado y quemado.
5. Haciendo una relación área-volumen para un filtro de capacidad de 10 litros, filtrará un promedio de 25 litros por día lo cual indica que es un dispositivo efectivo en el suministro de agua para una familia promedio, es decir que a mayor volumen o capacidad del filtro mayor será su tasa de filtración.

6. Durante las pruebas de filtración se determinó que los filtros de la F3 (90-10%), tenían un flujo de filtración bajo siendo mínimo F3E3T2 con 0,0133 L/hora y como máximo F3E1T1 con 0,0250 L/hora, el efecto que ocasiona este resultado es la baja porosidad producida por el escaso porcentaje de aserrín, por tanto dicha formulación queda excluida para la fabricación de filtros.
7. Si se trabaja con espesores superiores a 4 cm se perdería la estética de los especímenes. Además al elaborarlos a escala industrial, haría difícil su manipulación, ubicación y su posterior utilización por los consumidores.
8. Mediante la presente investigación se logró establecer un Protocolo de Control de Calidad que se muestra como documentación adjunta, el cual contiene las instrucciones de trabajo y las especificaciones técnicas correspondientes a cada etapa de la fabricación del filtro cerámico, los mismos que servirán como guía para la puesta en marcha de esta línea de producción de piezas.

7.2. RECOMENDACIONES

1. Para la elaboración del filtro, es aconsejable trabajar con aserrín a una granulometría media; ya que de esto dependerá la porosidad y a su vez la eficiencia del mismo.
2. Para eliminar humedad de la barbotina, al utilizar los moldes más de tres veces consecutivas estos se saturan de agua y posteriormente no tendrán una buena eficiencia.
3. Para evitar fisuras en los filtros durante la etapa de secado deben exponerse inicialmente al ambiente, y con la finalidad de acelerar el proceso ser llevados luego a un secadero artificial.
4. Los filtros deben ser sometidos a un proceso de prequema hasta una temperatura de 600°C, con el fin de retirar el material orgánico y el agua intermolecular (agua química) que se encuentra encapsulada. Debe controlarse la temperatura al inicio de la quema y la de enfriado, ya que si estas son bruscas ocasionaran fisuras o incluso la ruptura del filtro. Por otra parte es recomendable usar un horno estacionario que cuente con orificios que permitan la salida del hollín generado.
5. Se recomienda la utilización de los filtros cerámicos en poblaciones donde no se cuenta con el servicio de agua potable, ya que reducen en buen porcentaje los principales contaminantes del agua como indican los ensayos realizados en los laboratorios del IQA-CETTIA; mismos que se encuentran dentro de los parámetros permitidos por las normas nacionales y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua de consumo humano.

CAPÍTULO VIII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS:

ALEXANDER MOOD, (2002). Introducción a la Teoría de la Estadística, Tomo I - México.

ALONSO VANTE, (1998). Electroquímica y Electrocatálisis, Vol.1ª Tercera Edición, España.

BURTRAND LEE Y SRIDHAR KOMARNENI, (2005). Chemical Processing, of Ceramics, Second Edition, Taylor & Francis Group, United States of America.

DAMASKIN, (2005). Fundamentos de la Electroquímica Teórica, Tomo 3. Segunda Edición – México.

FÉLIX SINGER Y SONJA S. SINGER, (1979). Enciclopedia De La Química Industrial – Tomo II – Cerámica Industrial, Volumen III, Ediciones URMO S.A. – España.

FERNÁNDEZ CHITI, (2005). Filtro Cerámico Condorhuasi Descontaminante de Aguas; Ediciones Condorhuasi, Buenos Aires (República Argentina), Tomo 6. Pag. 157.

JAMES S. REED, (1994). Principles Of Ceramics Processing, Second Edition – Estados Unidos.

KIRK R., OTHMER D. (1962). Enciclopedia de la Tecnología Química, Unión Tipográfica Hispanoamérica, México.

RAMALHO, (2000). Tratamiento de Aguas Residuales, Tomo 4. WILEY-VCH, Germany.

FUENTES ELECTRÓNICAS:

CERÁMICA ARTÍSTICA Y ACUARELA: Tipos de arcillas para cerámica [online].
URL: <http://www.xtec.net/~aromero8/ceramica/arcillaroja.htm>.

FILTROVE. Preparación y Uso de la Plata Coloidal [online]. URL:
[http://www.energyandenvironment.undp.org/undp/indexAction.cfm?module=Library
&action=GetFile&DocumentAttachmentID=1871](http://www.energyandenvironment.undp.org/undp/indexAction.cfm?module=Library&action=GetFile&DocumentAttachmentID=1871). Acceso: 21 de septiembre de
2009.

EMISIÓN. Hornos de para Cerámica [online]. URL:
<http://www.emisión.com/215.htm>. Acceso: 05 de septiembre de 2009.

PURIFICACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO [online]. URL:
[http://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_04/purificar_agua_mzo0
4.pdf](http://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_04/purificar_agua_mzo04.pdf)

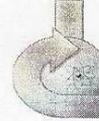
ANEXOS

ANEXOS

A. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1025 °C: FCPA 1



CESEMIN
Centro de Servicios y Análisis de Minerales
Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA



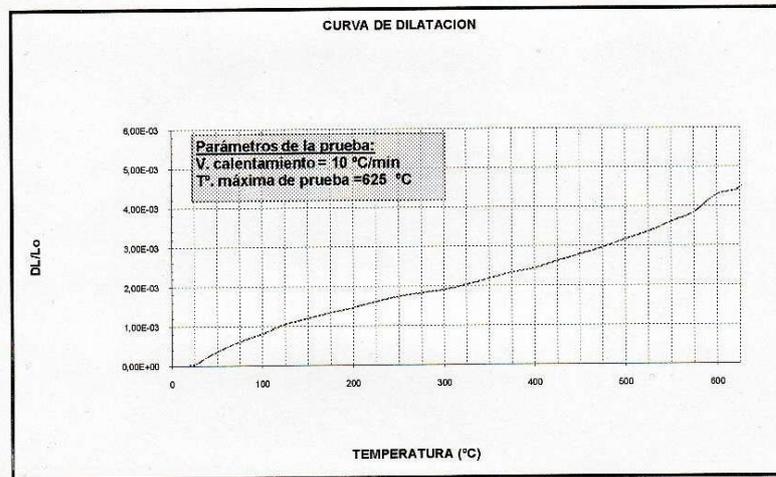
DILATACION TERMICA

REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 1
Fecha: 2009-11-20

TEMPERATURA DE QUEMA: 1025 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	6,689E-06 /°C	0,2040%
20 a 600 °C	7,409E-06 /°C	0,4297%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

B. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1025 °C: FCPA 2



CESEMIN
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

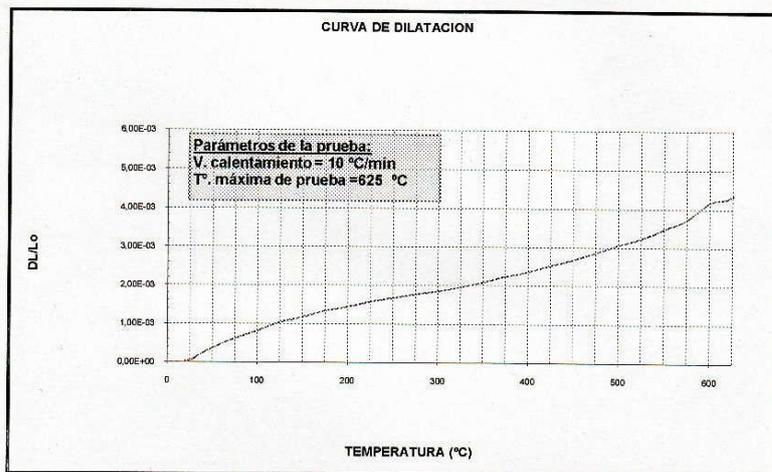


DILATACION TERMICA
REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 2
 Fecha: 2009-11-23

TEMPERATURA DE QUEMA: 1025 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	6,426E-06 /°C	0,1960%
20 a 600 °C	7,202E-06 /°C	0,4177%



OBSERVACIONES: _____

 RESP. ANÁLISIS

 DIRECTORA

C. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1025 °C: FCPA 3



CESEMIN
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

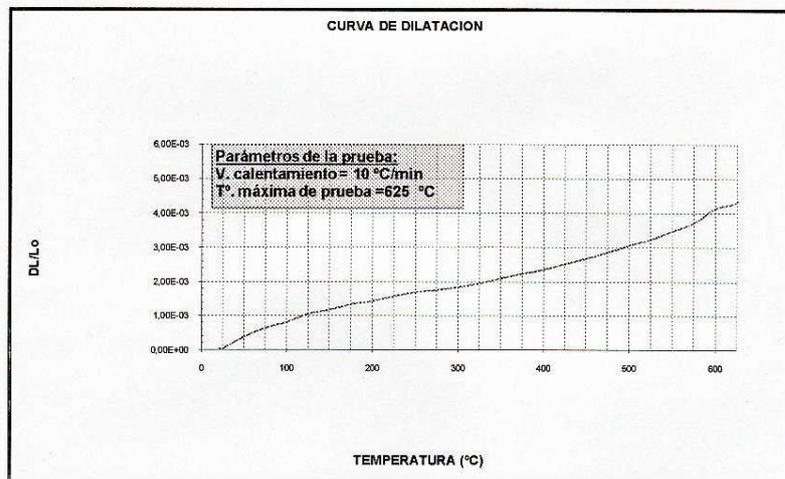


DILATACION TERMICA
REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 3
 Fecha: 2009-11-23

TEMPERATURA DE QUEMA: 1025 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	6,426E-06 /°C	0,1960%
20 a 600 °C	7,167E-06 /°C	0,4157%



OBSERVACIONES: _____

[Signature]

RESP. ANÁLISIS

[Signature]

DIRECTORA

D. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1025 °C: FCPA 4



CESEMIN
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

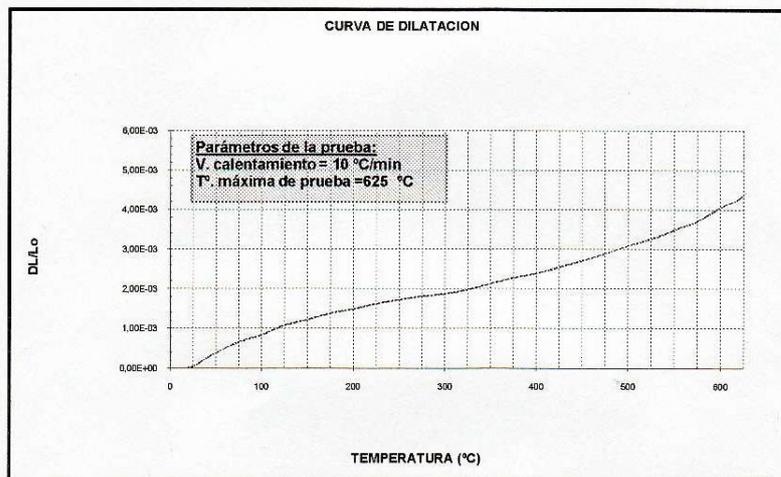


DILATACION TERMICA
REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 4
 Fecha: 2009-11-23

TEMPERATURA DE QUEMA: 1025 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	6,492E-06 /°C	0,1980%
20 a 600 °C	6,995E-06 /°C	0,4057%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

E. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1090 °C: FCPA 1



CESEMIN
Centro de Servicios y Análisis de Minerales
Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

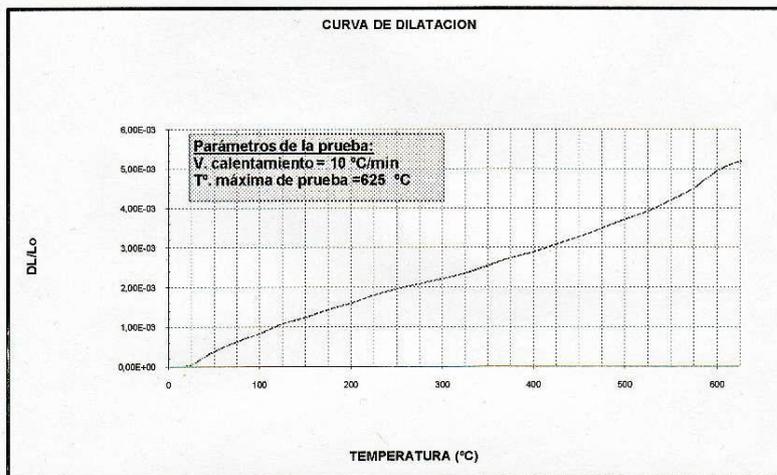


DILATACION TERMICA REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 1
Fecha: 2009-11-25

TEMPERATURA DE QUEMA: 1090 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	7,738E-06 /°C	0,2360%
20 a 600 °C	8,512E-06 /°C	0,4937%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

F. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1090 °C: FCPA 2



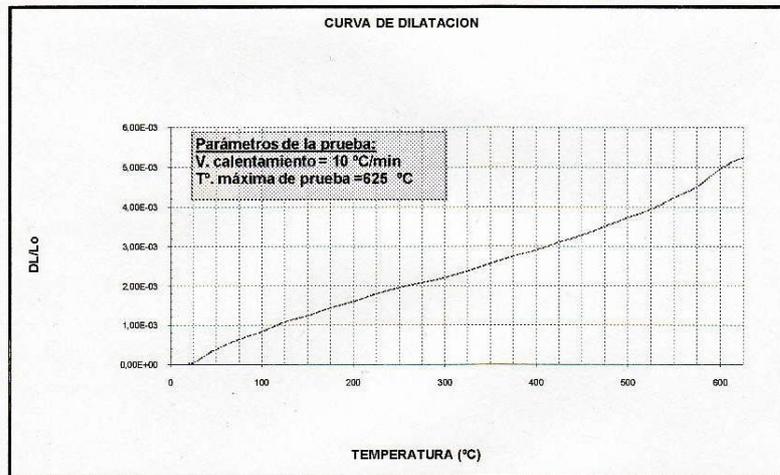
CESEM IN
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA



DILATACION TERMICA
REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 2
 Fecha: 2009-11-25
 TEMPERATURA DE QUEMA: 1090 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	7,803E-06 /°C	0,2380%
20 a 600 °C	8,547E-06 /°C	0,4957%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

G. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1090 °C: FCPA 3



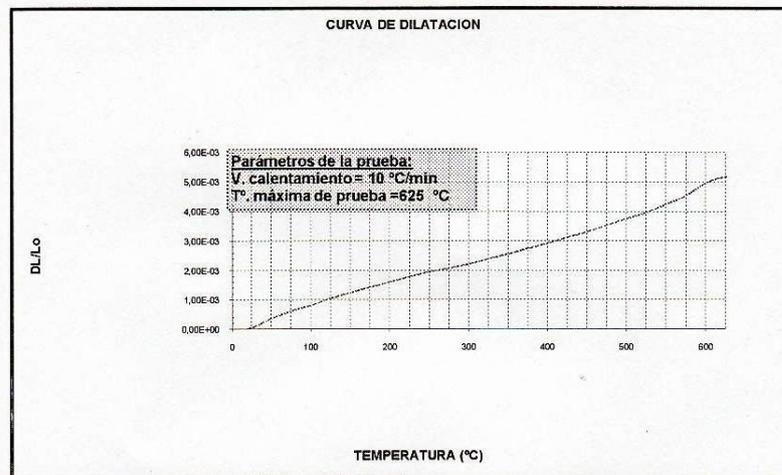
C E S E M I N
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA



DILATACION TERMICA
REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 3
 Fecha: 2009-11-26
 TEMPERATURA DE QUEMA: 1090 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	7,869E-06	1/°C
20 a 600 °C	8,547E-06	1/°C
		0,2400%
		0,4957%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

H. RESULTADO DE LA PRUEBA DE DILATACIÓN TÉRMICA DE PASTA PARA EL FILTRO CERÁMICO A 1090 °C: FCPA 4



CESEMIN
 Centro de Servicios y Análisis de Minerales
 Metálicos y No Metálicos
UNIVERSIDAD DE CUENCA

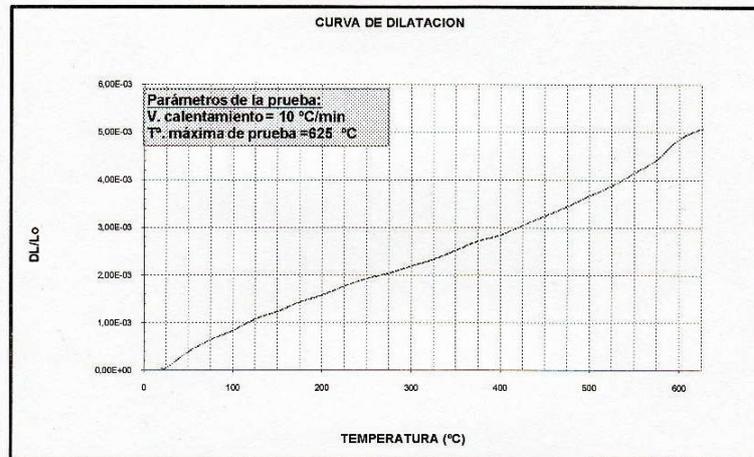


DILATACION TERMICA REPORTE DE RESULTADOS

CLIENTE: U.T.P.L.
 MATERIAL: PASTA ROJA PARA FILTROS PF 4
 Fecha: 2009-11-26

TEMPERATURA DE QUEMA: 1090 °C

COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA: α		
20 a 325 °C	7,672E-06 /°C	0,2340%
20 a 600 °C	8,374E-06 /°C	0,4857%



OBSERVACIONES: _____

RESP. ANÁLISIS

DIRECTORA

I. DISEÑO EXPERIMENTAL

PRUEBA T PARA COMPARAR LAS PROPIEDADES DEL AGUA PASADA POR LOS FILTROS CON EL AGUA DE REFERENCIA TOMADA DEL RÍO MALACATOS.

A continuación se presenta el detalle del análisis estadístico para una de las pruebas analizadas como es el grado de plomo, donde se utilizaron cinco muestras quemadas a las temperaturas de 1025°C y 1090°C.

- ✓ Prueba t para comparar los niveles de plomo entre el agua filtrada y el agua de referencia.

Tabla B.1. Niveles de Plomo presentes en el agua.

NIVELES DE PLOMO		
MUESTRA	AGUA FILTRADA	AGUA REFERENCIA
1	0.052	0.117
2	0.083	0.116
3	0.024	0.118
4	0.013	0.117
5	0.030	0.115

FUENTE: Investigación Experimental

ELABORACIÓN: Los Autores

Desarrollo:

Tabla B.2. Cálculos para el análisis T

MUESTRA	AGUA FILTRADA			AGUA REFERENCIA		
	X	$X - X_{mediaAF}$	$(X - X_{mediaAR})^2$	X	$X - X_{mediaAF}$	$(X - X_{mediaAR})^2$
1	0.052	0.012	0.000144	0.117	0	0
2	0.083	0.043	0.001849	0.116	-1	1
3	0.024	-0.016	0.000256	0.118	1	1
4	0.013	-0.027	0.000729	0.117	0	0
5	0.030	-0.010	0.000100	0.115	-2	4
TOTAL	0.202	0.0020	0.003078	0.583		6
MEDIA	0.040			0.117		
DESV EST.	0.028			1.22		

FUENTE: Investigación Experimental

ELABORACIÓN: Los Autores

Datos:

$$n = 5$$

✓ Cálculo de la media (X)

$$X_{media\ AF} = \frac{\sum_{i=1}^a x}{n_1}$$

$$X_{media\ AR} = \frac{\sum_{i=1}^a x}{n_2}$$

$$X_{media\ AF} = \frac{0.202}{5}$$

$$X_{media\ AR} = \frac{0.583}{5}$$

$$X_{media\ AF} = 0.040$$

$$X_{media\ AR} = 0.117$$

✓ Cálculo de la desviación estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^a (X - X_{media})^2}{n-1}}$$

$$S_{AF} = \sqrt{\frac{0.003078}{5-1}}$$

$$S_{AF} = 0.028$$

✓ Cálculo del estadístico de prueba (t)

$$t = \frac{X_{AF} - \mu_{AR}}{\frac{S_{AF}}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{0.040 - 0.117}{\frac{0.028}{\sqrt{5}}}$$

$$t = -6.149$$

- ✓ Determinación de t crítico

$\alpha = 0.05$ (Con 95% de confianza)

$$t_{0.05;4} = 2.132$$

$$gl = n - 1 = 4$$

- ✓ Criterio de aceptación o rechazo

$t_{\text{calculado}} < t_{0.05,n-1}$ *Se acepta Ho*

$t_{\text{calculado}} > t_{0.05,n-1}$ *Se rechaza Ho*

NOTA: Este procedimiento se realizó de igual manera para el resto de análisis propuestos en las hipótesis.

J. INFORMES DEL LABORATORIO IQA-CETTIA



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

LABORATORIO CETTIA-UTPL

Informe de Ensayo



CETTIA

FECHA DEL INFORME: 2010-01-12
INFORME No. 935
SOLICITUD DE ANALISIS: 3633

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: CERART: Sr. Freddy Tinoco
DIRECCIÓN: San Cayetano Alto
TELÉFONO: 2570275 FAX: n/e E-mail: n/e

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN Muestra: 1 Agua filtro cerámica P. A: FCPA
CONDICIÓN: La muestra llega en botella plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN: 2009-12-15

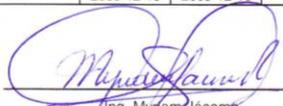
INFORMACIÓN GENERAL:

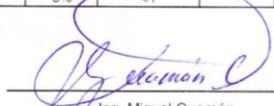
El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
Los ensayos marcados con (♦) no están incluidos en el alcance de la acreditación de A2LA.
Las opiniones, interpretaciones, etc., que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del OAE y A2LA.
U: Incertidumbre expandida con un 95% de confianza.
UFC: Unidad formadora de colonias
GH: Generador de Hidruros
HG: Horno de grafito
* Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
INEN 1108. Agua Potable. Requisitos
INEN 2200. Agua Envasada. Requisitos.
n/a: No aplica.
n/d: No disponible.
n/e: No específica.
< 1: No desarrollo de colonias. Ausencia

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANÁLISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Mín.	Máx.	
Muestra 01										
Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0,01	-	0,2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0,4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	0,5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0,006	n/d	0,005	-	0,005	*
Níquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0,008	n/d	0,005	-	0,1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG ♦♦	mg/L	0,117	n/d	0,005	-	0,2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPH-01 *		6,61	0,01	5,033	6,5	8,5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03 *	NTU	118,00	8,4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002 ♦♦	mg de CaCO ₃ /l	300,00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-Cl-001 ♦♦	mg/l	9,0	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8051 ♦♦	mg/l	98	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171 ♦♦	mg/l	9,14	n/d	n/d	-	10	*
Nitró	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507 ♦♦	mg/l	0,580	n/d	n/d	-	0	*
Sólidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150 ♦♦	mg/l	151,30	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008 ♦♦	mg/l	0,490	n/d	n/d	-	0,3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02 *	PiCo	44,70	1,7%	4,6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500 ♦♦	mg de Cl como Cl ₂ /l	0	n/d	n/d	0,3	1,5	*
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001 ♦♦	mg/l	1702	n/d	n/d	-	-	n/e
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001 ♦♦	mg/l	0,60	n/d	n/d	-	-	n/e

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANALISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Mín.	Máx.	
Nitrogeno Amoniacal	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038 *◆	mg/l	0,51	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001 *◆	mg/l	43	n/d	n/d	-	100	*
DOO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DOO-001 *◆	mg/l	86	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-15	2009-12-16	MMECA-11*	ufc/100 ml	7,8E+4	6%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-15	2009-12-16	MMCA-10*	ufc/100 ml	5,6E+4	7%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-15	2009-12-16	MMECA-11*	ufc/100 ml	3,9E+4	6%	<1	-	Ausencia	INEN 2200


 Ing. Myriam Jacome
 LÍDER DE CALIDAD


 Ing. Miguel Guaman
 LÍDER TÉCNICO (E)

FIN DEL INFORME

 Laboratorio CETTIA UTPL
 Para sugerencias, quejas o inquietudes, comunicarse con Ing. Ruth Martínez al Teléfono 072-579889

ESTE INFORME NO ES VALIDO PARA OBTENCION DE LICENCIA O REGISTRO SANITARIO LABORATORIO CETTIA UTPL





UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

LABORATORIO CETTIA-UTPL

Informe de Ensayo



FECHA DEL INFORME: 2010-01-12
 INFORME No. 934
 SOLICITUD DE ANALISIS: 3637

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: CERART: Sr. Freddy Tinoco
 DIRECCIÓN: San Cayetano Alto
 TELEFONO: 2570275 FAX: n/e E-mail: n/e

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCION
 Muestra 1 Agua FCPA 1-5
 Muestra 2 Agua FCPA 1-8 formulación 1.8
 CONDICION: La muestra llega en tarrina plástica.
 FECHA DE RECEPCION: 2009-12-17

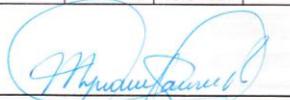
INFORMACIÓN GENERAL:

El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
 Los ensayos marcados con (♦) no están incluidos en el alcance de la acreditación de A2LA.
 Las opiniones, interpretaciones, etc., que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del OAE y A2LA.
 U: Incertidumbre expandida con un 95% de confianza.
 UFC: Unidad formadora de colonias
 GH: Generador de Hidruros
 HG: Horno de grafito
 * Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
 INEN 1108. Agua Potable. Requisitos
 INEN 2200. Agua Envasada. Requisitos.
 n/a: No aplica.
 n/d: No disponible.
 n/e: No específica.
 < 1: No desarrollo de colonias. Ausencia

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANÁLISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Min.	Max.	
Muestra 01										
Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.01	-	0.2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.5	-	0.5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0.006	n/d	0.005	-	0.005	*
Níquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0.024	n/d	0.005	-	0.1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG ♦♦	mg/L	0.052	n/d	0.005	-	0.2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPh-01 *		7.92	0.01	5.033	6.5	8.5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03 *	NTU	1.30	8.4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002 ♦♦	mg de CaCO3/l	206.00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-CI-001 ♦♦	mg/l	10.0	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8951 ♦♦	mg/l	67	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171 ♦♦	mg/l	8.90	n/d	n/d	-	10	*
Nitrito	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507 ♦♦	mg/l	0.470	n/d	n/d	-	0	*
Sólidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150 ♦♦	mg/l	183.40	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008 ♦♦	mg/l	0.130	n/d	n/d	-	0.3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02 *	PCo	13.30	1.7%	4.6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500 ♦♦	mg de Cl como Cl2/l	0	n/d	n/d	0.3	1.5	*
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001 ♦♦	mg/l	307	n/d	n/d	-	-	n/e

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANÁLISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Min.	Máx.	
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001**	mg/l	0,92	n/d	n/d	-	-	n/e
Nitrogeno Amoniacal	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038**	mg/l	0,18	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001**	mg/l	33	n/d	n/d	-	100	*
DQO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DQO-001**	mg/l	66	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	5,2E+4	6%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-18	2009-12-21	MMCEFA-10*	ufc/100 ml	4,0E+4	7%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	25	6%	<1	-	Ausencia	INEN 2200
Muestra 02										
Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama**	mg/L	<LDD	n/d	0,01	-	0,2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama**	mg/L	<LDD	n/d	0,4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama**	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	0,5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH**	mg/L	<LDD	n/d	0,005	-	0,005	*
Niquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama**	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH**	mg/L	0,041	n/d	0,005	-	0,1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG**	mg/L	0,083	n/d	0,005	-	0,2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPH-01*		7,95	0,01	5,033	6,5	8,5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03*	NTU	0,42	8,4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002**	mg de CaCO3/l	263,00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-Cl-001**	mg/l	17,0	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8051**	mg/l	77	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171**	mg/l	9,20	n/d	n/d	-	10	*
Nitrito	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507**	mg/l	0,101	n/d	n/d	-	0	*
Sólidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150**	mg/l	194,56	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008**	mg/l	0,130	n/d	n/d	-	0,3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02*	PCo	14,70	1,7%	4,6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500**	mg de Cl como Cl2/l	0	n/d	n/d	0,3	1,5	*
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001**	mg/l	329	n/d	n/d	-	-	n/e
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001**	mg/l	0,97	n/d	n/d	-	-	n/e
Nitrogeno Amoniacal	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038**	mg/l	0,30	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001**	mg/l	40	n/d	n/d	-	100	*
DQO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DQO-001**	mg/l	80	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	<1	12%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-18	2009-12-21	MMCEFA-10*	ufc/100 ml	<1	14%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	<1	12%	<1	-	Ausencia	INEN 2200

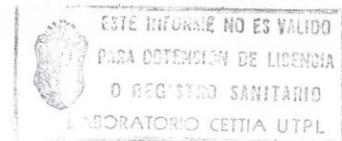
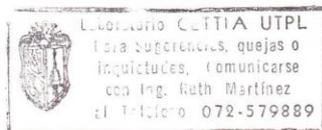


Ing. Myriam Jácome
LÍDER DE CALIDAD



Ing. Miguel Guamán
LÍDER TÉCNICO (E)

FIN DEL INFORME





UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

LABORATORIO CETTIA-UTPL

Informe de Ensayo



TESTING CERT
No. 2105-01 y 2105-2

FECHA DEL INFORME:	2009-01-12
INFORME No.	933
SOLICITUD DE ANALISIS:	3638

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE:	CERART: Sr. Freddy Tinoco		
DIRECCIÓN:	San Cayetano Alto		
TELÉFONO:	2570275	FAX:	n/e
E-mail:	n/e		

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN	Muestra 1 Agua FCPA -2-2 Muestra 2 Agua FCPA 4-2/1090 °C Muestra 3 Agua FCPA 4-3
CONDICIÓN:	La muestra llega en tarrina plástica.
FECHA DE RECEPCIÓN:	2009-12-17

INFORMACIÓN GENERAL:

El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
Los ensayos marcados con (♦) no están incluidos en el alcance de la acreditación de A2LA.
Las opiniones, interpretaciones, etc., que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del OAE y A2LA.
U: Incertidumbre expandida con un 95% de confianza.
GH: Generador de Hidruros
HG: Horno de grafito
* Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
UFC: Unidad formadora de colonias
INEN 1108. Agua Potable. Requisitos
INEN 2200. Agua Envasada. Requisitos.
n/a: No aplica.
n/d: No disponible.
n/e: No específica.
< 1: No desarrollo de colonias. Ausencia

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANÁLISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Mín.	Máx.	
Muestra 01										
Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.01	-	0.2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.5	-	0.5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0,009	n/d	0,005	-	0,005	*
Níquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama ♦♦	mg/L	<LDD	n/d	0.5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH ♦♦	mg/L	0,010	n/d	0,005	-	0,1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG ♦♦	mg/L	0,024	n/d	0,005	-	0,2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPh-01 *		7.99	0.01	5.033	6.5	8.5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03 *	NTU	1.21	8.4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002 ♦♦	mg de CaCO3/l	157.00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-Cl-001 ♦♦	mg/l	9.0	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8051 ♦♦	mg/l	67	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171 ♦♦	mg/l	9.50	n/d	n/d	-	10	*
Nitrógeno	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507 ♦♦	mg/l	0.137	n/d	n/d	-	0	*
Sólidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150 ♦♦	mg/l	199.30	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008 ♦♦	mg/l	0.230	n/d	n/d	-	0.3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02 *	PtCo	15.10	1.7%	4.6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500♦♦	mg de Cl como Cl2/l	0	n/d	n/d	0,3	1,5	*

DETERMINACIÓN	FECHA DE ANÁLISIS		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	U	LDD	REQUISITOS DEL PRODUCTO		FUENTE DE LOS REQUISITOS O REFERENCIA
	INICIO	FIN						Min.	Máx.	
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001 **	mg/l	304	n/d	n/d	-	-	n/e
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001**	mg/l	1,53	n/d	n/d	-	-	n/e
Nitrogeno Amoniaco	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038 **	mg/l	0,24	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001 **	mg/l	25	n/d	n/d	-	100	*
DQO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DOO-001 **	mg/l	50	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	40	6%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-18	2009-12-21	MMCFA-10*	ufc/100 ml	<1	12%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	<1	12%	<1	-	Ausencia	INEN 2200

Muestra 02

Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,01	-	0,2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	0,5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH **	mg/L	<LDD	n/d	0,005	-	0,005	*
Niquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH **	mg/L	0,005	n/d	0,005	-	0,1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG **	mg/L	0,013	n/d	0,005	-	0,2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPH-01 *		7,76	0,01	5,033	6,5	8,5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03 *	NTU	1,73	8,4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002 **	mg de CaCO3/l	181,00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-CI-001 **	mg/l	10,5	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8051 **	mg/l	45	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171 **	mg/l	8,45	n/d	n/d	-	10	*
Nitrito	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507 **	mg/l	0,450	n/d	n/d	-	0	*
Solidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150 **	mg/l	114,25	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008 **	mg/l	0,270	n/d	n/d	-	0,3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02 *	PtCo	12,40	1,7%	4,6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500**	mg de Cl como Cl2/l	0	n/d	n/d	0,3	1,5	*
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001 **	mg/l	135	n/d	n/d	-	-	n/e
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001**	mg/l	1,77	n/d	n/d	-	-	n/e
Nitrogeno Amoniaco	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038 **	mg/l	0,22	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001 **	mg/l	29	n/d	n/d	-	100	*
DQO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DOO-001 **	mg/l	58	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	90	6%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-18	2009-12-21	MMCFA-10*	ufc/100 ml	<1	14%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	<1	12%	<1	-	Ausencia	INEN 2200

Muestra 03

Cadmio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,01	-	0,2	*
Cobre	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,4	-	1	*
Cromo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	0,5	*
Mercurio	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH **	mg/L	<LDD	n/d	0,005	-	0,005	*
Niquel	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. Llama **	mg/L	<LDD	n/d	0,5	-	2	*
Arsénico	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. GH **	mg/L	0,006	n/d	0,005	-	0,1	*
Plomo	2010-01-04	2010-01-08	Absorción atómica. HG **	mg/L	0,030	n/d	0,005	-	0,2	*
pH	2009-12-17	2009-12-17	IAPH-01 *		8,34	0,01	5,033	6,5	8,5	*
Turbiedad	2009-12-17	2009-12-17	IAT-03 *	NTU	2,14	8,4%	1	-	5	*
Dureza Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-DT-002 **	mg de CaCO3/l	63,00	n/d	n/d	-	300	*
Cloruro	2009-12-17	2009-12-17	LIA-CI-001 **	mg/l	9,5	n/d	n/d	-	250	*
Sulfatos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8051 **	mg/l	49	n/d	n/d	-	200	*
Nitrato	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8171 **	mg/l	9,60	n/d	n/d	-	10	*
Nitrito	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8507 **	mg/l	0,400	n/d	n/d	-	0	*
Solidos Totales Disueltos	2009-12-17	2009-12-17	LIA-TDS-C0150 **	mg/l	126,38	n/d	n/d	-	1000	*
Hierro Total	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8008 **	mg/l	0,460	n/d	n/d	-	0,3	*
Color	2009-12-17	2009-12-17	IAC-02 *	PtCo	20,10	1,7%	4,6	-	15	*
Cloro libre residual	2009-12-22	2009-12-22	LIA-SM-4500**	mg de Cl como Cl2/l	0	n/d	n/d	0,3	1,5	*
Sólidos Totales	2009-12-17	2009-12-17	LIA-ST-001 **	mg/l	188	n/d	n/d	-	-	n/e
Fosforo Inorgánico	2009-07-06	2009-07-06	LIA-PI-001**	mg/l	1,09	n/d	n/d	-	-	n/e
Nitrogeno Amoniaco	2009-12-17	2009-12-17	LIA-HACH-8038 **	mg/l	0,32	n/d	n/d	-	1	*
DBO	2009-05-05	2009-05-11	LIA-DBO5-001 **	mg/l	43	n/d	n/d	-	100	*
DQO	2009-05-05	2009-05-05	LIA-DOO-001 **	mg/l	86	n/d	n/d	-	250	*
Coliformes Totales	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	70	12%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
Coliformes Fecales	2009-12-18	2009-12-21	MMCFA-10*	ufc/100 ml	40	7%	<1	-	Ausencia	INEN 1108
E.coli	2009-12-18	2009-12-21	MMECA-11*	ufc/100 ml	14	12%	<1	-	Ausencia	INEN 2200

[Firma]
Ing. Myriam Jácome
LÍDER DE CALIDAD



[Firma]
Ing. Miguel Guamán
LÍDER TÉCNICO (E)

FIN DEL INFORME

inquietudes, comunicarse
con Ing. Ruth Martínez
E-mail: lminstrumental@iptl.com.ec PBX: 593-072-570275 Ext. 2514 Telefax: 593-072-579889 CP: 11-01-608 San Cayetano Alto s/n Loja Ecuador

Para sugerencias, quejas o inquietudes, comunicarse
al Líder de Calidad 072-579889

K. EJEMPLO DE FORMULACION DE UNA MOLIENDA

Tablas de un ejemplo de formulación de una molienda

MATERIAS PRIMAS	% FORMULA	% HUMEDAD	PESO NETO	PESO HÚMEDO	AJUSTE
Arcilla roja	80	12,64	57,6	65,93	8,33
Aserrín	20	-	16,6153846	-	-
TOTAL	100	-	74,2	65,93	8,33

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

RAZÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Mezcla materias primas	74.2	Kg
Humedad requerida	55,0	
Mezcla Total	158,5	kg
Agua ajuste	8,6	Litros
Agua para mezcla	168.8	Litros
1 Baldes Chicos=	20,00	Litros
Agua Total a añadir	84.3	Litros
Agua Total a añadir	4.21	Baldes Chicos

FUENTE: Investigación experimental

ELABORACIÓN: Los autores

Donde:

PNAR= Peso neto de la arcilla roja

T%F= Total % formula

MMP= Mezcla Materias primas

TPN= Total peso neto

%FAR= % formula arcilla roja

HR= Humedad requerida

PHAR= Peso húmedo arcilla roja

TA= Total ajuste

MT= Mezcla total

BCh= Balde chico

ATA= Agua total a añadir

AA= Agua ajuste

APM= Agua para mezcla

TPH= Total peso húmedo

$$PNRH = \frac{MMP * \%FAR}{100} = \frac{74.2 * 80}{100} = 57.6 \text{ kg}$$

$$PHAR = \frac{PNAR * 100}{100 - \%FAR} = \frac{57.6 * 100}{100 * 80} = 65.9 \text{ kg}$$

$$AJUSTE = PHAR - PNAR = 65.9 - 57.6 = 8.33 \text{ kg}$$

$$MT = MMP + ATA = 74.2 + 84.3 = 158.5 \text{ kg}$$

$$AA = TPH - PNAR = 65.3 - 57.6 = 8.36 \text{ litros}$$

$$APM = \frac{T\%F * TPN}{100 - HR} = \frac{100 * 74.2}{100 - 55} = 168.8 \text{ litros}$$

$$ATA = APM - (TPN + TA) = 168.8 - (74.2 + 8.36) = 84.3 \text{ litros}$$

$$ATA = = \frac{84.3}{20} = 4.21 \text{ baldes chicos}$$